

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

**TEMA: INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE
LOS EQUIPOS DE EXCAVACIÓN-CARGA EN LOS
INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS.**

Autor: Ivancini Hugo Eduardo Sambo

Curso: 2018-2019
“Año 61 de la Revolución”

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

TEMA: INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE
LOS EQUIPOS DE EXCAVACIÓN-CARGA EN LOS
INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS.

Autor: Ivancini Hugo Eduardo Sambo

Tutores: Dr. C. María Isabel García de la Cruz

Ms. C. Marlo Leyva Tarafa

Curso: 2018-2019

“Año 61 de la Revolución”

Yo: Ivancini Hugo Eduardo Sambo autor del trabajo de diploma titulado:
**INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE
EXCAVACIÓN-CARGA EN LOS INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS;**
declaro mi conformidad de ceder los derechos de propiedad intelectual al Instituto
Superior Minero Metalúrgico de Moa para que disponga de su uso cuando lo
estime conveniente.

Para que así conste se firma la presente a los ____ días del mes de _____ del
2019.

Firma del Autor:

Ivancini Hugo Eduardo Sambo

Firma de los Tutores:

Dr.C. María Isabel García de la Cruz

Ms. C. Marlo Leyva Tarafa

PENSAMIENTO

La educación es el gran motor del desarrollo personal. Es a través de la educación como la hija de un campesino puede convertirse en una médica, el hijo de un minero puede convertirse en el jefe de la mina, o el hijo de trabajadores agrícolas puede llegar a ser presidente de una gran nación.

Nelson Mandela



Dedicatoria

A mi madre Adelia Carlos,

A mi papá Vany Sambo

A mi esposa Indira Sambo

A mi Tía Emilia Sambo

A mi hija que esta por nacer

Agradecimientos

A Dios por iluminar mi vida, mi fe, mi pilar, mi faro, mi guía.

A mi madre, Adelia Carlos, que me ha ayudado y apoyado durante estos cinco años de manera incondicional.

A mi papá, Vany Sambo, por estar conmigo en todo momento dándome consejos y brindándome sus conocimientos y apoyo.

A mi esposa, Indira Sambo, por su apoyo, confianza e infinito amor.

A mi tía, Emilia, por ser la principal promotora para que yo hoy día me graduara como ingeniero.

A mi tía, Teresa Bravo da Rosa por ser mi guía, mi apoyo en estos 10 años de estudios en Cuba.

A mi suegro Carlos Nilo por su apoyo incondicional y por brindarme su confianza.

A mis tutores: Dra. C. María Isabel García De la Cruz y M Sc. Marlo Leyva Tarafa, por su entrega, ayuda, apoyo y el tiempo que dedicaron para que hubiese sido posible la realización de esta investigación.

Al colectivo de profesores que de una forma u otra participaron en estos 5 años a mi formación como profesional. En especial al profesor Dr. C Rafael Noa, al profesor Dr. C Julio Montero, al profesor Dr. C Armando Cuesta, al profesor Dr. C Watson, por enseñarnos a amar la carrera, al profesor Ms.C Raymundo a todos ellos gracias!

A Luis Guillermo y Magali que se convirtieron en nuestros padres.

A mis compañeros de estudio, porque estuvieron presente en las etapas tristes y alegres, en las más importantes de mi vida.

Al Ing. Danny Alfredo Landa muchas gracias por su apoyo en la realización de esta tesis.

A los compañeros de la Unidad Básica Minera de la Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” que contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

A la revolución cubana, que me ha dado la oportunidad de estudiar y superarme profesionalmente.

Resumen

En este trabajo se planteó determinar la influencia de los criterios de selección de los equipos de excavación-carga en los yacimientos lateríticos de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, en función de conocer la selección idónea del equipamiento durante la realización de los diferentes trabajos mineros.

El trabajo contó con tres capítulos donde se realizaron búsquedas y análisis bibliográficos sobre los criterios de selección de los equipos de excavación-carga que mayor influencia tienen en la selección de los equipos, además se caracterizaron y se analizaron técnicamente las tecnologías de los mismos, para poder relacionar los parámetros planificados en los proyectos de explotación y cómo influyen estos en los indicadores técnicos productivos.

Luego de esta caracterización, se determinó la influencia de los criterios de selección de los equipos de excavación-carga en los yacimientos lateríticos de la Empresa, lo cual permitió saber si la elección de los mismos es la más idónea, se calcularon los indicadores técnicos productivos, y se demostró mediante el cálculo la factibilidad de los equipos, además se evaluó los trabajos realizados por la retroexcavadora Volvo y la excavadora dragalina.

Por último, se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones de los resultados de este trabajo.

Palabras Claves

Criterios, selección, yacimientos, lateríticos, excavación, carga explotación, influencia.

Abstract

In this work it was considered to determine the influence of the criteria of selection of the equipment of excavation-load in the lateritic deposits of the company Comandante Ernesto Che Guevara, according to know the suitable selection of the equipment during the Realization of the different mining works.

The work counted on three chapters where bibliographical searches and analyses were carried out on the criteria of selection of the equipment of excavation-load that most influence have in the selection of the equipments, in addition they were characterized and analyzed Technically the technologies of the same, to be able to relate the parameters planned in the projects of exploitation and how they influence these in the technical indicators productive.

After this characterization, it was determined the influence of the criteria of selection of the equipment of excavation-load in the lateritic deposits of the company, which allowed to know if the choice of the same ones is the most suitable, the indicators were calculated Productive technicians, and it was demonstrated by calculating the feasibility of the equipment, in addition the work carried out by the Volvo backhoe and the excavator Dragalina was evaluated.

Finally, the conclusions and recommendations of the results of this work are announced.

Key Words:

Criteria, selection, deposits, lateritic, excavation, cargo exploitation, influence

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 5 |
| 1.1 Situación actual de la temática de estudio referente a los criterios de selección de equipos en el país y en el exterior | 5 |
| 1.1.1 Análisis bibliográfico | 5 |
| 1.1.2 Estado de la temática en Cuba | 6 |
| 1.2 Características geológicas de los yacimientos lateríticos | 7 |
| 1.2.1 Ubicación geográfica | 8 |
| 1.2.2 Geología de la región | 10 |
| 1.2.3 Geología de los yacimientos | 13 |
| 1.3 Sistema de explotación en los yacimientos lateríticos de la UBMECG | 21 |
| 1.3.1 Arranque y carga de mineral | 23 |
| 1.3.2 Parámetros fundamentales de la explotación | 28 |
| 1.4 Criterios de selección de los equipos | 28 |
| 1.4.1 Definición de criterio | 32 |
| 1.4.2 Los criterios que intervienen en la selección de los equipos son: | 32 |
| 1.4.3 Criterios específicos que considerar en la selección de equipos | 34 |
| 1.4.4 Indicadores técnico-productivos de los equipos mineros | 35 |
| 2.1 Introducción | 38 |
| 2.2 Parámetros técnicos de los equipos arranque y carga | 38 |
| 2.2.1 Explotación técnica del equipamiento de excavación-carga | 38 |
| 2.2.2 Características del diseño de la Dragalina ESH 6/45 y esfera de aplicación: | 39 |
| 2.2.3 Selección de los equipos de excavación-carga en la empresa comandante Ernesto Che Guevara. Criterios que se tomaron en cuenta: | 41 |

| | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.4 | Procedimiento para realizar la normación del ciclo de trabajo en la excavación-carga de masa minera | 42 |
| 2.2.5 | Cálculo de los indicadores de rendimiento | 46 |
| 2.2.6 | Indicadores para el cálculo de la productividad de los equipos de arranque-carga | 48 |
| CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | | 49 |
| 3.1 | . Evaluación de los resultados de la extracción del área 28 con excavadora Dragalina | 49 |
| 3.2 | Evaluación de los resultados de la extracción con retroexcavadora | 52 |
| 3.3 | Estado técnico actual de los equipos de excavación y carga que realizan los trabajos de excavación-carga en los yacimientos Yagrumaje Sur, Yagrumaje Norte y Camarioca Este | 53 |
| 3.4 | Elementos para valorar la tecnología de extracción a emplear | 54 |
| 3.5 | Cálculo de los indicadores técnico productivos de los equipos de arranque-carga en la explotación de los yacimientos Yagrumaje Sur y Camarioca Este | 60 |
| 3.6 | Valoración económica | 61 |
| 3.7 | Protección del Medio Ambiente | 63 |
| 3.7.1 | Medidas para la protección Medio Ambiente durante y después de la minería | 63 |
| 3.7.2 | Medidas preventivas | 63 |
| 3.7.3 | Medidas atenuantes | 64 |
| 3.7.4 | Medidas correctoras | 64 |
| 3.8 | Seguridad y salud del trabajo | 65 |
| 3.8.1 | Medidas de seguridad para la mina | 65 |

| | | |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.8.2 | Medidas de seguridad para el trabajo con las retroexcavadoras-- | 65 |
| 3.8.3 | Medidas de seguridad para el trabajo con las dragalinas ----- | 66 |
| CONCLUSIONES ----- | | 67 |
| RECOMENDACIONES ----- | | 69 |
| BIBLIOGRAFÍA----- | | 70 |
| ANEXOS----- | | 73 |

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 COMPOSICIÓN DE LA CONCESIÓN MINERA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO

CHE GUEVARA. ----- 8

FIGURA 1.2 PLANO DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE LA BASE MINERA ----- 8

FIGURA 1.3 ESQUEMA DE ARRANQUE Y CARGA INFERIOR -----24

FIGURA 1.4 DESTAPE DE RESERVAS POR BANCOS EN CELDAS -----25

FIGURA 1.5 OPERACIÓN DE DESTAPE Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL DEL MATERIAL ----25

FIGURA 1.6 OPERACIÓN DE DESTAPE Y SANEAMIENTO CON BULDÓCER.-----26

FIGURA 1.7 ETAPA I, ARRANQUE Y CARGA DE LOS BANCOS HASTA LLEGAR AL CONTACTO

CON EL MINERAL -----27

FIGURA 1.8 ETAPA II SANEAMIENTO DEL CONTACTO Y ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL.27

FIGURA 1.9 ETAPA III: EXTRACCIÓN DE UN NUEVO BANCO Y EVACUACIÓN DEL MATERIAL

ALMACENADO. -----27

FIGURA 1.10 GRUPOS BÁSICOS DE PARTIDA PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS MINEROS 30

FIGURA 1.11 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS OPERACIONES MINERAS. -----37

FIGURA 1.12 MANIOBRAS DEL CICLO DE TRABAJO DE LAS RETROEXCAVADORAS -----37

FIGURA 2.1 RETROEXCAVADORA VOLVO-----39

FIGURA 2.2 EXCAVADORA DRAGALINA-----40

FIGURA 2.3 ETAPA 1: INICIO DE LA TRINCHERA -----44

FIGURA 2.4 ETAPA 2: CORTE PERPENDICULAR DE LA TRINCHERA -----44

FIGURA 2.5 ETAPA 3, CONFORMACIÓN DEL BORDE Y EXTRACCIÓN DEL NÚCLEO-----45

FIGURA 2.6 ETAPA 4: EXTRACCIÓN Y CONFORMACIÓN DE LA ÚLTIMA ESQUINA.-----45

ÍNDICE DE ANEXO

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| ANEXO 1 FOTO DE RETROEXCAVADORA MINANDO Y LLENANDO EL CAMIÓN..... | 73 |
| ANEXO 2 FOTO DE LA EXCAVADORA DRAGALINA MINANDO Y LLENANDO..... | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 1.1 COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO. | 9 |
| TABLA 1.2 COORDENADAS DEL YACIMIENTO YAGRUMAJE SUR | 13 |
| TABLA 1.3 PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS ROCAS DEL YACIMIENTO YAGRUMAJE SUR | 15 |
| TABLA 1.4 COORDENADAS DEL YACIMIENTO YAGRUMAJE NORTE | 16 |
| TABLA 1.5 PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS ROCAS DEL YACIMIENTO YAGRUMAJE NORTE | 18 |
| TABLA 1. 6 COORDENADAS DEL YACIMIENTO CAMARIOCA ESTE | 19 |
| TABLA 1.7 PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS LITOLOGÍAS DEL YACIMIENTO CAMARIOCA ESTE..... | 21 |
| TABLA 1. 8 FACTORES QUE INCIDEN EN LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS..... | 31 |
| | |
| TABLA 2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS RETROEXCAVADORAS HIDRÁULICAS SOBRE ESTERAS | 39 |
| TABLA 2. 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA DRAGALINA | 40 |
| TABLA 2. 3 CRITERIOS DE SELECCIÓN TENIDOS EN CUENTA | 42 |
| TABLA 2 4 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE ARRANQUE-CARGA INDICADOS EN LOS PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN | 48 |
| | |
| TABLA 3.1 COMPORTAMIENTO DEL AGOTADO CON RELACIÓN A LOS RECURSOS ORIGINALES ÁREAS 1 Y 28 | 50 |
| TABLA 3.2 APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS CORREGIDOS EN LAS ÁREAS 1 Y 28. | 51 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABLA 3.3 ACTUALIZACIÓN DE LOS RECURSOS DE LAS ÁREAS: 28 Y 1 | 51 |
| TABLA 3.4 ACTUALIZACIÓN DE LOS RECURSOS DE LAS ÁREAS: 28 Y 1..... | 52 |
| TABLA 3.5 DISPONIBILIDAD TÉCNICA DE LOS EQUIPOS | 54 |
| TABLA 3.6 CRITERIOS DE SELECCIÓN QUE SE TUVIERON EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE EXCAVACIÓN-CARGA EN LA CG | 56 |
| TABLA 3.7 CÁLCULO DE LOS INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS DE LAS RETROEXCAVADORAS HIDRÁULICAS..... | 60 |
| TABLA 3.8 GASTOS ORIGINADOS POR SALARIO G S..... | 61 |
| TABLA 3.9 GASTOS POR CONCEPTO DE DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS G D..... | 61 |
| TABLA 3.10 GASTOS POR CONCEPTO DE COMBUSTIBLE G C | 61 |
| TABLA 3.11 GASTOS ORIGINADOS POR SALARIO G S..... | 62 |
| TABLA 3.12 GASTOS POR CONCEPTO DE DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS G D..... | 62 |
| TABLA 3.13 GASTOS POR CONCEPTO DE COMBUSTIBLE G C. | 62 |
| TABLA 3.14 GASTOS DIRECTOS DURANTE EL ARRANQUE | 62 |

INTRODUCCIÓN

El planeta tierra, a través de millones de años de desarrollo, ha creado enormes reservas de recursos minerales y energéticos Otaño,(2013).

La minería es la industria más elemental de la civilización humana, consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales de la corteza terrestre. Todos los elementos empleados por la sociedad moderna han sido obtenidos mediante la minería o necesitan productos mineros para su fabricación. incluso las otras actividades del sector primario (agricultura, ganadería y pesca) no podrían realizarse sin herramientas y máquinas fabricadas con los productos extraídos de las minas.

En términos técnicos, se define a la minería como una de las denominadas actividades económicas primarias, en la cual se procede a la extracción de elementos metálicos o no metálicos con fines de rendimiento industrial o financiero. Los métodos destinados a la recolección de los minerales involucran acciones subterráneas o bien a cielo abierto.

La sociedad tecnológica actual ha demostrado un aumento sistemático de la demanda de productos mineros, cada vez más específicos y diversos.

En la minería a cielo abierto, esencialmente en la explotación de yacimientos lateríticos, el equipamiento juega un papel muy importante en los procesos de producción continua. La selección de cada uno de estos equipos está en dependencia de muchos factores que propicien el cumplimiento de los indicadores técnico-productivos en el proceso minero (Belete *et al.*, (2016), Vargas (2017), principalmente las condiciones idóneas de trabajo para que estos alcancen su máxima productividad, relacionando las características geológicas de los yacimientos con las características propias del equipo, que conlleven a garantizar la estabilidad de los niveles de producción, aprovechando al máximo la vida útil del equipamiento y sus potencialidades García, (2013).

Situación problemática

La explotación minera de los yacimientos designados a la empresa Ernesto Che Guevara (ECG) se inició en el año 1982 utilizando dragalinas andantes. La selección de esta tecnología se realizó basándose en la relación de las características geólogo-mineras de los yacimientos y de los equipos de excavación-carga en los años 80. Esta tecnología se fundamentó para los yacimientos concesionados en esa época: Punta Gorda y Moa Oriental.

A partir del año 1997 se introdujo la retroexcavadora andante sobre estera. La selección de esta tecnología se realizó sobre la base del resultado de estudio técnico económico y factibilidad y la opción financiera para dicho proyecto de inversión, además de la experiencia en la Empresa Pedro Soto Alba (PSA) que cuenta con yacimientos similares en su caracterización geólogo-minera a los de la empresa ECG. El resultado de la explotación de este equipamiento ha tenido como dificultad: alto valores de dilución de pérdida y empobrecimiento, que han estado ocasionados por una incorrecta selección de los equipos de excavación carga, razón por la cual surge la necesidad de determinar la influencia de los criterios de selección del equipamiento de excavación-carga en los indicadores técnicos productivos para permitir determinar su efectividad en función de las características geólogo-mineras, lo cual constituye el problema de la investigación.

Objeto de la investigación

Los criterios de selección de los equipos de excavación-cargar en los yacimientos lateríticos.

Objetivo general

Determinar la influencia de los criterios de selección de los equipos de excavación-carga en los indicadores técnicos productivos durante la explotación de los yacimientos lateríticos de la unidad básica minera Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Campo de acción: Equipos de excavación -carga en la Unidad Básica Minera de la Empresa (ECG).

Hipótesis

Si se caracterizan los yacimientos y los parámetros productivos de los equipos de excavación-carga y se analizan los criterios de selección y se determinan los indicadores técnicos productivos y de rendimiento entonces se podrá determinar la influencia de los criterios de selección de los equipos de excavación – carga.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el equipamiento de excavación-carga para la determinación de los parámetros productivos a partir de la influencia de las características geólogo-mineras del yacimiento laterítico.
2. Analizar los criterios de selección de los equipos de excavación - carga actualmente en explotación por parte de la unidad básica minera.
3. Analizar los indicadores-técnico productivos de los equipos de excavación-carga a partir de su utilización en los yacimientos lateríticos.

Los métodos científicos de investigación utilizados en el Trabajo fueron los siguientes:

Métodos Teóricos:

Histórico – lógico: para el estudio y selección de los criterios para la utilización de los equipos de excavación-carga, durante el proceso de explotación en los yacimientos.

Análisis – síntesis: para arribar a las conclusiones que se obtendrán en el desarrollo, determinando los valores de los indicadores técnico-productivos y los métodos de selección de los equipos de excavación-carga de la UBMECG.

Hipotético – deductivo: Para formular la hipótesis y pronosticar los resultados.

Métodos Empíricos:

Observación directa: para caracterizar el problema, además de analizar los aspectos fundamentales para seleccionar el método adecuado de los equipos que laboran en el proceso de excavación-carga.

Revisión de documentos: para el análisis de documentos sobre el tema objeto de estudio.

Matemático-estadístico: se emplea en el cálculo y determinación de los indicadores técnico – productivos, la metodología de los parámetros de explotación de los equipos y de los aspectos para la selección del método adecuado; a través de los instrumentos aplicados mediante los modelos matemáticos y representación en los anexos.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1 Situación actual de la temática de estudio referente a los criterios de selección de equipos en el país y en el exterior

1.1.1 Análisis bibliográfico

Durante el desarrollo de la investigación se consultaron un total de (27) materiales bibliográficos, de los cuales, en el trabajo solo se refieren los que en mayor medida contribuyeron a la realización de esta. La revisión bibliográfica se encuentra orientada hacia la información relacionada con el enfoque teórico y metodológico del objeto de estudio y los diferentes aspectos prácticos concernientes a la caracterización geológica de la zona de estudio, los criterios de selección y los indicadores técnicos productivos.

Estado de la temática en el país y a nivel internacional

Bascenti (2004), plantea la selección de equipos mineros es uno de los factores de mayor importancia en el diseño y producción de minas, y las decisiones de los equipos son multi-personas, están basadas en criterios cualitativos y cuantitativos y concluye que la selección de los equipos mineros parte de 3 (tres) factores: elegir el tipo de equipo, tamaño del equipo, número de unidades para alcanzar un objetivo determinado.

Barreto (2008), en la tesis Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de San Antonio, provincia de Yauli-Junín propuso reducir el costo de operación e incrementar la eficiencia de los equipos de carga y acarreo en la construcción de accesos y plataformas para la exploración en el Proyecto Toromocho y concluye que con el reemplazamiento de la maquinaria se obtiene el mejor desempeño del motor, aumenta la seguridad del operador y reduce el número de accidentes.

Rubio (2014), en la tesis de maestría con el título Análisis de las necesidades de maquinaria en minas de mineral de hierro a cielo abierto plantea que para la selección de los equipos han de tenerse en cuenta una serie de criterios basados

en la situación geográfica, las características de la mineralización y los parámetros de la explotación, concluye que una vez establecidos los criterios propios de la explotación, se deben determinar aquellos que están directamente relacionados con el equipo. Normalmente se deben fijar unos objetivos específicos para cada equipo y ponderar el peso de cada objetivo. En este apartado suelen usarse metodología de análisis multicriterio para seleccionar el equipo correcto.

1.1.2 Estado de la temática en Cuba

García (2013), en la tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas con el título Procedimiento para el reemplazo de los equipos mineros planteó perfeccionar el procedimiento para el reemplazo de los equipos mineros, a partir del modelo de rendimiento en función del cumplimiento de los servicios técnicos de la contratación por períodos de explotación y concluyó que la utilización del modelo de rendimiento debe partir de sus tendencias definidas por las series de tiempo en función de los servicios técnicos de la contratación por períodos de explotación, posibilitó perfeccionar el procedimiento para el reemplazo de los equipos mineros.

Torres (2004), en la Tesis presentada en opción al Título Académico de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos hizo una comparación entre la efectividad de la extracción con Retroexcavadora Liebherr y en Dragalina. Manifestó las ventajas de esta tecnología, así como sus limitaciones para la aplicación en los yacimientos lateríticos. Concluyó que la extracción por bancos múltiples con Retroexcavadora resulta ventajosa para determinadas condiciones geólogo-mineras. La alta selectividad de la extracción con Retroexcavadora permite la extracción del mineral útil en las áreas donde existe intercalaciones de rocas básicas, no pudiendo ser así en el caso de las dragalinas.

Vargas (2017), realizó la evaluación de la influencia de las características geólogo-mineras en los indicadores técnicos productivos de los equipos de arranque-carga, para mejorar el rendimiento durante la explotación de los yacimientos lateríticos de la Empresa Ernesto Che Guevara, y concluyó que las condiciones hidrogeológicas y la irregularidad de los fondos en los yacimientos lateríticos son las

características geólogo-mineras que ejercen mayor influencia en los equipos de arranque-carga durante la explotación.

Da Mata, (2017), propone hacer una evaluación del ciclo de trabajo de los equipos excavación-carga marca XCMG de la UBMECG en función de conocer el efecto en los indicadores técnico-productivos mediante el sistema de explotación por bancos múltiples, en la cual logró los siguientes resultados: establecer el ciclo de trabajo de las retroexcavadoras marca XCMG para las labores de minado, escombreo y remonte, en los depósitos, demostró que son más productivas en los trabajos de excavación-carga en sistema de bancos múltiples, debido a que se disminuye el ciclo de trabajo en 26,4 segundos y además que los tiempos improductivos en las operaciones de los frentes de carga son mayores en 39 minutos los que afectan a la productividad horaria hasta 7 t/h.

Guilarte, (2018), en la tesis en opción al título de Ingeniero en Minas evaluó el modelo de bloques en función del equipamiento de excavación-carga con el fin de determinar si es el apropiado para el yacimiento Camarioca Este de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, en la actualidad se utilizan las dimensiones de 8,33 x 8,33 x 3 m, para la estimación de recursos y reservas; el mismo se emplea para realizar, tanto las labores de destape, como para la extracción del mineral, y concluyó que el tamaño del modelo de bloques y el equipamiento de excavación-carga empleado, es compatible para potencias medias y altas; no siendo así, para potencias bajas, tanto para el escombros como para el mineral.

1.2 Características geológicas de los yacimientos lateríticos

La Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, actualmente cuenta con una base minera de cuatro yacimientos: Yagrumaje Norte, Yagrumaje Sur, Camarioca Este y Punta Gorda. De estos yacimientos procede el mineral que se incorpora a la planta de procesamiento de la misma Empresa (figura 1.1).

CONCESIÓN MINERA

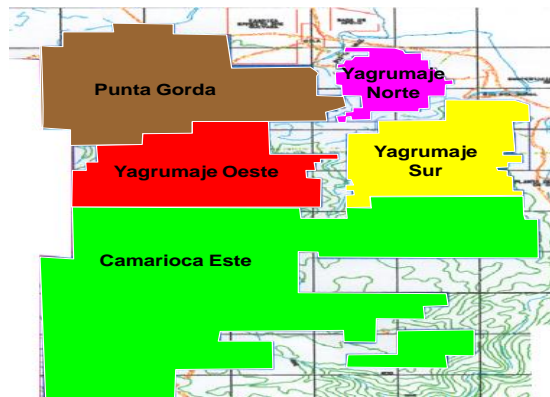


Figura 1.1 Composición de la concesión minera Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
Fuente: Manual de explotación.

1.2.1 Ubicación geográfica

Los yacimientos Punta Gorda, Yagrumaje Sur, Yagrumaje Norte y Camarioca Este, están situados al noreste del municipio de Moa en la provincia de Holguín. Ubicándose dentro de los límites del macizo montañoso de Moa- Baracoa (figura1.2).

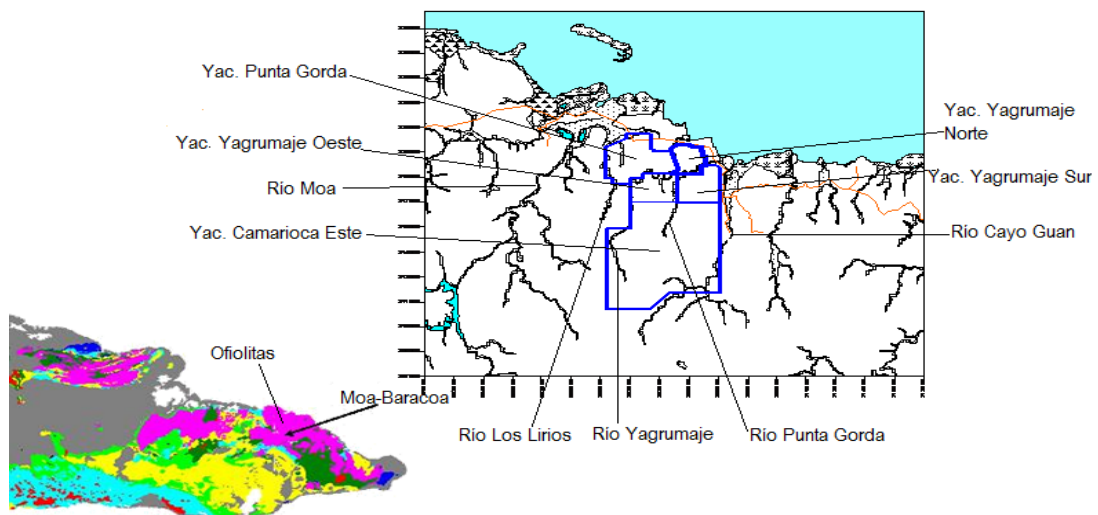


Figura 1.2 Plano de ubicación de la zona de la base minera
Fuente:(García, 2013)

En la tabla 1.1 se observa las coordenadas del área de estudio

Tabla 1.1 Coordenadas del área de estudio.

| <i>Vértices</i> | <i>x(m)</i> | <i>y(m)</i> |
|-----------------|-------------|-------------|
| 1 | 725 320 | 221 841 |
| 2 | 731 333 | 221 841 |
| 3 | 731 333 | 211 212 |
| 4 | 725 320 | 211 212 |

Fuente: Plan cinco años de minería

Geográficamente la zona se encuentra limitada: al norte por las aguas del océano Atlántico; al sur con el río Cayo Guam y sus afluentes y el yacimiento Camarioca Sur; al oeste limitada con la línea convencional que los separa de los yacimientos Moa Oriental y Camarioca Norte; al este limitado con el río Cayo Guam, la antigua fábrica metalúrgica Las Camarioca y con los yacimientos Cantarrana y la Delta.

Relieve

El relieve de la región es mayormente montañoso, dado a que se encuentra situado en medio del sistema montañoso Nipe – Sagua – Baracoa. Se destacan algunas alturas superiores a los 1000 m, la más alta elevación es el pico El Toldo, en las cuchillas de Moa, con 1170 m. El relieve montañoso de la localidad lo conforman otras alturas entre 500 y 1000 m, en las que se incluyen Las Cuchillas de Moa, Calentura, Farallones y las de Gran Tierra. Esta zona es seguida por un sistema pre montañoso que se prolonga hasta uno seis o diez kilómetros al sur de la costa con alturas medias entre 200 y 500 m.

El relieve de la región se caracteriza por una inclinación hacia el norte con rasgos de pendiente variable y desmembrada por valles muy profundos, correspondientes a las áreas interfluviales Moa, Yagrumaje, Punta Gorda y Cayo Guam que se caracterizan por las formas aplanadas con cañadas valles formados en el período de planificación con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre los 70 y 110 m alcanzando cotas absolutas hasta 500 m.

Clima

El clima de la región es tropical húmedo, la temperatura media anual es aproximadamente de 27°C, siendo en el verano de 30°C y en el invierno 22°C – 26°C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses de mayo – junio y octubre – diciembre y dos períodos de seca febrero – abril y julio – septiembre. La cantidad de precipitaciones promedio anuales es de 1700 – 1800 mm al año, durante el verano las lluvias se presentan en forma de chaparrones y en el invierno son prolongadas.

Red fluvial

La red fluvial está representada en la zona por los ríos Moa y Los Lirios al noreste, Yagrumaje, Punta Gorda y Cayo Guam, este último al noreste – sureste, además los yacimientos están atravesados por numerosos arroyos y cañadas, de los cuales ocurren de forma libre fundamentalmente en época de lluvia. La existencia de acuíferos subterráneos en la zona y una densa red fluvial propicia que los suelos estén altamente saturados y se comporten con alta humedad.

1.2.2 Geología de la región

Situación geólogo-estructural de la región

La región nororiental de Cuba se caracteriza por una gran complejidad geológica lo que hace de ella una zona distintiva, en la que coexisten importantes elementos y minerales útiles. Los recursos más difundidos son los yacimientos de corteza de intemperismo, lateritas níquelíferas que se extienden por todo el macizo ofiolítico, Nicaro – Moa – Baracoa.

Los yacimientos Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Sur y Camarioca Este se ubican en la región nororiental de Cuba donde la asociación ofiolítica se considera como un manto alóctono de unos 2500 km² con potencia de 800 a 1000 m, en cuya base afloran las rocas del manto autóctono representado fundamentalmente por areniscas y conglomerados del cretácico, lo que hace

pensar que el manto tectónico ofiolítico cabalgó y ocupó su actual posición en el paleoceno, sobre rocas de la plataforma y rocas del manto. La región está caracterizada por una estructura interna complicada, la asociación ofiolítica está representada en la región de estudio principalmente por los complejos: ultramáfico-metamorfizado, cumulativo y diques paralelos de diabasas.

El complejo ultramáfico-metamorfizado es el de mayor extensión en la asociación, con el 60 – 80% del área total constituida por intemperismo, iherzolitas y con menos frecuencia dunitas. Todas las litologías en mayor o menor medida están serpentinizadas y fracturadas.

El complejo cumulativo se caracteriza por el bandeamiento de las rocas y está representado por las litologías: dunitas, harzburgitas y piroxenitas, aparecen con menor frecuencia troctolitas y gabros. Las capas o bandas no representan alternancia, sino que aparecen en un orden consecutivo ascendente.

El complejo de diques paralelos de diabasas se presenta rellenando las grietas o fallas que cortan los complejos anteriores, aparecen cuerpos tubulares con espesores que varían desde algunos metros hasta decenas de metros. Características fundamentales de estos complejos, son complicada estructura interna y desigual desarrollo, así como la gran actividad tectónica que los afecta en forma de grietas, los cuales forman brechas y fajas de esquistosidad paralela.

A la vez, dentro de los límites de los sectores, por dislocaciones disyuntivas suceden los movimientos de bloques (movimientos neotectónicos) y como resultado de estos las cortezas de intemperismo adquieren diferentes niveles hipsométricos separándose un sector de otro por una pendiente abrupta donde no hay existencia de los productos del intemperismo. La amplitud de las dislocaciones no es de grandes dimensiones y raramente sobrepasan los 40 m.

En las proximidades de Moa se propagan facies marinas y palustres de depósitos del Mioceno o Plioceno Cuaternario que yacen sobre gabros y ultramáficas serpentinizadas. En algunas zonas de la cuchilla Moa – Baracoa se desarrollan

rocas cosificadas, las ofiolitas pueden presentarse alteradas epitermalmente, presentando sulfuros diseminados o mineralizados de sílice en forma de vetas.

De manera general, la conformación geológica–tectónica de la región es bien compleja, el desarrollo de cortezas lateríticas útiles dependerá exclusivamente de la composición litológica de las rocas del basamento, lo que determinará las peculiaridades que componen los diferentes cortes.

Minerales útiles de la región

La presencia de rocas ultrabásicas en la región determina sus minerales útiles principales. En primer lugar, podemos citar las menas de hierro (Fe), níquel (Ni) y cobalto (Co) asociadas a la corteza de intemperismo. El material originado de la alteración de las rocas ultra básicas da como resultado una corteza de material laterítico, menas ferro-niquelíferas-cobálticas relacionadas con los productos de intemperismo de las hiperbasitas, donde el contenido medio del óxido de níquel es de 1,40 % y el del cobalto es de 0,08 %; el hierro se encuentra en grandes concentraciones entre los 35 y 45 %.

Las condiciones climáticas de la región y el basamento que componen el corte geológico han propiciado el desarrollo de esta potente corteza de rocas meteorizadas hasta de 50 m de espesor. Estas condiciones permiten que para la región exista un relieve y vegetación muy característica.

Grandes áreas son ocupadas por grabo siendo predominantes los grabo leucocráticos, que presentan gran desarrollo de la corteza de intemperismo con alto contenido de alúmina. El contacto con los cúmulos ultramáficos es tectónico, formando fajas grandes con mezcla de grabo ultramáfico sobre las que se ha desarrollado una corteza de intemperismo mezclada (grabo y ultramáficas).

Los yacimientos de cromitas refractarias, por su importancia, ocupan el segundo lugar dentro de los yacimientos desarrollados en la zona. Todos los yacimientos y manifestaciones conocidas de cromita se agrupan en cuerpos minerales, la mayor parte de los cuales se agrupan en las partes marginales del complejo ultrabásicos.

En menor orden de importancia aparecen manifestaciones de asbesto crisotílico, pobre mineralización de cobre en la zona de los gabroides zeolitas. Los fangos coralinos son utilizados en el proceso industrial de la Empresa Pedro Soto Alba para neutralizar las soluciones después de lixiviar el níquel. Últimamente se han podido detectar importantes manifestaciones de zeolitas en Farallones de Moa.

1.2.3 Geología de los yacimientos

Yacimiento Yagrumaje Sur

El yacimiento ocupa un área de 3.65 km², se encuentra ubicado en la parte noreste de la provincia de Holguín; se enmarca el macizo montañoso Moa-Baracoa, localizado en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa. Como límites naturales; limita al norte y oeste con el río Punta Gorda; al este con el río Cayo Guam y la carretera Moa-Baracoa, al sur por la línea convencional que lo separa con el yacimiento Camarioca Este. Se encuentra ubicado dentro de las coordenadas del Sistema de Lambert Cuba Sur, (tabla 1.2).

Tabla 1.2 Coordenadas del yacimiento Yagrumaje Sur

| Vértice | x(m) | y(m) |
|----------------|-------------|-------------|
| 1 | 704403 | 220829 |
| 2 | 705903 | 220829 |
| 3 | 705903 | 219929 |
| 4 | 705903 | 219629 |
| 5 | 705603 | 219629 |
| 6 | 705603 | 219029 |
| 7 | 704409 | 219031 |
| 8 | 704409 | 219625 |
| 9 | 704263 | 219625 |
| 10 | 704265 | 220533 |
| 11 | 704404 | 220530 |

Fuente: Plan de minería cinco años

Geomorfológicamente este yacimiento representa una zona de sedimentación pre montañosa con inclinación al norte de unos 6 - 7°, constituyendo una superficie ondulante con dirección sureste-noreste causada por la existencia de una sucesión de parteaguas aplanadas y cañadas con pendientes que terminan en arroyos con aguas intermitentes y corrientes que siguen las direcciones noreste y

noroeste coincidiendo con los dos sistemas de fallas tectónicas principales que cortan el yacimiento.

Características geológicas del yacimiento

El yacimiento forma parte del grupo de yacimientos de cortezas ferroniquelíferas del norte de la región nororiental de Cuba, los cuales se han desarrollado a partir de las ultrabasitas serpentinizadas, formando parte a su vez de la asociación ofiolítica de Cuba. Las rocas máficas están diseminadas prácticamente en todo el yacimiento con excepción del flanco sur, formando ventanas no mineralizadas.

La corteza de intemperismo está compuesta mayoritariamente por perfiles lateríticos saprolíticos, sobre todo en la parte noreste y suroeste, separados por una franja central con mayor presencia de perfiles lateríticos, además hacia las áreas de mayores pendientes del terreno se observa la transición de perfiles lateríticos saprolíticos a lateríticos, ubicadas en las orillas y superficies inclinadas que componen el sistema de arroyos y cañadas.

La potencia de la corteza de intemperismo oscila desde 1 a 40 m, siendo la media de 8 m. Las mayores potencias se observan en la parte central y oriental, ambas siguiendo la dirección norte-sur mientras que en la parte oeste la potencia promedio es de 6.9 m, oscilando desde 1 hasta 32 m.

El yacimiento se divide en 10 cuerpos minerales, los que se caracterizan por tener un coeficiente de mineralización entre el 77.4 y 94.1 % con un promedio del 90.43 %. Existen cuerpos donde no se ha realizado minería, no ha minado ninguno completamente.

La mayor potencia del mineral >9 m, promedio igual 12 se asocia a las partes más llanas del yacimiento. Las menores potencias (entre 3 y 6 m, promedio 4.10 m) se ubican en la periferia límite de los cuerpos minerales y en la mitad sur del área del yacimiento. La potencia promedio de mineral dentro de los cuerpos minerales es de 7.7 m y fuera de los cuerpos minerales, en el dominio RESTO, es 2.32 m. La capa de escombros tiene como promedio 3.3 m y la relación escombros/mineral es

muy baja (0.43), siendo significativamente alta la potencia de escombros en algunos cuerpos minerales, (tabla 1.3).

Tabla 1.3 Propiedades físico-mecánicas de las rocas del yacimiento Yagrumaje Sur

| Litología | LL | LP | IP | WN | PVH % | PVS % | HIN % | PE TM/m3 | C TM/m2 | Ø |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------|
| IOCP | 47 | 38 | 9 | - | - | - | - | 3,89 | - | - |
| OISP | 45 | 40 | 6 | 3,89 | 1,99 | 1,45 | 0,17 | 3,80 | 6,60 | 38,25 |
| OEF | 57 | 48 | 9 | 3,35 | 1,82 | 1,6 | 0,24 | 3,92 | 6,10 | 4,10 |

Fuente: Plan de minería cinco años

Dónde:

LL: límite líquido; LP: límite plástico; IP: índice de poros; WN: porcentaje de humedad natural; PVH: peso volumétrico húmedo; PVS: peso volumétrico seco; HIN: hinchamiento; PE: peso específico, C: cohesión; Ø: ángulo de fricción interna.

Hidrología del yacimiento

En el yacimiento el agua subterránea por lo general está asociada a la zona de falla o de alto agrietamiento, ya que hay un volumen considerable de pozos que no cortaron el agua, a pesar de encontrarse próximo a los que las cortaron. Las condiciones hidrogeológicas son simples o moderadas en la mayor parte del yacimiento.

Yacimiento Yagrumaje Norte

El yacimiento ocupa una superficie de 2.474 km² y se encuentra localizado al este de la ciudad de Moa en la provincia de Holguín dentro de los límites del macizo montañoso Moa-Baracoa. Como límites naturales tiene por el norte; la carretera Moa-Baracoa y el poblado de Punta Gorda, por el sur y el este el río Punta Gorda y por el oeste el río Yagrumaje.

La concesión de este yacimiento está definida por el polígono, cuyos vértices en el sistema de Lambert Cuba Sur se muestran en la tabla 1.4

Tabla 1.4 Coordenadas del yacimiento Yagrumaje Norte

| Vértices | x(m) | y(m) |
|-----------------|-------------|-------------|
| 1 | 704395 | 220965 |
| 2 | 704400 | 221000 |
| 3 | 704800 | 221000 |
| 4 | 704800 | 220950 |
| 5 | 705000 | 220950 |
| 6 | 705000 | 220900 |
| 7 | 705200 | 220900 |
| 8 | 705200 | 220850 |
| 9 | 705300 | 220850 |
| 10 | 705300 | 220800 |
| 11 | 705600 | 220800 |
| 12 | 705600 | 220550 |
| 13 | 705700 | 220550 |
| 14 | 705700 | 220200 |
| 15 | 705900 | 220200 |
| 16 | 705900 | 219700 |
| 17 | 705600 | 219700 |
| 18 | 705600 | 219200 |
| 19 | 704100 | 219200 |
| 20 | 704500 | 219500 |
| 21 | 704100 | 220533 |
| 22 | 704100 | 220770 |

Fuente: Plan de minería cinco años.

Yagrumaje Norte presenta un relieve suave en forma de meseta, con inclinación hacia el norte de un 3,5 %, donde las cotas oscilan entre 0 y 105 m, siendo el promedio de alrededor de 50 m, aunque producto a las operaciones mineras se observa un relieve deformado sobre todo hacia la parte centro-sur. En las laderas de la meseta que colindan con los ríos Yagrumaje y Punta Gorda la pendiente alcanza valores de hasta un 15,0 %.

Características geológicas del yacimiento

Las rocas que componen el yacimiento, están representadas por el complejo del corte ofiolítico, dentro del mismo, el complejo ultramáfico-metamorfizado compuesto por las peridotitas y sus serpentinitas y el complejo cumulativo formado por gabros normales y olivínicos.

La masa fundamental de mineralización, se asocia a las serpentinitas apohazburguitas y a las harzburguitas serpentinizadas, mientras que las rocas del complejo cumulativo se desarrollan en el sector oeste, determinando áreas no mineralizadas para Ni, Fe y Co. El sector sureste es el lugar donde se concentraba mayor mineralización y se encuentra agotado; por lo que los recursos remanentes se concentran en los sectores este, noroeste y el flanco norte, todos de alta complejidad geológica.

Las mayores fluctuaciones de la potencia de escombros y mena, coeficiente de mineralización y contenidos de metales y nocivos especialmente se relacionan con los cambios de las rocas madres.

La potencia de escombros alcanza valores desde 0,5 m hasta alrededor de 20,0 m, encontrando los más altos (mayores de 6,5 m) hacia la parte norte y noreste. La potencia del mineral es bastante alta alcanzando valores hasta aproximadamente 20,0 m sobre todo en la parte noreste, las menores potencias las encontramos en la parte oeste del yacimiento.

Para una mejor caracterización de la complejidad de este yacimiento, la parte del mismo que presenta continuidad en la mineralización se dividió en dos áreas:

Área 1: esta área resulta muy compleja para la minería, debido a la profusión de las cortezas de gabros. Desde el punto de vista hidrogeológico esta área presenta dificultades para la extracción, ya que una gran parte de las reservas permanecen inundadas en tiempo de sequía intensa, lo que no permite la extracción con retroexcavadoras que son más selectivas. En esta área quedan pozos sin perforar, debido a la presencia de obstáculos no geológicos.

Área 2: esta área presenta continuidad en la mineralización, las manifestaciones de gabros son aisladas. Las dificultades que presenta esta área están dadas fundamentalmente, por la complejidad hidrogeológica, debido a que toda el área tiene reservas inundadas permanentemente, aún en tiempo de sequía intensa.

La tabla 1.5 se muestran las propiedades físico-mecánicas de las rocas para una mejor caracterización de la complejidad de este yacimiento.

Tabla 1.5 Propiedades físico-mecánicas de las rocas del yacimiento Yagrumaje Norte

| Propiedades físico-mecánicas de las rocas | | | | | | | |
|--------------------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| Indicadores | Unid. De medida | OICC | | | OEI | | |
| | | Máxim o | Medio | Mínimo | Máximo | Medio | Mínimo |
| Densidad. Natural | kN/m ³ | 19,92 | 16,13 | 13,90 | 19,30 | 21,75 | 14,40 |
| Densidad. Húmeda | kN/m ³ | 15,27 | 9,92 | 7,20 | 16,20 | 10,52 | 8,00 |
| Peso específico | TM/m ³ | 3,91 | 3,85 | 3,79 | 3,99 | 3,83 | 3,68 |
| Límite líquido | % | 69,50 | 63,60 | 56,50 | 83,30 | 70,81 | 58,60 |
| Límite plástico | Kg/cm ² | 51,30 | 46,63 | 41,60 | 58,60 | 52,81 | 43,50 |
| Í. de plasticidad | % | 22,50 | 16,97 | 13,50 | 28,74 | 18,00 | 8,70 |
| Grava | % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 9,00 | 1,00 | 0,00 |
| Arena | % | 21,00 | 8,67 | 0,00 | 23,00 | 10,14 | 5,00 |
| Limo | % | 64,00 | 42,67 | 27,00 | 59,00 | 38,81 | 18,00 |
| Arcilla | % | 69,00 | 47,33 | 31,00 | 71,00 | 50,05 | 27,00 |
| Hinch | % | 4,20 | 2,42 | 0,64 | 9,30 | 1,60 | 0,40 |
| Cohesión | Grados | 7,00 | 3,90 | 2,00 | 1,60 | 0,59 | 0,15 |
| α de fricción | grados | 38,00 | 21,70 | 9,00 | 30,00 | 16,81 | 5,00 |

Fuente: Plan de minería cinco años

Hidrología del yacimiento

La hidrología de este yacimiento está condicionada a los períodos de seca y lluvia, presentando complejidades mayores en épocas de lluvia y en período de sequía moderada, mientras que en épocas de sequía intensa las condiciones son simples en las cotas más elevadas y en las cotas más bajas son complejas aún en la temporada de seca.

En épocas de lluvia las cotas del nivel del agua subterránea oscilan entre 15 y 90 m y la descarga de esta se realiza hacia el norte, el oeste, el sureste y suroeste. De lo anterior se tiene que la complejidad hidrogeológica es mayor en épocas de lluvia, ya que prácticamente todas las menas se encuentran inundadas con excepción de pequeñas áreas.

Camarioca Este

El yacimiento se localiza en el macizo Moa Baracoa, en el extremo oriental de la faja Mayarí-Baracoa ocupando un área de 19,53 Km², los límites naturales son los

siguientes: al norte por la línea convencional que los separa de los yacimientos Yagrumaje Sur y Yagrumaje Oeste, al este y sur, por el río Cayo Guam y por el oeste con la línea convencional que lo separa del yacimiento Camarioca Norte y Moa Oriental.

El yacimiento está limitado por las siguientes coordenadas nacionales del sistema de Lambert (tabla 1.6)

Tabla 1. 6 Coordenadas del yacimiento Camarioca Este

| Vértices | x(m) | y(m) |
|----------|--------|--------|
| 1 | 706600 | 212000 |
| 2 | 704000 | 212000 |
| 3 | 703000 | 211000 |
| 4 | 700800 | 211000 |
| 5 | 700800 | 215900 |
| 6 | 701100 | 215900 |
| 7 | 701100 | 217100 |
| 8 | 704400 | 217100 |
| 9 | 704400 | 217400 |
| 10 | 706600 | 217400 |

Fuente: Plan de minería cinco años

El área del yacimiento se caracteriza por tener un relieve montañoso, con cotas absolutas desde 102,4 m hasta 788,5 m y valles profundos en los ríos Cayo Guam, Yagrumaje y Punta Gorda, que se han desarrollado siguiendo principalmente líneas tectónicas, que afectan relevantemente al área de Camarioca Este.

El yacimiento Camarioca Este, está compuesto por cuerpos minerales diseminados dentro de un polígono con una superficie de 19,52 Km², separados por áreas sin mineralizar o accidentes geográficos, tales como: cañadas, arroyos y laderas pronunciadas. Desde el punto de vista minero este yacimiento no ofrece dificultades para la minería debido a su baja potencia de escombro, hidrología poco compleja y relieve moderado en los cuerpos mineralizados.

Características geológicas del yacimiento

El área del yacimiento está representada por rocas del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico-metamorfizado compuesto por peridotitas normales, peridotitas pirogénicas, gabro-peridotita, peridotitas plagioclásicas, gabroides solivínicos y gabroides normales; los cuales se localizan fundamentalmente en el flanco este del yacimiento.

El complejo cumulativo está pobremente representado en el área y se manifiesta en las partes este y sureste del mismo. Las rocas del complejo ultramáfico-metamorfizado que originan las cortezas de intemperismo friables, ricas en Fe, Ni y Co, son las más abundantes en el sector.

La particularidad de las rocas ultrabásicas es su serpentización, al mismo tiempo esta disminuye en la profundidad, las rocas resultan duras y masivas. Estudios demuestran que la disminución de la serpentización ocurre prácticamente en los primeros metros. El yacimiento tiene lugar a una serpentización relacionada con los procesos hidrotermales; existe la presencia de la talquización y la aparición de rocas talcoso-antínolíticas.

Los horizontes existentes varían su potencia; para los ocreos varía de 0 a 27 m, para los ocreos inestructurales alcanza un máximo de hasta 11 m y como promedio no supera los 3 m.

La morfología de la corteza de intemperismo, así como la distribución espacial de los altos valores de potencias para toda el área de Camarioca Este, demuestran que los cuerpos minerales se ubican solamente dentro de las áreas de mayor potencia de la corteza ($> 5\text{m}$), resultando prácticamente estériles o no perspectivas para la minería los espacios con baja potencia y que usualmente se relacionan con perfiles lateríticos inestructurales, (tabla 1.7)

Tabla 1.7 Propiedades físico-mecánicas de las litologías del Yacimiento Camarioca Este

| Indicadores | Unid. De medida | Propiedades físico-mecánicas | | | | | |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | OICC | | OISC | | OE | |
| | | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo | Máximo | Mínimo |
| <i>Humedad natural</i> | % | 18,3 | 23,5 | 27 | 30 | 35 | 41 |
| <i>Densidad húmeda</i> | TM/m ³ | 2 | 2,2 | 1,8 | 2,15 | 1,62 | 1,85 |
| <i>Densidad seca</i> | TM/m ³ | 1,6 | 1,7 | 1,3 | 1,6 | 0,98 | 1,27 |
| <i>Peso específico</i> | TM/m ³ | 3,26 | 3,36 | 3,7 | 3,8 | 3,6 | 3,6 |
| <i>Índice de poros</i> | % | 0,9 | 1,28 | 1,2 | 1,9 | 0,93 | 2,63 |
| <i>Cohesión</i> | Kg/cm ² | 0,55 | 0,98 | 0,43 | 0,89 | 0,27 | 0,48 |
| <i>A de fricción interna</i> | grados | 31.0 | 46 | 13,5 | 34,5 | 24 | 33 |

Fuente: Plan de minería cinco años.

Hidrología del yacimiento

Las condiciones hidrogeológicas de este yacimiento son simples, ya que la mayoría de los pozos perforados resultaron secos, durante el avance de la perforación espiral hasta su culminación. Los niveles de agua en épocas de seca descienden rápidamente y luego se mantienen estables, hasta tanto comienza la lluvia, donde ascienden rápidamente y al terminar esta y en pocos días retornan al comportamiento de período de seca prolongado. Como resultado, no existen condiciones hidrogeológicas complejas que dificulten el proceso de explotación del yacimiento, solamente en épocas de lluvia pueden existir complicaciones de zonas de fallas.

1.3 Sistema de explotación en los yacimientos lateríticos de la UBMECG

La Unidad Básica Minera está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima mineral a la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara que cuenta con un esquema tecnológico basado en la lixiviación carbonato amoniacal del mineral reducido o proceso Carbón. Inició sus operaciones mineras en 1985, con la explotación de los minerales del Yacimiento Punta Gorda, con producciones anuales hasta el año 1996 entre 1,5 a 2,3 millones de toneladas. A partir del año

1997 hasta la fecha se incrementó de 3,0 a 3,8 millones de toneladas de mineral minado. Para dar cumplimiento a su objeto social desarrolla las actividades que aparecen a continuación:

Desarrollo geológico: tiene como objetivo fundamental, la evaluación de los recursos minerales, con la finalidad de utilizarlos como materia prima ya sea a corto, mediano o largo plazo. En esta etapa se determinan los parámetros fundamentales de las menas del yacimiento, que servirán de base para la planificación de la extracción y su procesamiento industrial. Estos trabajos se realizan por contratos con las empresas de la Unión Geólogo Minera, categorizadas para ofertar servicios geológicos.

Preparación minera: es el conjunto de trabajos mineros a realizar para que la extracción y el transporte se ejecute con calidad y eficiencia. Esta la compone las actividades que se describen a continuación:

Consiste en la eliminación de la vegetación y la modelación del terreno para que puedan entrar al área los equipos para el destape, se ejecuta con buldócer marca KOMATSU modelo D85E. Esta fase es de gran importancia tanto para los trabajos de destape, como para la preservación del medio ambiente.

Destape: consiste en el arranque, carga y acarreo del horizonte superior (escombro) del cuerpo mineral, que por su bajo contenido de níquel y cobalto no resulta económico enviarlo al proceso. Para realizar el mismo pueden ser utilizados una serie de equipos, que su elección está determinada por las exigencias de calidad del trabajo, potencia de la capa de escombro, relieve, distancia de transportación, etc. Actualmente los equipos más usados para el arranque-carga en estos yacimientos son las retroexcavadoras hidráulicas con capacidad volumétrica de 4 m³, y camiones articulados de 40 t.

Construcción de los caminos mineros: garantiza el transporte del mineral hasta la fábrica, depósitos o el punto de recepción de mineral. Estos se clasifican en principales o secundarios de acuerdo con el uso a que estén destinados. Los caminos principales tienen una vida relativamente larga, transportan la masa mineral desde los frentes mineros a los puntos de recepción, sirven a varios

frentes de minería. Los caminos secundarios solo sirven a uno o dos frentes mineros.

Extracción y transporte del mineral

Es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que esta se realice exitosamente, pero a la vez está subordinada a las exigencias del proceso industrial y a las condiciones naturales del yacimiento, por lo que se precisa de depósitos de homogeneización que equilibren las fluctuaciones en los volúmenes y la calidad del mineral procedente de los frentes de minería, actualmente se trabaja en la conformación de los mismos y el arranque (extracción) y carga se hacen con excavadoras marca Dragalina de 3 y 5 m³ de capacidad, retroexcavadoras de 4 m³ y el transporte con camiones articulados de 40 t. En los depósitos, además de estos equipos se utilizan camiones rígidos de 60 t y cargadores frontales de 4,4 m³.

El área de extracción y transporte de mineral tiene como objetivo fundamental garantizar la extracción y abastecimiento del mineral bruto desde los diferentes frentes mineros a los depósitos de la mina y al área de recepción y trituración del mismo, permitiendo así la continuidad del proceso fabricación de níquel, constituyendo un importantísimo eslabón el flujo productivo. El punto de recepción y trituración, es controlado por la planta de Secaderos.

Modo de explotación y apertura

El modo de explotación aplicado es el clásico a cielo abierto con la utilización de medios mecánicos. La apertura en forma de trincheras o canales magistrales a todo largo lo largo del talud. Es decir, con el empleo de trincheras principales y el posterior desarrollo de trincheras secundarias dirigidos a los diferentes frentes de trabajo.

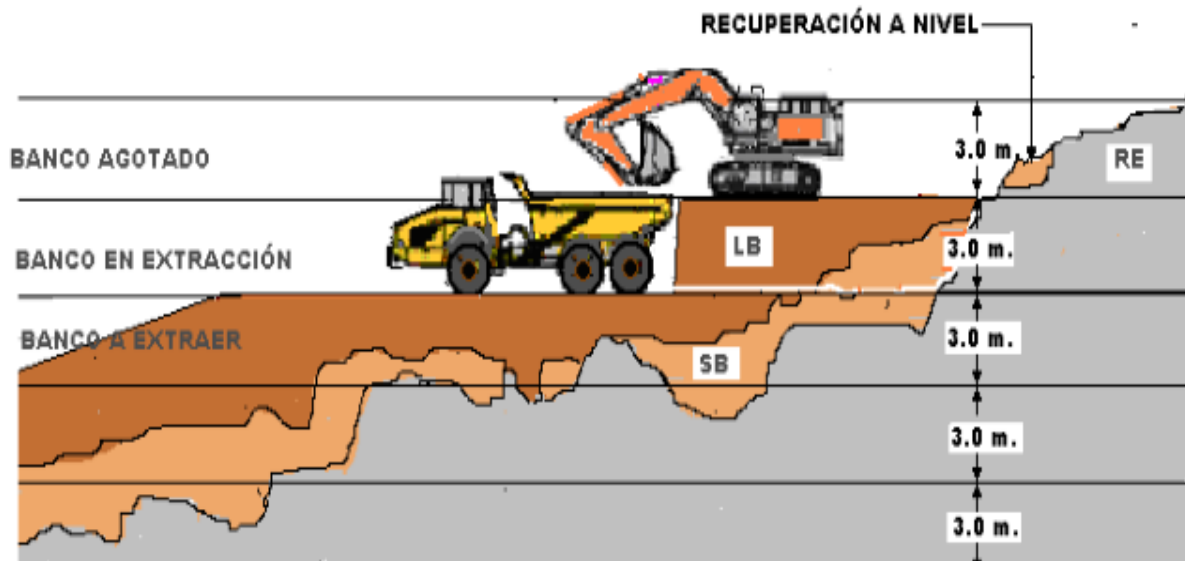
1.3.1 Arranque y carga de mineral

Consiste en extraer del suelo natural el mineral para su posterior transportación a la planta de pulpa o el estéril a la escombrera en dependencia del tipo de mena

que se encuentra, las dos operaciones (arranque-carga) serán realizadas por retroexcavadoras hidráulicas y camiones articulados.

El método de carga que se utilizará es el arranque y carga inferior Ver (figura 1.3), lo que permitirá una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su operación se hace menos compleja.

Figura 1. 3 Esquema de arranque y carga inferior



Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en explotación. UBMinera. 2015.

Destape con retroexcavadora por bancos de 8,3 X 8,3 X 3,0 m; según el modelo de bloques.

El destape con retroexcavadoras por bancos horizontales de 8,3X 8,3X 3,0 m se emplea actualmente para todas las condiciones mineras, con la finalidad de adecuar el destape al modelo de bloques empleado para el cálculo de los recursos y las reservas, este esquema de destape es aplicable en las áreas con relieve relativamente llano y con altas potencias de escombro y mineral, así como contactos regulares entre ambos, (figura1.4).

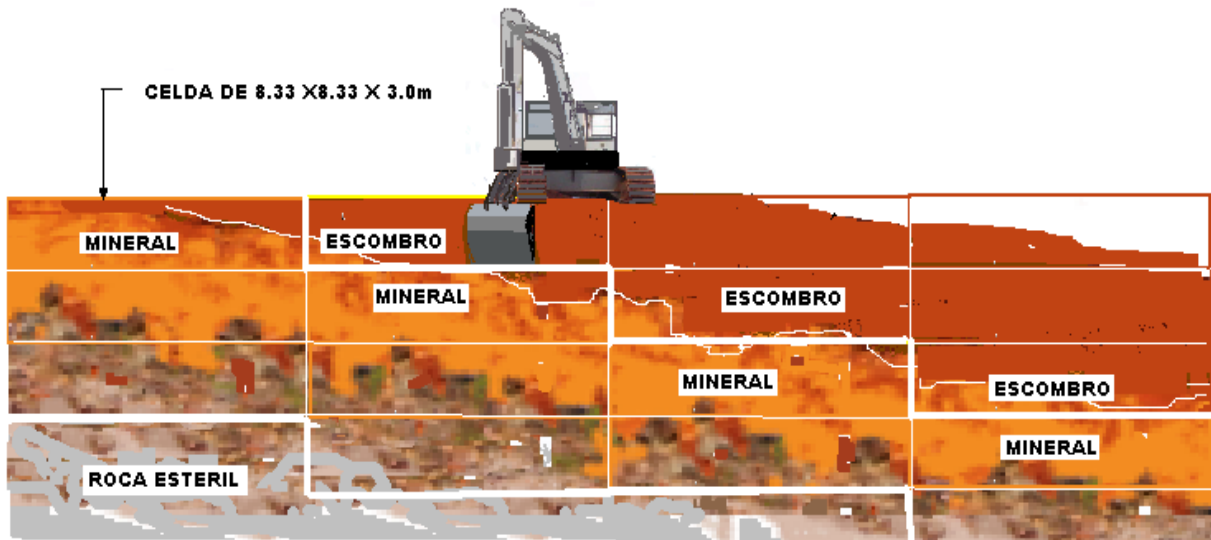


Figura 1. 4 Destape de reservas por bancos en celdas

Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en UBMinera. 2015.

Destape con retroexcavadoras y almacenamiento temporal del material.

El destape de reservas con retroexcavadoras y almacenamiento temporal se puede emplear en todo tipo de terreno, preferiblemente en aquellos en que la potencia del escombros es igual o menor que la altura del cubo de la retroexcavadora, el mismo consiste en mover la retroexcavadora a través de plataformas horizontales, desde donde la misma realiza la extracción de la capa de escombros situada del lado superior de la plataforma, al ancho máximo que permita el alcance de la retroexcavadora, la que depositará el escombros en el borde inferior de la plataforma hasta su evacuación, (figura 1.5).



Figura 1.5 Operación de destape y almacenamiento temporal del material

Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en explotación. UBMinera. 2015.

Destape con retroexcavadoras y saneamiento del contacto con buldócer

El destape se emplea con preferencia en terrenos con pendientes pronunciadas y para potencias de escombros mayores que el radio de giro del cubo de la retroexcavadora.

El equipo se posiciona en una plataforma horizontal coincidente con el borde superior del área y se extrae un escalón inferior hasta que aparezca el mineral, luego se extrae parte de la cuña existente entre el borde del corte y el mineral, pero sin afectar el mineral (figura 1.6).



Figura 1. 6 Operación de destape y saneamiento con buldócer.

Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en explotación. UBMinera. 2015.

Destape con retroexcavadoras con carga directa y almacenamiento

El procedimiento se emplea en terrenos con pendientes suaves y potencias desde la altura del radio de giro de la retroexcavadora hasta varios metros. Para realizar el mismo se comienza la extracción del escombros por todo el borde superior del área, haciendo uno o más bancos hasta que aparezca mineral en el fondo, (figura 1.7)



Figura 1.7 Etapa I, arranque y carga de los bancos hasta llegar al contacto con el mineral

Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en explotación. UBMinera. 2015.

Una vez descubierto el mineral, se procede al saneamiento del mineral extrayendo todo el escombro que quedó en el piso y almacenándolo sobre el escombro in situ, el saneamiento se realizará desde el mineral descubierto hacia el extremo opuesto hasta que por lo menos su potencia sea igual al radio de giro del cubo de la retroexcavadora y se puedan cargar los camiones sin temor a dejar escombro o botar el mineral.

En la figura1.8 se muestran los bancos extraídos hasta llegar al contacto y el saneamiento del piso del banco.



Figura 1.8 Etapa II Saneamiento del contacto y almacenamiento del material.

Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en explotación. UBMinera. 2015.

Luego de terminar el saneamiento del mineral y almacenar el escombro se realiza la extracción del escombro insitu conjuntamente con el almacenado sobre el mismo, (figura 1. 9) Una vez extraído el escalón se repiten las operaciones anteriores.



Figura 1. 9 Etapa III: extracción de un nuevo banco y evacuación del material almacenado.

Fuente: Proyecto de explotación de los yacimientos en explotación. UBMinera. 2015.

1.3.2 Parámetros fundamentales de la explotación

- Altura de banco: la altura de los bancos va a ser siempre constante de 3 m, tanto para el escombro como para la extracción, debido a la altura del camión, la visibilidad apropiada para el operador de la retroexcavadora, mayor estabilidad del talud, menor pérdida y empobrecimiento en los contactos entre menas.
- Ángulo de talud: el talud, por su pequeña altura tendrá una inclinación de 85°.
- Plataforma de trabajo: cuando la carga se realiza desde el banco superior el ancho de la plataforma de trabajo debe estar en un rango mínimo de 8-12 m. Si la carga se realiza en el mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora (a nivel de plataforma) y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, para lograr que el ángulo de arranque y carga del mineral sea de 90° como máximo, lo recomendable es que el ancho mínimo de la plataforma sea de 16 m.
- Berma de seguridad: para alturas de banco de 3 m, se estima una berma de seguridad mínima de 1 m debido a que la altura del banco no es grande y con el objetivo de proveer mejor estabilidad. En ocasiones se hará de 3 m. Mediante estas bermas de seguridad no se podrá tener taludes de gran altura, puesto que existe un riesgo potencial de derrumbe cuando mayor es la altura del talud.
- Características del mineral (peso volumétrico, densidad, y coeficiente de esponjamiento).
- Uso del turno, teniendo en cuenta las interrupciones durante la duración de la jornada.

1.4 Criterios de selección de los equipos

El movimiento de tierra suele ser la primera fase de una obra y es una de las más importantes. Una adecuada elección de la maquinaria es clave para lograr una ejecución eficiente. Esta fase comienza con el arranque del material y finaliza

cuando dicho material es depositado en un lugar adecuado debiendo cumplir una serie de condiciones estipuladas (Blog, 2016).

La elección del equipamiento para el arranque y carga del mineral no se puede hacer por simple analogía con los métodos empleados en otros yacimientos, aunque aparentemente sean similares, si no basado en un estudio de las condiciones específicas de cada yacimiento. Debido a que los equipos que resultan óptimos en determinados yacimientos, en otros aparentemente similares resultan ineficaces incluso puede ser un fracaso total (Blog, 2016).

Blog (2016), plantea que la hora de seleccionar los equipos de excavación según la excavabilidad del terreno, existen diversidad de métodos, como el Método de Romana (que establece una clasificación simplificada de los macizos rocosos), el Método de las Velocidades Sísmicas (que estudia la correspondencia entre la dificultad de excavación y la velocidad sísmica de ondas de compresión y secundarias), el Método de Weaver (que en función de siete factores, espaciamiento entre juntas y velocidad sísmica, determina el grado de ripabilidad de un macizo) o el Método de Scoble y Muftuoglu (que define el índice de excavabilidad en función de cuatro parámetros: alteración por meteorización, resistencia a la compresión simple, separación entre diaclasas y potencia de estratos).

Durante la excavación y carga existen también una serie de factores que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de maquinaria a emplear, como, por ejemplo: las características del material y la dificultad de excavación, de carga o de manejo que presente; el tipo de terreno en el que desarrollará el trabajo; la producción necesaria; el recorrido que se va a realizar; o la colocación y la coordinación de los equipos (Blog, 2016)

Xiribimbi, (1999); Ortiz et al., (2002) y Belete et al., (2003), exponen que la selección de equipos mineros se realiza por diferentes criterios que se resumen: en básicos, en específicos, de servicios y económicos, en los que se incluyen

como variables el método y sistema de explotación, el rendimiento y su productividad, los índices técnico-económico-productivos.

Lopez (1995), plantea que, la etapa de selección de equipos parte de tres grupos de datos básicos (figura 1.10)

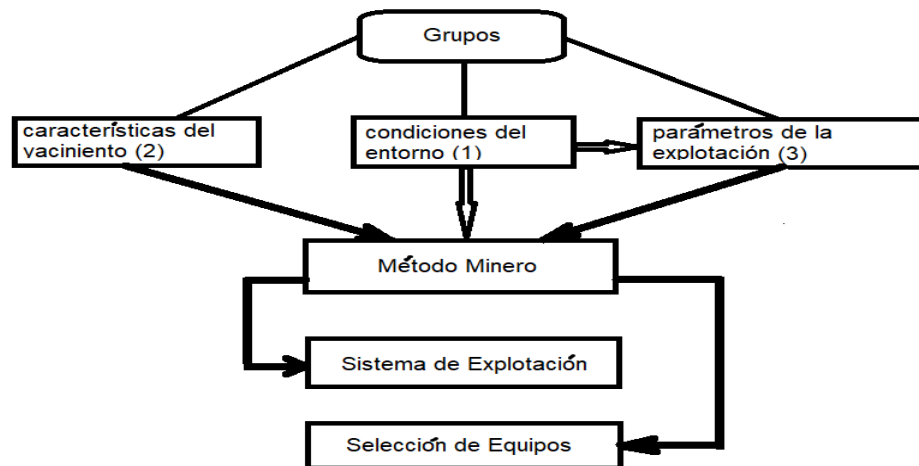


Figura 1. 10 Grupos básicos de partida para la selección de equipos mineros

Fuente: Manual de Arranque Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto

Barreto (2008), plantea que para hacer la selección de equipos de carga y acarreo se debe escoger el tipo apropiado de equipo tamaño y cantidad requerida. Los factores que influyen en la selección de equipos son: producción requerida, distancia de recorrido, espacio de operación, disponibilidad, costo de energía, condiciones de clima, tipo de carga a transportar, vida económica, capital requerido, propiedades físicas de la tierra, resistencia a la rodadura por tipo de vía y gradiente de vía.

García (2008), plantea que en la actualidad el reemplazo está muy relacionado con el costo de mantenimiento y reparación de los equipos y el incremento del mismo está en función del descenso de su rendimiento. En general, la necesidad de reemplazar un equipo no es la misma que para el resto de la flota, también varía de una empresa minera a otra, de acuerdo con las condiciones en la que se desarrolla la explotación.

Los factores que inciden en el reemplazo de la maquinaria tienen estrecha vinculación con las condiciones generales de explotación de los equipos mineros.

La autora además de considerar los factores internos y externos tenidos en cuenta por otros autores Cantillo (1998); Bottini (2008) denomina los factores técnicos y plantea que son los de mayor influencia en el reemplazo de los equipos mineros basado en la experiencia de más de 25 años de explotación.

Factores internos: el capital disponible, la inercia, la ingeniería o cambios tecnológicos y los estados financieros por el cumplimiento de la producción.

Factores externos: la inflación, los estados financieros por el comportamiento de las ventas y la estandarización.

Factores Técnicos: las condiciones y organización de la explotación minera, habilidad y experiencia del personal de operaciones, cumplimiento de las normas de explotación, preparación del personal de servicios técnicos, cumplimiento de los ciclos de mantenimiento y de las reparaciones, Cumplimiento de los términos pactados en los contratos de adquisición de equipos relacionados con los servicios técnicos de la contratación.

Cisneros (2003), en su artículo “Diseño de Explotación a Cielo Abierto”, señala los factores que inciden en la selección de los equipos son los siguiente (tabla 1.8)

Tabla 1. 8 Factores que inciden en la selección de los equipos

| <i>La roca Geología y geo mecánica</i> | <i>Dimensión de labores mineras</i> | <i>Distancia a tritadora</i> | <i>Ventilación drenaje</i> |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <i>Geometría y dirección de la perforación</i> | Área que ocupa el equipo P&V | Dimensiones del equipo de carga y transporte | Dimensión equipo de P&V carga y transporte |
| <i>Perforadora y aceros de perforación</i> | Vehículo de P&V y unidad de posicionamiento | | |

Fuente: Artículo “Diseño de Explotación a Cielo Abierto”

Guilarte (2018) En la tesis “Evaluación del modelo de bloques en función del equipamiento de excavación-carga en el yacimiento Camarioca Este” señala que la selección del equipamiento minero es uno de los factores de mayor importancia en el diseño y productividad de las minas. Es un proceso de toma de decisiones

que requiere el conocimiento de sus especificaciones, funciones, rendimientos, requerimientos, costos, entre otros aspectos y plantea que para la selección del tipo de excavadora influyen factores tales como:

- Tipos de rocas a excavar: las rocas blandas se pueden explotar prácticamente con cualquier tipo de excavadora, las rocas de mayor fortaleza se explotan con palas mecánicas, si la fragmentación es de alta calidad se pueden utilizar dragalinas.
- Condiciones de yacencia del mineral útil y las rocas estériles: en yacimientos horizontales, la altura del banco se toma en correspondencia con la potencia vertical de las capas de mineral y estéril, a partir de esta altura se selecciona la excavadora.
- Productividad de la mina: si la productividad es elevada se deben utilizar equipos potentes y de grandes dimensiones.
- Cantidad de bancos de trabajo en explotación simultánea: este factor es de gran significación durante la explotación de yacimientos abruptos; cuando existe gran cantidad de escalones de trabajo el frente se extiende considerablemente, en este caso la utilización de modelos potentes no es siempre racional, porque el frente de trabajo de cada excavadora exige su traslado de banco en banco; esto último trae como consecuencia la disminución brusca de la productividad del equipo y aumenta su desgaste físico. Por todo ello frecuentemente es necesario trabajar con excavadoras de menores dimensiones. Como se nota, este factor contradice al anterior, por ello la decisión final se toma sobre la base de un análisis técnico económico.

1.4.1 Definición de criterio

Un criterio es una pauta, una norma o un juicio. Una evaluación, por su parte, es un examen o un proceso de calificación (que consiste en asignar un valor según las cualidades).

1.4.2 Los criterios que intervienen en la selección de los equipos son:

- Criterios básicos

➤ Criterios específicos

En un proyecto de nuevo desarrollo, una vez localizado el yacimiento de mineral que se desea explotar y realizados los primeros estudios de viabilidad técnico-económica, en los que ya se habrá contemplado la maquinaria a emplear, la etapa de selección de equipos parte de tres grupos de datos básicos según se muestra en la (figura 1.10).

El primer grupo es el constituido por las condiciones de entorno en las cuales se van a desarrollar las operaciones: altitud, temperatura, precipitaciones, vientos, tipo de terreno, accesibilidad, infraestructura eléctrica, disponibilidad de mano de obra, talleres o bases de los distribuidores de maquinaria, proximidad a áreas habitadas, limitaciones ambientales etc.

El segundo grupo se refiere a las características del depósito mineral:

Estériles interiores a la mineralización y de recubrimiento que son: potencias, naturaleza y grado de consolidación, propiedades geomecánicas, estabilidad de los taludes, ángulo de reposo de los estériles sueltos, mineralización: tipo y forma, espesores, inclinación, propiedades geomecánicas, alterabilidad, hidrología e hidrogeología, otras propiedades de los materiales como: densidades, factores de esponjamiento abrasividad, pegajosidad, etc.

Los parámetros de la explotación son los que definen la geometría de la misma y la organización que se aplicará para llevar a cabo los trabajos: límites de propiedad, dimensiones de la excavación, altura de banco, anchuras de pistas, bermas, etc. organización del trabajo, ritmos de producción, selectividad minera, vida del proyecto, disponibilidad de capital, programa de restauración de terrenos.

La forma y la magnitud con que influye cada grupo en la elección del diseño, el tipo y tamaño de las máquinas son distintas, pero los tres se encuentran interrelacionados.

1.4.3 Criterios específicos que considerar en la selección de equipos

Una vez llevado a cabo las labores de reconocimiento de los materiales a manipular y establecido el contexto general del proyecto, se pasa a la etapa de determinación de los equipos aplicables y selección de la mejor alternativa.

Normalmente, uno de los métodos de selección que se emplea es el de análisis de decisiones por objetivos ponderados, que consiste en fijar unos objetivos o criterios específicos a los que se les asigna un peso relativo en función de su importancia, tanto si estos son cuantificados como si son subjetivos. Para cada una de las alternativas o máquinas consideradas se estiman calificaciones parciales o probabilidades de obtención de cada objetivo, calculándose a continuación la utilidad relativa o puntuación total para cada equipo.

En este sencillo método, se introduce cierta subjetividad al fijar una sola persona los pesos relativos de cada criterio, que puede eliminarse en gran parte si se realiza dicha tarea por un grupo de técnicos y se dispone de datos históricos con los que validar el modelo colectivo de autores López. J Manglano. A Toledo S. (1995).

Los criterios específicos a los que se debe hacer referencia se subdividen en:

1. Criterios de rendimiento
2. Criterios de diseño
3. Criterios de servicios
4. Criterios económicos

Los criterios de rendimientos pueden incluir conceptos, según las maquinas, como las siguientes: capacidad de producción, fuerzas de excavación o arranque, esfuerzo de tracción, tiempos de ciclo, alturas de excavación, altura de descarga o vertido, alcance, presión sobre el terreno, radio de giro, velocidad de desplazamiento, capacidad para remontar pendientes, etc.

El segundo grupo se refiere a los parámetros de diseño: potencia total, vida en servicio, peso, dimensiones, robustez, estabilidad, altura sobre el suelo,

configuración básica (geometría, complejidad, construcción modular), componentes (intercambiabilidad de conjuntos, vida de componentes, etc), facilidad de mantenimiento, facilidad de reparación, limitaciones por altitud y temperatura, niveles de ruido, generación de polvo, esfuerzo requerido por el operador, seguridad y visibilidad del operador, potencia absorbida y características del sistema de transmisión, mecánico, eléctrico o hidráulico, fuente de energía primaria, sistema de diagnóstico y control, protecciones de elementos, equipo extintor de incendios, accesorios y equipos opcionales, el apoyo y calidad del servicio de los fabricantes o distribuidores, el tiempo de envío de repuestos principales.

Los criterios de servicio deben tener en cuenta: la maquinaria auxiliar que se requiere, los repuestos necesarios en almacén, la frecuencia de servicio que se precisa, la posibilidad de realizar el mantenimiento en campo o en el taller, el adiestramiento o cualificación del personal de mantenimiento, la dotación de herramental del taller, el porcentaje de mantenimiento exterior, las instalaciones auxiliares que se necesitan, la estandarización de componentes.

Por último, los criterios económicos incluyen: los costos de propiedad, amortizaciones, intereses, seguros e impuestos, los costos de operación, mano de obra, energía, repuestos, reparaciones, lubricantes, etc. el precio de adquisición y el valor residual, maquinaria básica, accesorios y complementos, transporte y montaje.

1.4.4 Indicadores técnico -productivos de los equipos mineros

Productividad

Es la producción real por unidad de tiempo cuando todas las eficiencias y factores de gestión se han considerado (tons/hombre-turno)

La productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida, Santiago (2012) (Lores, 2017), es decir, indica el número de unidades de trabajo que produce el equipo en una hora. Esto no es una cantidad fija para un equipo dado,

sino que depende principalmente de las condiciones de trabajo y de la dirección del mismo, así como la destreza del operador, de su persistencia y de la coordinación con las demás fuerzas de construcción. Shkiliovaet (2003), Guerra (2012) Santiago (2012), García (2013), (2014), (Leyva, 2018), (Olazabal, 1983).

Disponibilidad de los equipos de excavación – carga

En investigaciones como Uzcátegui (2014), García (2013), Augusto (1999), Tamborero (1992), Cabrejos (2012), Lores (2017) expresan que la disponibilidad, objeto principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que se le realiza mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente.

En las investigaciones analizadas se puede constatar que este índice de fiabilidad se expone solamente para la planificación del sistema de mantenimiento y no se demuestra la vinculación con los parámetros de explotación e indicadores de rendimiento

Producción: es el volumen o peso de material a ser manejado en una operación específica.

- Mineral (en unidades de peso)
- Estéril (en unidades de volumen)
- Las unidades son generalmente por año

Utilización: es la porción de tiempo disponible que la máquina está cumpliendo la labor para la cual fue diseñada

Tiempos o ciclos de trabajo: el ciclo de trabajo que se usa para una operación, se refiere a los pasos repetitivos o componentes de trabajo que el equipo seleccionado hace una y otra vez para ejecutar la operación. En el caso de la extracción de mineral o escombros, el ciclo primario de trabajo se compone de: la excavación, el acarreo, el vaciado y el regreso a la excavación, según Da Mata (2017).

En la explotación de los yacimientos lateríticos, es utilizado el conjunto retroexcavadora – camión; además de los equipos auxiliares para el resto de las operaciones de preparación minera. Cada equipo ejecuta su ciclo de trabajo independiente, y se relacionan en: la obtención del destino final del material, la preparación y ejecución de las labores en la minería. La relación de las labores que realizan los equipos mineros se ilustra en la (figura 1.11).

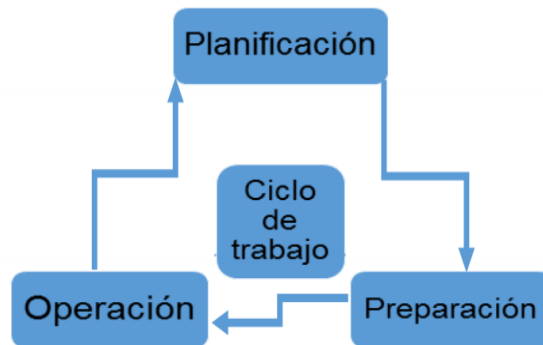


Figura 1. 11 Representación esquemática de las operaciones mineras.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el ciclo de trabajo se estudiará tomando el tiempo como base. Este ciclo se reduce en las retroexcavadoras en los tiempos de las operaciones que relacionan en la (Figura 1.12).



Figura 1. 12 Maniobras del ciclo de trabajo de las retroexcavadoras

El ciclo de trabajo de la Dragalina consta de seis fases: lanzamiento del cubo de extracción, arrastre y carga del cubo, elevación del cubo, giro de la plataforma, descarga, giro a la posición inicial.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

2.1 Introducción

Los indicadores técnicos- productivos de los diferentes equipos mineros son los indicativos para valorar el funcionamiento de los mismos, estos generalmente se expresan y se determinan por las indicaciones establecidas en los catálogos de los fabricantes y bibliografías. Estos indicadores influyen directamente en los diferentes criterios de selección de los equipos que participan en el proceso de extracción y la carga del material que se extrae de los yacimientos.

En este capítulo se plantea como objetivo, evaluar técnicamente la tecnología de extracción-carga utilizada en la UBMinera, así como el cálculo de la productividad en relación con otros indicadores, para la identificación de los parámetros de selección del equipamiento minero.

2.2 Parámetros técnicos de los equipos arranque y carga

2.2.1 Explotación técnica del equipamiento de excavación-carga

La retroexcavadora hidráulica: capacidad de la cuchara 6,2 m³; motor con funcionamiento en cuatro tiempo, inyección directa, turboalimentado y emisiones reducidas al medio ambiente, filtro de aire seco con separador previo, consulta digital del estado de funcionamiento mediante menú, control automático de alerta acústica y óptica, función de memoria de fallos y climatización por aire fresco (VOLVO, 1997, 2003 y 2011 (García, 2014)).

En la figura 2.1 se demuestra la retroexcavadora Volvo actualmente en funcionamiento, y en la tabla 2.1 los principales parámetros tecnológicos de los equipos de excavación – carga que se encuentra trabajando en la UBM.



Figura 2.1 Retroexcavadora volvo

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas de las retroexcavadoras hidráulicas sobre esteras

| MODELO | BRAZO | MOTOR | POTENCIA | CANTIDAD DE CILINDROS | FUERZA DE TRACCIÓN MÁXIMA |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| VOLVO EC 950EL | 3,55 m / 4,2 m | D16E | 450KW/ 1800 r/min | 6 | 453 kN |
| VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMA | ALTURA MÁXIMA DE DESCARGA | ALCANCE MÁXIMO DE AVANCE | FUERZA MÁXIMA DE EXCAVACIÓN | PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN MÁXIMA | PLUMA |
| (1ª/2ª) 3,0/4,4 km/h | 9,20 m | 13,28 m | 468 kN | 8,95 m | Monobloque de 7,7 m |

Fuente: Manual de explotación de las retroexcavadoras

2.2.2 Características del diseño de la Dragalina ESH 6/45 y esfera de aplicación:

Las dragalinas son equipos diseñados para realizar excavaciones profundas en sitios con terrenos suaves o con alta humedad donde se dificulta el movimiento de otros equipos de arranque y de los de transporte del material, así como para el destape en las minas a cielo abierto donde sea posible depositar el material dentro del espacio minado con anterioridad.



Figura 2.2 Excavadora dragalina

Tabla 2. 2 Especificaciones técnicas de la dragalina

| <i>Tipo de equipos</i> | <i>Excavadoras dragalinas rusas</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Modelo</i> | 3Щ 6/45М |
| <i>Vida Útil actual</i> | 34 años |
| <i>Tiempo de trabajo</i> | Entre 80 a 120 hrs |
| <i>Capacidad de la cuchara</i> | de 5 a 6 m ³ . |
| <i>Ciclo de descarga para angulo horizontal de carga</i> | de 135º: 45 segundos. |
| <i>Inclinación logitudinal al desplazamiento</i> | 8º |
| <i>Inclinación transversal al desplazamiento</i> | 3º |
| <i>Corriente de alimentación</i> | 6000 kv |
| <i>Frecuencia</i> | 600 GHz |
| <i>Radio maximo de excavación</i> | 45 m |
| <i>Profundidad de excavación</i> | 22 m |
| <i>Altura máxima de descarga</i> | 27,5 m |
| <i>Carga máxima tolerable al extremo del aguilón</i> | 132 kN |
| <i>Valor de la potencia media consumida por la excavadora durante el trabajo</i> | 500 kW |
| <i>Masa contractiva de la excavadora sin piezas de repuesto y contrapeso</i> | 295 T |
| <i>Motores de corriente directa</i> | |
| <i>Longitud del aguilón</i> | 45 m |

Fuente: Manual de explotación de la Dragalina

2.2.3 Selección de los equipos de excavación-carga en la empresa comandante Ernesto Che Guevara. Criterios que se tomaron en cuenta:

La selección de los equipos de excavación-carga en la UBMinera ha transitado por 3 etapas.

1^{ra} etapa

Apertura de los yacimientos Punta Gorda con el empleo de excavadora Dragalina andante (SOVIÉTICAS) para el escombreo y la minería.

2^{da} etapa

Apertura y minería de los yacimientos Yagrumaje Norte y Yagrumaje Sur, además de la continuidad de la minería en yacimientos Punta Gorda. En esta etapa se utilizaron excavadora dragalina andante y retroexcavadora hidráulica sobre estera marca (LIEBHERR y VOLVO), y se introduce la minería por banco.

3^{era} etapa

Apertura de Camarioca Este, continuidad en los yacimientos Yagrumaje Norte, Yagrumaje Sur y Punta Gorda.

Con la utilización de retroexcavadora hidráulica (LIEBHERR y VOLVO) y se introduce la XCMG fabricada en china y dragalina para los yacimientos Punta Gorda, Yagrumaje Norte y Camarioca Este – 3 áreas todas para la minería y escombreo, y se introduce la minería por banco.

Los criterios de selección para este equipamiento fueron los criterios básicos y los específicos como se muestra en la siguiente tabla (2.3).

La secuencia de apertura de los yacimientos trajo consigo la introducción de diferentes tecnologías de diseño (retroexcavadoras hidráulicas), manteniendo los mismos elementos de diseño. El criterio de potencia se mantuvo solo en los yacimientos con zonas de alta potencia de mineral (por encima de 12 m) para utilizar la dragalina. Además, para selección de los equipos con nuevas

tecnologías, se tuvo en cuenta algunos criterios específicos por la similitud con los yacimientos de la empresa Pedro Soto Alba y prevalecieron los criterios económicos y de servicios. (Tabla 2.3)

Criterios de selección tenidos en cuenta en la selección de los equipos de excavación-carga

Tabla 2. 3 Criterios de selección tenidos en cuenta

| Criterio Básicos | Parámetros | Yacimientos | | |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| | | Yagrumaje Sur | Yagrumaje Norte | Camarioca Este |
| | | Retroexcavadora | Dragalina | Retro-Draga |
| <i>Primer Grupo</i> | Está constituido por las condiciones de entorno en las cuales se van a desarrollar las operaciones | Sí | Sí | Sí |
| <i>Segundo Grupo</i> | Se refiere a las características del depósito mineral | Sí | Sí | Sí |
| <i>Tercer Grupo</i> | Los parámetros de la explotación son los que definen la geometría de la misma y la organización que se aplicara para llevar a cabo los trabajos | Sí | Sí | Sí |
| Criterio Específicos | Parámetros | Yacimientos | | |
| | | Yagrumaje Sur | Yagrumaje Norte | Camarioca Este |
| | | Retroexcavadora | Dragalina | Retroexc-Dragalina |
| <i>Primer Grupo</i> | Criterio de rendimiento pueden incluir conceptos, según las maquinas | Sí | Sí | Sí |
| <i>Segundo Grupo</i> | Se refiere a los parámetros de diseño | Sí | Sí | Sí |
| <i>Tercer Grupo</i> | Criterios de servicios | Sí | Sí | Sí |
| <i>Cuarto grupo</i> | Criterio económico | Sí | Sí | Sí |

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Procedimiento para realizar la normación del ciclo de trabajo en la excavación-carga de masa minera

La normación del ciclo de trabajo en la excavación-carga de masa minera se establece a partir de la secuencia siguiente:

La realización de la fotografía de la jornada laboral; donde la fotografía está proyectada en función al tiempo de realización de los trabajos en el frente de carga, de la siguiente forma:

- Tomar cinco muestras fotográficas de la jornada laboral en cada turno de trabajo en las operaciones que se encuentre realizando la máquina.
- Tener en cuenta las condiciones climatológicas en casos de: turno de día, seco y con lluvia; turno nocturno, seco y con lluvias.
- Realizar la documentación de cada operación y cada interrupción que se produzca en el turno.
- Medir una misma retroexcavadora durante los días, que duren las fotografías, la cual se tomará como representativo del turno y del modelo de la misma.

Las operaciones realizadas por los equipos de excavación-carga a normar son:

- Extracción en el frente de carga (banco).
- Escombreo o destape de reservas.

Preparación para la normación de los tiempos de trabajo de los equipos mineros.

Para la certificación de los tiempos del ciclo de llenado y la capacidad de carga de retroexcavadoras procede de la siguiente forma:

1. Preparación del área para hacer la trinchera: Se hace un corte en el terreno lo más horizontal posible, en una superficie no menor de 10 x 20 m y se le realiza un levantamiento topográfico tomado puntos cada 5 m.
2. Extracción del material de la trinchera: Cuando se realiza el levantamiento topográfico del área se comienza la operación de extracción del material para tomar la muestra como base de la fotografía, para lo cual se seguirán las siguientes etapas:

Etapas 1

- Se realiza la extracción de una trinchera a todo lo largo del área seleccionada para la extracción de la muestra, en la que el borde exterior de la misma coincida con el eje del desplazamiento de la retroexcavadora, esta trinchera se ampliará hacia adentro todo el ancho que permita realizar

el corte uniforme del fondo y los bordes y además se llena completamente, figura 2.3

- En todos los casos llena totalmente el cubo y se evita que quede material suelto en el fondo de la excavación o se produzcan derrames del mismo durante la carga de los camiones.
- Se comienza el trabajo con la cama del camión limpia y la misma no se limpiará hasta que comience a derramarse el material, se contará cada cuantos viaje hay que limpiar la cama de los camiones y qué tiempo se emplea en hacerlo.
- Se contabilizan todos los viajes, así como el tiempo empleado en el llenado.
- Se especifica el tipo de litología extraída y las condiciones de humedad del material de forma simplificada, seco, medianamente húmedo y muy húmedo.

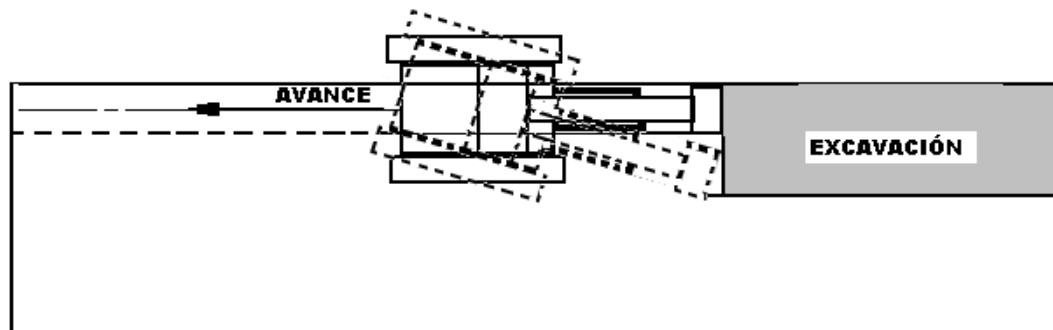


Figura 2.3 Etapa 1: Inicio de la trinchera

Etapa 2

- Al llegar al final del área a extraer, se hace un giro a 90° y se conforma una trinchera perpendicular al borde anterior, la cual se prolongará hasta la otra esquina del área a extraer, figura 2.4.

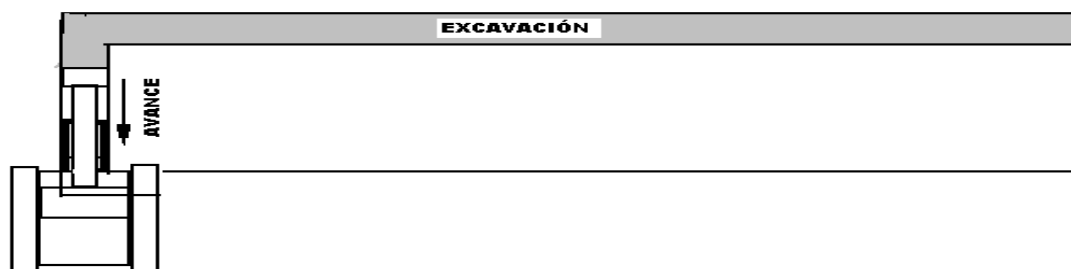


Figura 2.4 Etapa 2: Corte perpendicular de la trinchera

Etapa 3

- Al llegar al extremo del área se hace otro giro a 90° y se coloca la retroexcavadora de tal forma que el eje de la misma coincida con el borde exterior de la excavación.
- Se desplaza la retroexcavadora, y se hace un corte vertical por el borde y se recoge el material del centro de la excavación.
- Se logra que el ancho del corte interior debe permita el llenado completo del cubo y que el fondo quede lo más nivelado posible, figura 2.5.

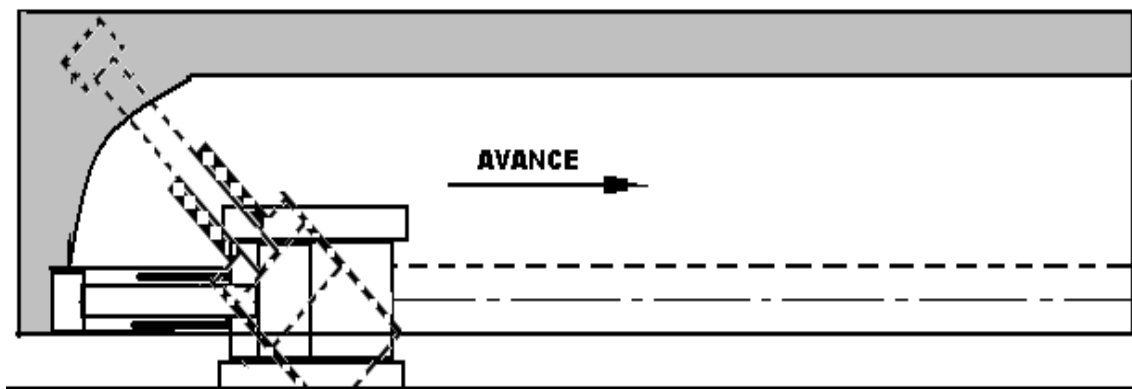


Figura 2. 5 Etapa 3, conformación del borde y extracción del núcleo

Etapa 4

Al llegar la final de la excavación se conforman las esquinas de la misma, y se logra que los cortes en la esquina queden verticales y a la profundidad de la excavación, figura 2.6.

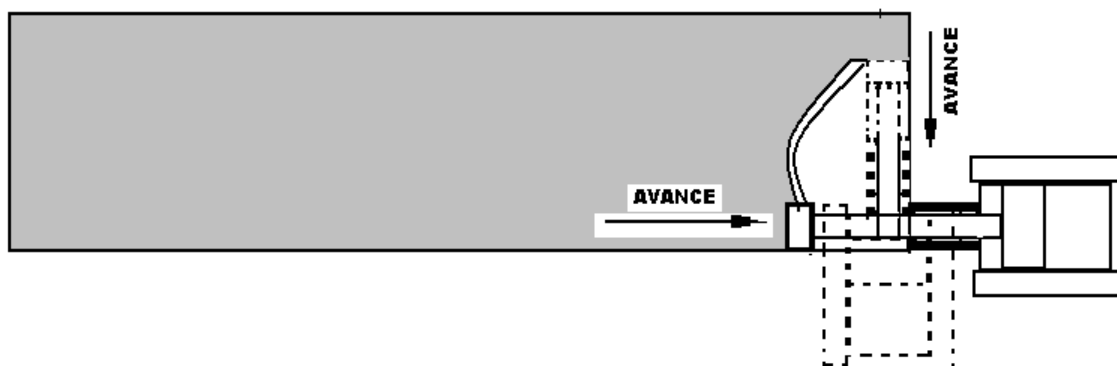


Figura 2.6 Etapa 4: Extracción y conformación de la última esquina.

Al concluir los trabajos de normación de los tiempos mediante la realización de las fotografías de la jornada laboral, se realiza la validación del ciclo de trabajo, a

partir de una prueba de hipótesis para las muestras tomadas durante las operaciones del laboreo minero, el escombreo y la extracción.

2.2.5 Cálculo de los indicadores de rendimiento

El nivel de rendimiento es una medida que indica si el equipo funciona a los máximos niveles esperados. Es posible que un equipo tenga una alta disponibilidad, sin embargo, debido a problemas técnicos no puede operar con el nivel de eficiencia más alto posible.

- Capacidad real del cubo de la retroexcavadora

$$Cc = \frac{Vs}{qc}; (m^3) \quad (2.1)$$

qc - cantidad de cubos extraídos durante la excavación. OICP, OISP.OEF.

- Productividad de las retroexcavadoras

La productividad de las retroexcavadoras depende de: la dimensión del cucharón, la longitud de la pluma, la profundidad de excavación, la potencia del motor, el tipo de suelo (dureza, granulometría, forma de partículas, contenido de humedad), la habilidad del operador, etc.

$$Qt = \frac{3600 * E}{Tc}; (m^3/h) \quad (2.2)$$

Dónde: E; capacidad de la cuchara, m³. Tc; tiempo de ciclo de la excavadora, s.

- Producción por ciclo (q)

Es igual a la capacidad colmada del cucharón. Este dato se obtiene del manual del fabricante, o directamente de las dimensiones del cucharón.

- Duración del ciclo (s)

El índice de disponibilidad es la relación entre las horas disponibles y las horas hábiles totales. y se define por la siguiente ecuación:

$$ID = \frac{HD}{HH}; [h] \quad (2.1)$$

Índice de utilización: este indicador muestra la utilización de los equipos partiendo de la relación de las horas efectivas de producción del equipo y las posibles horas imprevistas a partir de la ocurrencia de las fallas.

$$IU = \frac{HE}{HE+HI}; [h] \quad (2.2)$$

Productividad horaria o rendimiento efectivo: propicia conocer el rendimiento a partir de la producción obtenida durante las horas de trabajo efectivas que desarrolla el equipo de excavación, con lo que se obtiene el rendimiento efectivo relacionando las horas trabajadas diariamente sin las averías.

$$\mathfrak{R} = \frac{P}{HE}; [t/h] \quad (2.3)$$

Donde

P : Producción; (t)

Eficiencia productiva: es el índice que muestra la eficiencia que presentan los equipos de excavación teniendo en cuenta la relación, producción de la máquina y las horas planificadas en el periodo, las horas para el mantenimiento, las horas en que pueden ocurrir averías y el rendimiento efectivo de la máquina.

$$EP = \frac{P \cdot 100}{HH - (HM + HI) \cdot \mathfrak{R}}; [\%] \quad (2.6)$$

Dónde:

HM : Horas de mantenimiento, (h)

Esta metodología propicia fundamentalmente la valoración de los equipos en la parte económica y su rendimiento, evaluando mediante la factibilidad; el costo de operación, rendimiento operacional y su índice de operacionabilidad; para conocer y evaluar la disponibilidad, el aporte del equipo al plan de producción de la empresa.

2.2.6 Indicadores para el cálculo de la productividad de los equipos de arranque-carga

Tabla 2 4 Parámetros de diseño de los equipos de arranque-carga indicados en los proyectos de explotación

| Indicadores | U/M | Retroexcavadoras | Dragalina |
|-------------------------------------------------|----------------|-------------------------|------------------|
| <i>Volumen nominal de la cuchara</i> | M ³ | 6 | 6 |
| <i>Coeficiente de llenado de la cuchara</i> | s/u | 1 | 0,95 |
| <i>Coeficiente de esponjamiento</i> | s/u | 1,3 | 1.32 |
| <i>Tiempo de ciclo</i> | Seg | 25,5 | 0,55 |
| <i>Tiempo de espera, cambio y preparación</i> | Seg | 19 | 19 |
| <i>Coeficiente de aprovechamiento del turno</i> | s/u | 0,8 | 0,935 |
| <i>Coeficiente de afectación por lluvias</i> | s/u | 0,9 | 0,869 |
| <i>Disponibilidad mecánica</i> | s/u | 0,83 | 0,627 |
| <i>Eficiencia general</i> | s/u | 0,6 | 0,455 |
| <i>Duración del turno</i> | horas | 12 | 12 |
| <i>Cantidad de turnos</i> | u | 2 | 2 |
| <i>Días calendarios</i> | U | 365 | 365 |
| <i>Irregularidad de las operaciones mineras</i> | s/u | 0,95 | 0.9 |

Fuente: Proyectos de explotación

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La explotación de los equipos de excavación – carga se encuentra en relación a las características de relieve y geológicas de los yacimientos. Los parámetros de explotación se ajustan con las condiciones del yacimiento, por tanto, el cumplimiento de los indicadores técnicos productivos a partir de la planificación de las horas hábiles y disponibles para el desarrollo de las operaciones del laboreo minero es significativo. Estas cuestiones influyen de manera en la selección del equipamiento a utilizar durante la explotación de los yacimientos lateríticos.

El objetivo de este capítulo es analizar la influencia de los principales indicadores técnicos productivos en los criterios de selección del equipamiento de excavación –carga que se explotan en los yacimientos lateríticos.

3.1. Evaluación de los resultados de la extracción del área 28 con excavadora Dragalina

Debido a los atrasos en la evacuación de las líneas eléctricas, los frentes de minería del yacimiento Yagrumaje Sur planificados para ser extraídos con Dragalina ESH 545, por lo que fue necesario incrementar la participación del yacimiento Camarioca Este para mantener la calidad del Hierro en los rangos que requiere el proceso; situación que se mantiene actualmente.

En el yacimiento Camarioca Este predominan las áreas con bajas potencias, donde la extracción con retroexcavadoras hidráulicas sobre esteras resulta ventajosa, existen algunas áreas que por las características geólogo-mineras (condiciones naturales del terreno, relieve, potencia melífera, características de las menas y la presencia de alta humedad, con excepción del relieve con pendiente cercanas al 10 %), permiten la extracción con excavadoras dragalinas con ventajas sobre la retroexcavadoras, como es el caso del: el área 28, el flanco oeste del área 33 y del área 4.

La inclusión de la extracción del área 28 con Excavadora Dragalina, incrementa la extracción en yacimiento Yagrumaje Norte y la inclusión de los remanentes

disponibles en el yacimiento Yagrumaje Oeste, facilita mantener la demanda de mineral a la ECG.

Comparación de los resultados de la minería en las áreas 1 y 28

En el Área 28 con la utilización Excavadora Dragalina, a pesar de la realización de trabajos con condiciones de alta humedad, se pudo agotar el grueso de los recursos del área, quedando pendiente el 7.3 %. La ubicación de excavadora dragalina en los bordes, pone en peligro la dotación de la misma (operador y ayudante) y al propio equipo, razones que impidieron acceder a parte de los recursos existentes en el trayecto de la misma, (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Comportamiento del agotado con relación a los recursos originales áreas 1 y 28

| ÁREA | TIPO DE MENA | RECURSOS ORIGINALES(t) | AGOTADO | | RECURSOS AGOTADO (%) | PORCENTAJE DE RECURSOS | PORCENTAJE DE RECURSOS |
|------|--------------|------------------------|----------------|---------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| | | | DECREMENTO (t) | EXTRACCIÓN + PÉRDIDAS (t) | | REMANENTE (%) | REMANENTE (%) |
| 28 | LB | 524879 | 41888 | 467909 | 15082 | 97,13 | 2,87 |
| | SB | 154673 | 31514 | 87266 | 35893 | 76,79 | 23,21 |
| | LB+ SB | 679552 | 73402 | 555175 | 50975 | 92,5 | 7,5 |
| 1 | LB | 220891 | 2456 | 210219 | 8216 | 96,28 | 3,72 |
| | SB | 8398 | 0 | 3914 | 4484 | 46,61 | 53,39 |
| | LB+ SB | 229289 | 2456 | 214133 | 12700 | 94,46 | 5,54 |

Fuente: Proyectos de explotación

Área 1 con la utilización Retroexcavadora hidráulica: en esta área se trabajó en condiciones óptimas para las mismas, extrayendo todo el mineral, quedando pendiente por balance un 5.54 %.

El aprovechamiento de los recursos del área 28, después de descontarles los decrementos y sin incluir lo que pueda recuperarse de los remanentes es de un 92.5 %. La recuperación de los remanentes incrementará en porcentaje de aprovechamiento, pero no alcanzará los niveles logrados en el área 1, ya que esta área no tiene prácticamente mineral limonítico (LB), con solo el 3.66 % de serpentina de balance (SB) de los recursos originales, mientras que el área 28 tiene un 22.76 % de SB en los recursos originales y es precisamente esta mena la

de más dificultades para el contorneo del banco lo que puede conducir a pérdidas
(Tablas 14 y 15)

Tabla 3.2 Aprovechamiento de los recursos corregidos en las áreas 1 y 28

| ÁREA | TIPO DE MENA | RECURSOS ORIGINALES(t) | DECREMENTO (t) | RECURSOS CORREGIDOS (t) | EXTRAIDOS (t) | APROVECHAMIENTO (%) |
|------|--------------|------------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------------------|
| 28 | LB | 524879 | 41888 | 482991 | 467108 | 96,71 |
| | SB | 154673 | 31514 | 123159 | 87266 | 70,86 |
| | LB+ SB | 679552 | 73402 | 606150 | 554374 | 91,46 |
| 1 | LB | 220891 | 2456 | 218435 | 210219 | 96,24 |
| | SB | 8398 | 0 | 8398 | 3914 | 46,61 |
| | LB+ SB | 229289 | 2456 | 226833 | 214133 | 94,4 |

Fuente: Proyectos de explotación

Tabla 3.3 Actualización de los recursos de las áreas: 28 y 1

| ÁREA | TIPO DE MENA DE | RECURSOS ORIGINALES (t) | AGOTADO | | PORCENTAJE DE RECURSOS REMANENTES (t) | PORCENTAJE DE RECURSOS AGOTADOS (%) | OBSERVACIONES |
|------|-----------------|-------------------------|----------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| | | | DECREMENTO (t) | EXTRACCIÓN + PERDIDAS (t) | | | |
| 28 | LB | 524 879 | 41 888 | 467 909 | 15 082 | 97,13 | Remanentes |
| | SB | 154 673 | 31 514 | 87 266 | 35 893 | 76,79 | Recuperables |
| | LB+ SB | 679 552 | 73 402 | 555 175 | 50 975 | 92,5 | Parcialmente |
| 1 | LB | 220 891 | 2 456 | 210 219 | 8 216 | 96,28 | Remanentes |
| | SB | 8 398 | 0 | 3 914 | 4 484 | 46,61 | No |
| | LB+ SB | 229 289 | 2 456 | 214 133 | 12 700 | 94,46 | Recuperables |

Fuente: Proyectos de explotación

No se pudo realizar la comparación de los resultados cuantitativos finales de la extracción con el área 15, donde la extracción se realizó con retroexcavadora en iguales condiciones de extrema humedad, lo que obligó a concentrar la misma en los sectores, con menor cantidad de SB en el perfil para facilitar el acceso de los camiones al frente, esta medida permitió mantener activo dicho frente, en la tabla 3.4 se puede observar que los recursos remanentes del área 15 tienen un alto porcentaje de SB, lo que demuestra que el área 28 que tiene alto porcentaje de SB y no se hubiese podido extraer con retroexcavadora, bajo las condiciones de lluvias intensas en que se realizó con la dragalina.

Tabla 3.4 Actualización de los recursos de las áreas: 28 y 1.

| AREA | TIPO DE MENA | RECURSOS ORIGINALES (t) | AGOTADO | | RECURSOS AGOTADOS (%) | PORCENTAJE DE RECURSOS AGOTADO (%) | PORCENTAJE DE RECURSOS REMANENTE (%) |
|------|--------------|-------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | DECREMENTO (t) | EXTRACCIÓN + PÉRDIDAS (t) | | | |
| 28 | LB | 524879 | 41888 | 467909 | 15082 | 97,13 | 2,87 |
| | SB | 154673 | 31514 | 87266 | 35893 | 76,79 | 23,21 |
| | LB+ SB | 679552 | 73402 | 555175 | 50975 | 92,5 | 7,5 |
| 15 | LB | 767179 | 92586 | 509252 | 165341 | 78,45 | 21,55 |
| | SB | 142239 | 3288 | 28317 | 110634 | 22,22 | 77,78 |
| | LB+ SB | 909418 | 95874 | 537569 | 275975 | 69,65 | 30,35 |
| | LB | 220891 | 2456 | 210219 | 8216 | 96,28 | 3,72 |
| 1 | SB | 8398 | 0 | 3914 | 4484 | 46,61 | 53,39 |
| | LB+ SB | 229289 | 2456 | 214133 | 12700 | 94,46 | 5,54 |

Fuente: Proyectos de explotación

3.2 Evaluación de los resultados de la extracción con retroexcavadora

El comportamiento de las retroexcavadoras está altamente influenciado por la potencia del escombro y el mineral, la topografía, la sinuosidad de los horizontes, las condiciones de operación, entre otros factores.

El destape y la extracción se realizan por bancos horizontales, mientras que la frontera entre el mineral y el estéril es como regla un plano inclinado, por tal motivo siempre que se trabaja en los contactos se deja escombro en el mineral y se extrae mineral con el escombro.

Durante la extracción del mineral se han logrado productividades altas para la retroexcavadora, alcanzándose un real de 166,6 t/h, de un plan de 105,9 t/h, para un 157,3% de cumplimiento; esto evidencia un buen comportamiento y que ha habido eficiencia en las operaciones. Por el contrario, para el escombreo no se han logrado buenos resultados, obteniéndose una productividad real de 108 m³/h en el año 2017, de un plan de 372,1 m³/h, para cumplimiento de 29,0%; esto está dado por la necesidad de realizar el destape con sumo cuidado para evitar pérdidas y dilución considerables. Las bajas potencias de escombro superior han influenciado mucho en este comportamiento.

Las retroexcavadoras que operan en la mina están realizando la extracción y el destape con cubo de 4,3 m³ de capacidad, el cual no se corresponde para las potencias bajas (entre 1 y 2 m), debido a ello, si no se realizan estas operaciones con precaución, se incurre en las pérdidas y dilución que trae consigo la disminución de la calidad del mineral. Además, asociado a esto, también está el alcance de excavación que tengan estos equipos.

El uso de las retroexcavadoras en la explotación de los yacimientos lateríticos trae consigo ventajas y desventajas, por lo que hay que considerar estas para lograr un uso eficiente y mayor rendimiento de estos equipos de arranque-carga.

Ventajas:

- Mayor selectividad del mineral, debido a su astil rígido, tiene un ataque al mineral más preciso que la Dragalina.
- Alta movilidad.
- Trabaja en cualquier tipo de relieve y potencia.
- Aumenta el volumen del mineral extraído por su carga continua a causa de un menor ciclo que la Dragalina.

Desventajas:

- No permite la mezcla del mineral en los frentes.
- No es recomendable su utilización donde existe alta humedad.
- No es recomendable su utilización cuando el relieve es accidentado y no haya intercalaciones de gabros

3.3 Estado técnico actual de los equipos de excavación y carga que realizan los trabajos de excavación-carga en los yacimientos Yagrumaje Sur, Yagrumaje Norte y Camarioca Este

Los equipos mineros trabajan continuamente en régimen de 24 horas los 365 días del año, estos generalmente sufren desgastes prematuros por las difíciles condiciones en las que desarrollan su labor, y por lo tanto presentan una tasa de fallas crecientes, el mantenimiento preventivo puede incrementar la confiabilidad

de las operaciones en gran medida, pero se constatar que el paso del tiempo provoca, el envejecimiento de sus partes que a su vez causan averías que derivan grandes y continuos problemas de disponibilidad.

Tabla 3.5 disponibilidad técnica de los equipos

| VOLVO | Puesta en Marcha | Reparaciones | Horas de operación | Actualmente |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|
| <i>Sigla RE- 1472</i> | En el año 2018 | No se ha reparado | Más de 22 000 h | Buen estado |
| <i>Sigla RE- 1518</i> | En el año 2019 | No se ha reparado | Sin actualización | Buen estado |
| <i>Sigla RE- 1519</i> | En el año 2019 | No se ha reparado | 2777 h | Buen estado |
| <i>Sigla RE- 1520</i> | En el año 2019 | No se ha reparado | Sin actualización | Buen estado |
| <i>Sigla RE- 1521</i> | En el año 2019 | No se ha reparado | Sin actualización | Buen estado |
| <i>Sigla RE-1573</i> | En el año 2019 | Cambio de motor | 11627 h | Buen estado |
| DRAGALINA | | | | |
| <i>siglas DA-I</i> | En el año 1982 | Tres reparaciones | Más de 7200 h | Paralizadas |
| <i>siglas DA-VI</i> | En el año 1982 | Dos reparaciones | Más de 7200 h | Trabajando |

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Elementos para valorar la tecnología de extracción a emplear

La elección de la tecnología para la extracción de mineral y el destape de las reservas de un yacimiento mineral depende de las condiciones del mismo: dureza del material, resistencia a la presión del suelo, espesor y extensión del cuerpo mineralizado, selectividad de la cuchara, valor de mineral, relieve, clima predominante, adaptabilidad al equipo de transporte, costo unitario de extracción, tipo de preparación y proceso metalúrgico; resultará factible aquel que cumpliendo todos o la mayor parte de los requisitos para obtener mayores ganancias con el mineral extraído y procesado.

Partiendo de la diversidad de las condiciones locales que presentan los yacimientos, ninguna de las tres tecnologías empleadas para la extracción de mineral y el destape de las reservas en la ECG (Retroexcavadora hidráulica sobre esteras, Excavadora Dragalina andante ESH 5/45 y Excavadora Dragalina sobre esteras HD 3.5/30), pueden abarcar el universo de condiciones existentes con efectividad; tampoco el parque disponible de las mismas está en consonancia con los volúmenes de material a destapar y extraer para cada condición.

Se citan como ejemplos:

- Para la extracción de recursos inundados con media o alta potencia de mineral: Norte del yacimiento Punta gorda, Yacimiento Yagrumaje Norte y algunos sectores del yacimiento Yagrumaje Sur, la Excavadora dragalina ESH 5/45, es el equipo ideal, pero la Unidad Básica Minera solo cuenta con dos unidades con más de 35 años de explotación. (5/45 capacidad m^3 /longitud de la pluma).
- Para la extracción de recursos en zona con relieve abrupto y potencia de mineral baja hasta 6.0, como es el caso predominante en el yacimiento Camarioca Este, el equipo ideal es la retroexcavadora hidráulica sobre esteras, la Unidad Básica Minera cuenta con 9 unidades entre 3 a 15 años de explotación. Pendiente de entrada 4 unidades en el VI Trimestre del año en curso.
- Para la extracción de los recursos en zonas con potencia de 7 a 15 m y relieve abrupto, como es el caso de la parte noroeste del yacimiento Camarioca Este (áreas 28, 4 y parte de la 33), así como algunas áreas al sur del mismo, planificadas en plan 5 años y posterior la Retroexcavadora hidráulica sobre esteras resulta ideal si la humedad del terreno no es alta (terreno plástico), pero si el terreno es muy plástico presentan dificultades en la operación.
- Para el caso anterior la excavadora dragalina sobre esteras es ligeramente inferior a la Retroexcavadora hidráulica sobre esteras, en terrenos con baja humedad, pero resulta el equipo ideal cuando el terreno es húmedo o de ocre estructural. La mina solo cuenta con un solo equipo y está paralizado por falta de repuestos, por lo que no se planificó para este yacimiento.

Tomando en cuenta las condiciones predominante en el yacimiento Camarioca Este y el resto de los yacimientos y la adaptabilidad de los equipos a las condiciones de los mismos, así como el parque existente de excavadoras dragalinas, no se concibió su uso, ya que de acuerdo con la potencia media del

mineral 7,5 m y el relieve accidentado la retroexcavadora hidráulica sobre esteras resultaba ideal, salvo en casos aislados, que habiendo recursos con alta potencia e inundados en los yacimientos Punta Gorda, Yagrumaje Norte y Yagrumaje Sur que solo podían ser extraídos con excavadoras dragalinas se mantuvieron en operaciones intensificando el servicio de mantenimiento y reparaciones.

Se hace notar, que la extracción con retroexcavadora hidráulica sobre esteras en terrenos pocos húmedos, no recupera más recursos que la extracción con excavadoras dragalinas en los yacimientos de cortezas de meteorización, ambas son igualmente efectivas, si se diseña correctamente el tajo. En todos los casos en que hay alta humedad las excavadoras dragalinas recuperan más recursos que la retroexcavadora hidráulica sobre esteras.

Tabla 3.6 Criterios de selección que se tuvieron en cuenta en la selección de los equipos de excavación-carga en la CG

| Criterio Básicos | Parámetros | Yacimientos | | |
|---------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | | Yagrumaje Sur | Yagrumaje Norte | Camarioca Este |
| | | Retro | Dragalina | Retro-Dragalina |
| Primer Grupo | Altitud | 70-110m | 70-110m | 102,4 -788,5m |
| | Temperatura | 27°C – 30°C | 27°C – 30°C | 27°C – 30°C |
| | Precipitaciones | 1700-1800mm | 1700-1800mm | 1700 -1800mm |
| | Vientos | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Tipo de terreno | lateríticos | lateríticos | lateríticos |
| | Accesibilidad | Existe | Existe | Existe |
| | Infraestructura eléctrica | Existe | Existe | Existe |
| | Disponibilidad de mano de obra | Existe | Existe | Existe |
| | Talleres o bases de los distribuidores de maquinarias | Existe | Existe | Existe |
| | Proximidad a áreas habitadas | Si | Si | No |
| | Limitaciones ambientales | Rio | Rio y la población | Rio |
| Segundo | Potencia | Mineral: 3-12m Escombro 3,3m | Mineral: 20m Escombro: 0,5-6,5m | Mineral: > 5m Escombro 3,3m |
| | Naturaleza y grado de consolidación | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Propiedades geomecánicas | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Estabilidad de los taludes | Son estables | Son estables | Son estables |
| | Angulo de reposo | Sí se tuvieron | Sí se tuvieron en | Sí se tuvieron en cuenta |

INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE EXCAVACION CARGA EN LOS INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS

| | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Grupo | de los estériles sueltos | en cuenta | cuenta | |
| | Mineralización | | | |
| | Tipo y forma | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Espesores | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Inclinación | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Alterabilidad | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Hidrología e hidrogeología | Simples moderadas | La complejidad es mayor en épocas de lluvias | No existe condiciones complejas |
| | Otras propiedades de los materiales | | | |
| | Densidades | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Factores de esponjamiento | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Abrasividad | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Pegajosidad | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| Tercer Grupo | Límites de propiedades | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Dimensiones de la excavación | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Altura de banco, anchura de pistas, bermas | Altura: 3 m Pista: 8-12 m Berma: 1-3 m | Altura: 3 m Pista: 8-12 m Berma: 1-3 m | Altura: 3 m Pista: 8-12 m Berma: 1-3 m |
| | Organización del trabajo | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Selectividad minera | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Vida del proyecto | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Disponibilidad del capital | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Programa de restauración del terreno | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | | | | |
| Criterio Específicos | Parámetros | Yacimientos | | |
| | | Yagrumaje Sur | Yagrumaje Norte | Camarioca Este |
| | | Retro | Dragalina | Retro-Dragalina |
| Primer Grupo | Criterio de rendimiento | | | |
| | Capacidad de producción | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Fuerzas de excavación o arranque | 468 kN | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Esfuerzo de tracción | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Tiempo de ciclo | 25 segundos | 45 segundos | 25-45 segundos |
| | Alturas de excavación | 11,35 m | 45 m | 45 m-11,35 mm |
| | Altura de descarga o | 9,20 m | 27,5 | 9,20-27,5 m |

INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE EXCAVACION CARGA EN
LOS INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS

| | | | | |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | vertido | | | |
| | Alcance | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Presión sobre el terreno | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Radio de giro | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Velocidad de desplazamiento | 4,5 km/h /3,1km/h | | 4,5 km/h /3,1km/h - |
| | Capacidad para remontar pendientes | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| Segundo Grupo | Criterios de diseño | | | |
| | Potencia total | 336 KW /1800 rev/min | 500 KW potencia media | 336kw/1800 rev/min – 500 KW |
| | Vida en servicio | 11627 h | Mas de 7200 h | 11627-7200 h |
| | Peso | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Dimensiones | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Robustez | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Estabilidad | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Altura sobre cielo | 12.35 m | 27,5 | 12.35-27,5 |
| | Configuraciones básicas (geometría, complejidad, construcción modular) | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Componentes | Hay Componentes | No hay Componentes | Hay Componentes |
| | Intercambiabilidad de conjuntos, vidas de componentes | Sí se realiza la Intercambiabilidad | Sí se realiza la Intercambiabilidad | Sí se realiza Intercambiabilidad |
| | Factibilidad de mantenimiento | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Fiabilidad de reparación | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Limitaciones por actitud o temperatura | Sí algunas limitaciones por el clima | Sin algunas limitaciones por el clima | Sin algunas limitaciones por el clima |
| | Niveles de ruido | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Generación de polvo | En épocas de sequilla | En épocas de sequilla | En épocas de sequilla |
| | Esfuerzo requerido por el operador | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Seguridad y visibilidad del operador | Muy buena | Muy buena | Muy buena |
| | Potencia absorbida y características del sistema de transmisión mecánico, eléctrico e hidráulico | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Fuente de energía primaria | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Sistema de diagnóstico y control | Sí se tuvieron en cuenta | No existe | Sí se tuvieron en cuenta- No existe |

INFLUENCIA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE EXCAVACION CARGA EN
LOS INDICADORES TÉCNICOS PRODUCTIVOS

| | | | | |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|
| | Protecciones de elementos | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Equipo de extintor de incendio | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Accesorio o equipos operacionales | En buen estado | Regular | En buen estado y regular |
| | Apoyo y calidad de servicio de los fabricantes o distribuidores | Sí se realiza con mucha calidad | Sí se realizaron en los primeros 20 años de servicio | Sí se realiza con mucha calidad |
| | El tiempo de envió de repuestos principales | Depende del fabricante | No se realiza | Depende del fabricante |
| Tercer Grupo | Criterios de servicios | | | |
| | Maquinaria auxiliar que se requiere | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Los repuestos necesarios en almacén | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | la frecuencia de servicio que se precisa | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | la posibilidad de realizar el mantenimiento en campo o en el taller | Muy importante | Muy importante | Muy importante |
| | el adiestramiento o cualificación del personal del mantenimiento | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | la dotación herramental del taller | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | el porcentaje de mantenimiento exterior | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | las instalaciones auxiliares que se necesitan | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | la estandarización de componentes | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| Cuarto grupo | Criterio económico | | | |
| | Los costos de propiedad, amortizaciones, interés, seguros e impuestos | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Los costos de operación, mano de obra, energía, repuestos, reparaciones, lubricantes | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | El precio de adquisición y el valor residual | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Maquinaria básica | | | |
| | Accesorios y complementos | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |
| | Transporte y montaje | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta | Sí se tuvieron en cuenta |

Fuente: Elaboración propia

3.5 Cálculo de los indicadores técnico productivos de los equipos de arranque-carga en la explotación de los yacimientos Yagrumaje Sur y Camarioca Este

Aplicando la metodología de cálculo de Ballester y Capote (1992) y la de Navarro (2008) expuesta en el capítulo II se obtuvieron los parámetros tecnológicos de los equipos desde el punto de vista teórico del rendimiento a partir de los catálogos de los fabricantes; y la metodología de Paraszcak (2005) para establecer los indicadores productivos a raíz del mantenimiento para obtener producción, costos y rendimiento general.

Tabla 3.7 Cálculo de los indicadores técnicos productivos de las retroexcavadoras hidráulicas

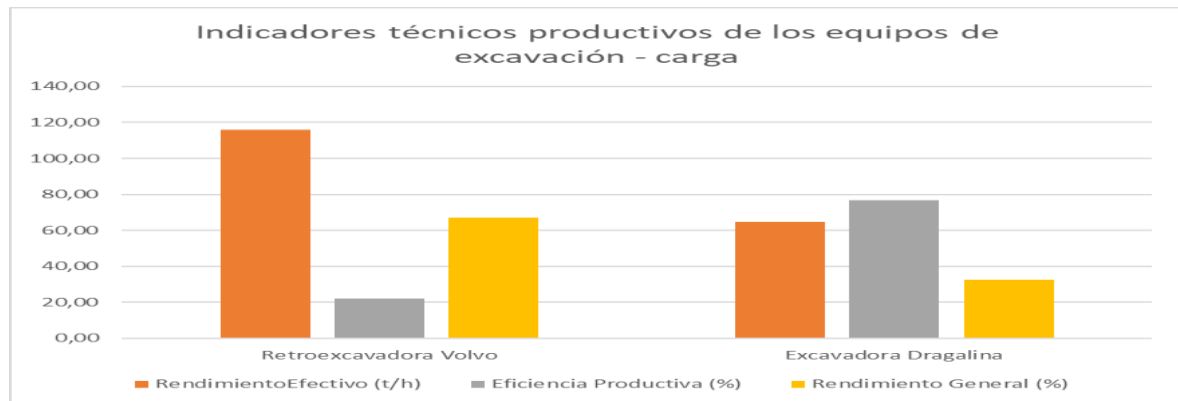
| <i>indicadores técnicos productivos</i> | | <i>Real de las 4 Retroexcavadoras</i> | <i>Real de las 2 Excavadoras</i> |
|------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|
| 12422 | Horas hábiles | 19290 | 11652 |
| | Horas mantenimiento | 71,7275 | 38,75 |
| | Horas disponibles | 6454,195 | 5436,5 |
| | Horas efectivas | 4140,5 | 8281 |
| | Horas imprevistas | 405,215 | 810,43 |
| | Producción | 479231 | 536611,5 |
| | Gastos totales de producción | 546038,85 | 1423014,06 |
| | Costo Unitario | 1,13 | 2,65 |
| | Costo horario | 131,88 | 171,84 |
| | Índice de disponibilidad | 0,33 | 0,47 |
| | Índice de utilización | 0,91 | 0,91 |
| | rendimiento efectivo | 115,74 | 64,80 |
| | Eficiencia productiva | 0,22 | 0,77 |
| | Rendimiento general | 0,07 | 0,33 |

Fuente: Elaboración propia

En los resultados obtenidos en la tabla 3.7 se muestra los indicadores mencionados anteriormente para la evaluación desde el punto de vista de funcionamiento y planificación de los equipos, indicando que el equipo con mayor estabilidad en el desempeño de las actividades es la retroexcavadora Volvo, a partir de los indicadores de disponibilidad, utilización, eficiencia y rendimiento general. Además, desde el punto de vista económico presenta igual costo unitario y horario.

La retroexcavadora volvo es el más estable en cuestión de funcionamiento y de utilización para el desarrollo de las actividades mineras, a partir de las horas hábiles y las horas efectivas trabajadas por el equipo gráfico 1.

Gráfico 1 Indicadores técnicos productivos de los equipos de excavación-carga



3.6 Valoración económica

Valoración económica de la Retroexcavadora Volvo

Tabla 3.8 Gastos originados por salario G S

| Puesto de trabajo | Cantidad Operadores | Salario mensual (\$/mes) | Tiempo de trabajo (meses) | Salario total (\$) |
|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Operador Retroexcavadora | 4 | 502,97 | 12 | 24142,56 |
| Total | 4 | 2011,88 | 12 | 24142,56 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Gastos por concepto de depreciación de equipos G d

| Equipos | Cantidad Equipos | Valor inicial (US\$) | Vida útil (años) | Depreciación (US\$/año) |
|-----------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| Retroexcavadora | 4 | 833028,78 | 3 | 9996345,36 |
| Total | 4 | 3332115,12 | 3 | 9996345,36 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10 Gastos por concepto de combustible G c

| Equipos | Cantidad Equipos | Consumo horario | Horas Operación | Precio del litro (US\$) | Costo total (US\$/año) |
|---------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------------|
|---------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------------|

| | | (l/hora) | (h) | | |
|-----------------|---|----------|-------|-----|---------|
| Retroexcavadora | 4 | 45 | 16562 | 0,8 | 2384964 |
| Total | 4 | 180 | 66249 | | 2384964 |

Fuente: Elaboración propia

Valoración económica de la Excavadora Dragalina

Tabla 3.11 Gastos originados por salario G S.

| Puesto de trabajo | Cantidad Operadores | Salario mensual (\$/mes) | Tiempo de trabajo (meses) | Salario total (\$) |
|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|
| Operador Retroexcavadora | 4 | 502,97 | 12 | 24142,56 |
| Total | 4 | 2011,88 | | 24142,56 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Gastos por concepto de depreciación de equipos G d

| Equipos | Cantidad Equipos | Valor inicial (US\$) | Vida útil (años) | Depreciación (US\$/año) |
|-----------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| Retroexcavadora | 2 | 509933,0 | 34 | 34675444 |
| Total | 2 | 10198666 | 34 | 34675444 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Gastos por concepto de combustible G c.

| Equipos | Cantidad Equipos | Consumo horario (kW/hora) | Horas Operación (h) | Precio de 1 (KW) | Costo total (US\$/año) |
|-----------------|------------------|---------------------------|---------------------|------------------|------------------------|
| Retroexcavadora | 2 | 70588,23 | 78 | 145 | 1,59E+09 |
| Total | 2 | 141176,46 | 155 | | 1,59E+09 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14 Gastos directos durante el arranque

| | Gs | Gd | Gc | Total |
|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Gastos directos durante el arranque | 24142,56 | 9996345,4 | 2384964 | 12405451,9 |
| | | Volvo | | |
| | | Dragalina | | |
| | Gs | Gd | Gc | Total |
| | 24142,56 | 34675444 | 1,586E+09 | 1,621E+09 |

Fuente: Elaboración propia

Vale destacar que en estos cálculos se utilizaron la depreciación y no la amortización de los equipos por ser este el índice que se usa en los cálculos de la ECEG, igualmente, en dicha empresa la depreciación de un equipo es considerada en un 20% al año. Cabe señalar que los datos empleados son oficiales por lo que cada detalle fue obtenido de fuentes de información de la empresa.

3.7 Protección del Medio Ambiente

3.7.1 Medidas para la protección Medio Ambiente durante y después de la minería

Los trabajos mineros son altamente agresivos al medio ambiente, ya que para realizarlos es necesario destruir la capa superficial del suelo que es la base de la sustentación de la flora y la fauna existente en el lugar. Estos efectos no solo son perceptibles en las áreas donde se está trabajando, sino que también se manifiestan aguas abajo a lo largo de los cursos de esta, llegando a la costa donde los sedimentos sepultan la flora y la fauna a la vez que contaminan las aguas del mar.

Antes de que se comenzara la minería, en el área que ocupan los yacimientos se produjo un fuerte impacto ambiental por el movimiento indiscriminado de tierra, durante la construcción de la fábrica, debido a la falta de conciencia, ignorancia y también a la inexistencia de un aparato legal que protegiera el medio ambiente: este impacto se ha mitigado sensiblemente con las medidas adoptadas en la mina. Para reducir los efectos de la minería sobre el medio ambiente, se aplican tres tipos de medidas.

3.7.2 Medidas preventivas

Son todas aquellas medidas que se toman desde la etapa de proyecto, para afectarlo menos posible al medio ambiente, por ejemplo.

- Incluir en los proyectos de destape y extracción de cada área las obras que impidan que los arrastres salgan fuera de la mina.

- Las escombreras se construirán dentro del área minada y de tal forma que las mismas creen trampas para los sedimentos, restablezcan el manto freático devuelvan el paisaje y abarquen la mayor área posible.
- La reducción del ciclo, de exploración–preparación–extracción y restauración al mínimo.
- El diseño de los taludes tanto en los bodes activos como inactivos, para quesean estables.
- Evitar la deposición de materiales no degradables y tóxicos en la mina.

3.7.3 Medidas atenuantes

Son un conjunto de medidas que se pueden tomar al momento de hacer los trabajos, que contribuyen a reducir los efectos negativos causados por el impacto ambiental, que produce la minería

- La siembra de hierbas y árboles pioneros.
- La construcción de microdiques y canales colectores para las aguas de la mina.
- La construcción de diques filtros en todas las cañadas situadas en el borde inferior de la cantera, antes de comenzar las labores mineras
- El regadío de los caminos mineros.
- La construcción de trincheras colectoras o en las partes bajas de la cantera.
- Se dejará un espacio libre entre los taludes de los bordes inferiores inactivos y el relleno para la reforestación, como trampa para los sedimentos.

3.7.4 Medidas correctoras

Las medidas correctoras son todas aquellas medidas que se toman para restituir la vida y el paisaje a las áreas y las mismas tienen un carácter definitivo.

- La modelación del relieve del terreno.
- La eliminación de las cárcavas.

- La restitución del manto freático. La restauración de la vegetación de forma definitiva.
- La construcción de lagunas de sedimentación.
- El monitoreo y mantenimiento de las áreas rehabilitadas hasta que el proceso de rehabilitación sea irreversible y garantice la estabilidad de las mismas.

3.8 Seguridad y salud del trabajo

3.8.1 Medidas de seguridad para la mina

- Todo trabajador de nuevo ingreso tiene que ser instruido en la SHT y recibir un chequeo médico.
- Se prohíbe la circulación de personal ajeno a la actividad sin un acompañante instruido.
- Se prohíbe la circulación de personal en la actividad bajo los efectos del alcohol, alucinógenos o sedantes.
- Se prohíbe la circulación de personal sin los medios de protección adecuados.
- Se prohíbe subir o acercarse a cualquier equipo en funcionamiento, sin avisar al operador y cerciorarse de que este lo haya percibido.
- Se prohíbe permanecer en el exterior de cualquier equipo minero en funcionamiento.

3.8.2 Medidas de seguridad para el trabajo con las retroexcavadoras

- No se permiten personas ni equipos en el área de trabajo de las excavadoras en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
- No se trabajará con las orugas paralelas al talud a una distancia menor que la altura del talud y en ningún caso cuando el terreno sea inestable.
- Cuando se esté trabajando en cooperación con las dragalinas, en la recuperación de fondos, saldrá de la zona cuando la Dragalina entre en acción.
- No se trabajará por debajo de ninguna línea eléctrica si la distancia entre los conductores y el punto más elevado es menor de 5.0 m

3.8.3 Medidas de seguridad para el trabajo con las dragalinas

- No se permiten personas ni equipos, en el área de trabajo de las excavadoras en operación, con excepción de los camiones que se estén cargando.
- No se trabajará en taludes mayores de 10 m cuando existan grietas o intercalaciones de gabros y alta humedad.
- No se trabajará con cables de alza y arrastre defectuoso o de menor resistencia.
- En tiempo de tormentas eléctricas o vientos fuertes se bajará la pluma. El traslado de una excavadora solo puede realizarse bajo la supervisión de jefe de turno u otra persona calificada.
- No se trabajará con el plato de la excavadora a menos de 60.0 m de las líneas eléctricas.
- No se pasará por debajo de ninguna línea eléctrica si la distancia entre los conductores y el punto más elevado es menor de 5.0.m.
- En todos los casos en que se tenga que pasar por debajo de una línea eléctrica, se verificará la altura de los conductores y se hará bajo la supervisión de personal calificado.

CONCLUSIONES

1. Las características de los equipos de excavación-carga, ayudó a determinar los parámetros productivos del equipamiento que se encuentra laborando en las condiciones actuales de explotación, los cuáles son: retroexcavadora volvo y excavadora dragalina, los mismos tienen 11627 y más de 7200 horas de explotación respectivamente.
2. Se analizaron los criterios de selección de los equipos de excavación-carga a partir de los criterios básicos y específicos. Se pudo observar que dicha selección ha transitado por 3 etapas, donde la 1ra etapa comienza con la apertura del yacimiento Punta Gorda con el empleo de la excavadora dragalina andante para el escombro y minería, la selección de esta se realizó teniendo presente todos los criterios, mientras que en la 3ra y última etapa se comprobó que para la selección de la retroexcavadora Volvo solo se tuvo en cuenta algunos criterios como: criterios de rendimiento, económico, diseño y la experiencia de la similitud de los yacimientos en la Empresa PSA.
3. Con la utilización de la base de datos histórica se analizaron los indicadores que miden el rendimiento, arrojando como resultado que la retroexcavadora Volvo es más efectiva que la excavadora dragalina a pesar de tener la misma capacidad de la cuchara (6 m^3), ya que cuenta con más horas efectivas lo cual influye en su productividad.
4. Se determinó que los criterios que mayor influencia tienen en la selección de los equipos de excavación-carga en los indicadores técnicos productivos durante la explotación de los yacimientos lateríticos son:

Criterios básicos: Altitud, temperatura, precipitaciones, hidrología, tipo de terreno, potencia, propiedades geomecánicas, densidad, factor de esponjamiento, abrasividad, dimensiones de las excavaciones, altura de los bancos.

Criterios específicos: capacidad de producción, capacidad para remontar pendientes, vida de servicio, dimensiones, seguridad, viabilidad del operador, apoyo, calidad de los servicios de los fabricantes o distribuidores, costos de propiedad, seguros, impuestos, intereses, amortizaciones, precio de adquisición, valor residual, transporte y montaje.

RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación de los equipos de excavación-carga para identificar el equipo idóneo en los yacimientos lateríticos de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, y así lograr altos niveles de producción y rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Barreto, H. J. (2008). *Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de san Antonio, provincia de Yauli-Junín*. Tesis de Grado , UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, MINAS, Lima. Recuperado el 9 de abril de 2019
2. Bascenti. (2014). *An application of the analytic hierarchy process in equipment selection at Orhaneli open pit coal mine*. Trans. Recuperado el 19 de abril de 2019
3. Baudino, M., Gil-Costa, V., Giubergia, A., Guerrero, R., & Printista, M. (s.f.). *Modelos de simulación: selección y reemplazo de equipos para proyectos mineros*. Revista , Universidad Nacional de San Luis, Minería, Chacabuco. Recuperado el 3 de enero de 2019
4. Belete, F. a. (26 de February de 2015). Rendimiento del equipamiento minero de arranque-carga-transporte de la empresa Comandante Ernesto Guevara. *Revista Boletín Ciencias de la Tierra*, 11. Recuperado el 8 de mayo de 2019
5. Blog, S. (08 de November de 2016). La maquinaria de movimiento de Tierras. Factores considerar en la elección de los equipos. *Blog Structuralia*, 1, 7. Recuperado el 20 de enero de 2019
6. Caballero, F. D. (2009). *Prototipo de Sistema Experto para seleccionar Máquinas de Excavación–Carga*. Tesis de Grado , Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Informática, moa. Recuperado el 28 de enero de 2019
7. Cartaya, P. M., Otaño, J. N., Cuesta , A. R., & Dieguez , Y. G. (2018). *TECNOLOGIA DE EXPLOTACION DE LOS YACIMIENTOS*. moa, Holguín, Cuba: Editorial Digital Universitaria de Moa. Recuperado el 20 de abril de 2019
8. Cisneros, J. (octubre de 2003). Diseño de explotación a Cielo Abierto. pág. 58. Recuperado el 23 de abril de 2019
9. Da Mata, C. Á. (2017). *Evaluación del ciclo de trabajo de los equipos excavación –carga marca XCMG de la UBMECG*. Tesis de Grado , INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO, DEPARTAMENTO DE MINERÍA, moa. Recuperado el 10 de mayo de 2019
10. ELÍAS, F. J., & LÓPEZ , L. O. (s.f.). *GUÍA PRÁCTICA DE MAQUINARIA ADECUADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS VIALES. ESPECIALIZACIÓN EN VÍAS Y TRANSPORTES*, UNIVERSIDAD DE

MEDELLÍN, FACULTAD DE INGENIERÍAS, Colombia . Recuperado el 1 de junio de 2019

11. Estévez, J. Y. (2010). *Análisis del sistema de transportación de la Mina Pinares de la Empresa Cmdte. René Ramos Latour*. Tesis de Grado , INSTITUTO SUPERIOR METALÚRGICO DE MOA, Minas , moa. Recuperado el 18 de enero de 2019
12. García, D. I. (2013). *PROCEDIMIENTO PARA EL REEMPLAZO DE LOS EQUIPOS MINEROS*. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO, MINERÍA, moa. Recuperado el 27 de abril de 2019
13. García, D. I. (s.f.). *PERFECCIONAMIENTO DEL PROCEDIMIENTO DE ADQUISICIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS EQUIPOS MINEROS EN LA EMPRESA NIQUELÍFERA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA*. Moa. Recuperado el 2 de abril de 2019
14. Gosvin, M. E. (2013). *Determinación de la eficiencia del equipamiento minero del yacimiento Victoria I*. Tesis de Grado , Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Minería, Moa, Junio. Recuperado el 25 de mayo de 2019
15. Guilarte, M. D. (2018). *Evaluación del modelo de bloques en función del equipamiento de excavación - carga en el yacimiento Camarioca Este*. Tesis de Grado , Instituto Superior Minero Metalurgico de Moa , Minería, Moa,. Recuperado el 2019
16. Lopez, J. C., Lopez , E. J., Manglano , S. A., & Toledo , J. S. (1991). *Manual de Arranque Carga y Transporte En Minería a Cielo Abiero* (Vol. 1). Madrid, Madrid , España . Recuperado el 26 de enero de 2019
17. Lores, M. G. (2017). *Evaluación de los indicadores de rendimiento de los equipos de excavación – carga*. Tesis de Grado , Instituto Superior Minero Metalúrgico, Mecánica, Moa. Recuperado el 15 de mayo de 2019
18. Noa, M. L. (2013). *Determinación de la productividad y consumo de combustible del camión volvo A40ffs y de las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Che Guevara*. Tesis de Grado, INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO, GEOLOGIA Y MINERIA, Moa . Recuperado el 8 de enero de 2019
19. Otaño, N. J. (2013). *Nociones de Minería*. La Habana , La Habana , Cuba : Félix Varela . Recuperado el 27 de mayo de 2019
20. Peña, R. A. (2016). *Evaluación del mantenimiento en el equipamiento de excavación de la Unidad Básica Minera Comandante Ernesto Che Guevara*

(UBMECG). Tesis de Grado , ISMM, Geología – Minas, Moa,. Recuperado el 19 de febrero de 2019

21. Rocamora, M. A. (2010). *PROGRAMA DE SELECCIÓN DE MÉTODO Y CÁLCULO DEL PRESUPUESTO DE EXCAVACIÓN*. Tesis de Maestria , Universidad Politecnica de cartagena , GEOMINEROS, Cartagena. Recuperado el 19 de febrero de 2019
22. Rubio, R. C. (2014). *ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE MAQUINARIA EN MINAS DE MINERAL DE HIERRO A CIELO ABIERTO*. Tesis de Maestria , Universidad de Oviedo , Centro Internacional de Postgrado. Recuperado el 4 de mayo de 2019
23. Torres, T. P. (2004). *ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN EN EL YACIMIENTO MOA ORIENTAL*. Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos, MINERIA, moa . Recuperado el 6 de junio de 2019
24. Torres, T. P. (2004). *ESTUDIO DE LA EFECTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN EN EL YACIMIENTO MOA ORIENTAL*. Tesis de Maestria , INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO, MINERIA, Moa. Recuperado el 22 de Marzo de 2019
25. Uzcátegui, S. M. (2014). *GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA PESADA DEL PROCESO DE CARGA Y TRANSPORTE DE LA EMPRESA “CONSTRUCCIONES ASFALTO ANDES, C.A”*. Tesis de Maestria , INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA, minas , moa. Recuperado el 9 de enero de 2019
26. Vargas, C. Y. (2017). *Influencia de las características geólogo-mineras en los indicadores técnicos productivos de los equipos de arranque-carga*. Tesis de Grado , INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO, Minas , moa. Recuperado el 18 de enero de 2019
27. Vera, P. R. (1983). *SELECCION DEL EQUIPO DE CARGUIO - ACARREO Y TRANSPORTE PARA LA MINA CHAPI*. Tesis de Grado , UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA, LIMA. Recuperado el 28 de Enero de 2019

ANEXOS

Anexo 1 Foto de retroexcavadora minando y llenando el camión



Anexo 2 Foto de la excavadora dragalina minando y llenando

