



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD GEOLOGÍA MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA.**

*TRABAJO DE DIPLOMA
EN OPCIÓN AL TÍTULO
DE
INGENIERO EN MINAS*

TÍTULO: “*Evaluación del ciclo de trabajo de los equipos
excavación –carga marca XCMG de la UBMECG*”

AUTOR: Ángelo Da Mata Contreiras.

TUTORES: Dr.C. María Isabel García De la Cruz.

Ing. Marlo Leyva Tarafa.

“Año 59 de la Revolución”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Ángelo Da Mata Contreiras, autor del presente trabajo y los tutores; Dra. María Isabel García e Ing. Marlo Leyva Tarafa, certificamos la propiedad intelectual de este trabajo, a favor del ISMMM y a la Facultad de Geología - Minería, los cuales podrán hacer uso del mismo con la finalidad que estimen conveniente.

Firma del Autor:

Ángelo Da Mata Contreiras

Firma de los Tutores:

Dra. María Isabel García

Ing. Marlo Leyva Tarafa

PENSAMIENTO



“La alegría es inmensa y sin embargo, queda mucho por hacer todavía. No nos engañemos creyendo que en lo adelante todo será fácil; quizás en lo adelante todo será más difícil. ”

Fidel Castro Ruz



DEDICATORIA

A Dios, por llenarme de bendiciones y glorificaciones, por no dejarme solo en los malos momentos y Por estar siempre a mi lado..... A Él gracias.

A mi madre que no tuve la oportunidad de seguir en formación y no poder mis logros como estudiante universitario.

A las dos personas que me dieron la vida y que con su ejemplo me enseñaron a luchar por mis objetivos y sueños. Con sus consejos han elevado mi autoestima, por ser muy pacientes y preocupados en todos los momentos de mi vida, ellos fueran los guías de mi formación integral y éxito.

A toda la familia que de una u otra forma ha estado pendiente de mí, en el desarrollo de mis estudios y de mi bien estar.



AGRADECIMIENTOS

*A mis **padres**, por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente, por enseñarme que cualquier sacrificio vale la pena cuando se obtiene buen resultado. Por ser ellos los mayores protagonistas en el logro de este éxito.*

*A mi **hermano Julio Da Mata Contreiras**, por su apoyo tanto emocional como espiritual, por respetar mi espacio y decisiones en los momentos que necesité estar sola.*

*A mis **amigos y compañeros** de estudio, por sus sacrificio y preocupación a la hora de los estudio en colectivos, por dedicarme sus tiempo en los momentos difíciles.*

*A mi **novia Dairelis Duquesnes pití**, por ayudarme cando la necesite, por darme aliento para seguir con todo su amor y dedicación.*

*A mi **hija querida Ángelis Delfina Duquesne pití** que es la persona más importante de mi vida, gracias por aparecer en mi vida*

*A mis **tutores: Dra.C María Isabel García De la Cruz y el Ing. Marlo Leyva Tarafa** por confiar en mí para la realización de esta investigación, por apoyarme en los momentos difíciles, por brindarme una parte de su tiempo, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede alcanzar todo en la vida; a ellos un agradecimiento especial.*

*A mis **compañeros de cuarto y aula, a la familia de mi novia**, por sus preocupaciones y estar pendientes de mí de una u otra forma en cualquier cosa que necesitara.*

*A los **profesores del centro**: Que colaboraron con mi formación profesional.*

*A la **Revolución Cubana**: Por haberme permitido llegar hasta aquí prepararme para el futuro y que yo pueda brindarle un día mi ayuda y que pueda contar siempre conmigo.*

*Al **Comandante en Jefe “Fidel Castro Ruz”**: Quien siempre ha velado por el bienestar del ser humano.*

A todos “les dedico este éxito”

A todos muchas gracias.

Ángelo Da Mata Contreiras



RESUMEN

En el presente trabajo se expone una panorámica de la Unidad Básica Minera (UBM) de la Empresa Ernesto Che Guevara relacionada con el proceso tecnológico los equipos de excavación – carga, con el objetivo de evaluar su ciclo de trabajo, en función de conocer el efecto en los indicadores técnicos-productivos mediante el sistema de explotación por bancos múltiples.

El trabajo cuenta con tres capítulos donde se realizaron búsquedas y análisis bibliográficos sobre los parámetros de explotación de las retroexcavadoras hidráulicas marca XCMG, además se calcularon los tiempos de ciclo de las retroexcavadoras y se normalizaron sus actividades laborales, lo que conlleva una mejora en la elevación de la productividad, luego procedemos a la caracterización y análisis técnico – económico y se demostraron los resultados de la investigación mediante tablas y gráficas.

Se estableció el ciclo de trabajo de las retroexcavadoras marca XCMG para las labores de minado 2,83 minutos, escombros 2,86 minutos y remonte 3,27 minutos, demostrando 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.

Los tiempos improductivos en las operaciones de los frentes de carga son mayores en 39 minutos que afectan a la productividad horaria hasta 7 t/h.

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



ABSTRACT

In the present work we present an overview of the Basic Mining Unit (UBM) of the Ernesto Che Guevara Company related to the technological process of the excavation - load equipment, in order to evaluate its work cycle, in order to know the effect on the technical-productive indicators through the system of exploitation by multiple banks.

The work has three chapters where searches and bibliographic analyzes were performed on the operating parameters of the XCMG hydraulic backhoe loaders. In addition, the cycle times of the backhoe loaders were calculated and their work activities normalized, which leads to an improvement in the elevation of the productivity, then proceed to the characterization and technical - economic analysis and the results of the research were demonstrated through tables and graphs.

The work cycle of the XCMG backhoe loaders was established for mines 2.83 min, 2.86 min debris and 3.27 min trawl, showing that they are more productive in the excavation work - load in the system of multiple banks , Because the work cycle is reduced in 26.4 seconds.

The unproductive times in the operations of the cargo fronts are greater in 39 minutes affecting the hourly productivity up to 7 t/h.

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



Índice

Introducción	1
Capítulo I. Marco Teórico Conceptual	4
1.1. Situación actual de la temática de estudio referente a los indicadores de rendimiento en el país y en el exterior	4
1.1.1. <i>Análisis bibliográfico</i>	4
1.1.2. <i>Estado de la temática a nivel internacional</i>	4
1.1.3. <i>Estado de la temática en Cuba</i>	5
1.2. Características geológicas de los yacimientos lateríticos	8
1.2.1. <i>Ubicación geográfica</i>	8
1.2.2. <i>Breves características geológicas de los yacimientos</i>	9
1.3. Parámetros de explotación técnica de los equipos	13
1.3.1. <i>Explotación técnica del equipamiento de excavación-carga</i>	13
1.4. Sistema de explotación en los yacimientos lateríticos de la UBMECG	15
1.4.1. <i>Sistema de explotación aplicado</i>	18
1.4.2. <i>Sistema de explotación a cielo abierto</i>	18
1.4.3. <i>Arranque y carga de mineral</i>	21
1.4.4. <i>Parámetros fundamentales de la explotación</i>	25
1.4.4. <i>Régimen de trabajo</i>	26
Capítulo II. Materiales y Métodos utilizados en la investigación	29
2.1. Introducción	29
2.2. Normación y medición del trabajo de los equipos de excavación – carga	29
2.2.1. <i>Establecimiento de las etapas para la realización de las fotografías por operaciones</i> ..	29
2.3. Definición de los métodos de cálculo de los indicadores de rendimiento.	33
2.3.1. <i>Metodología para el cálculo de los indicadores técnico – productivos</i>	33
2.4. Acciones para aumentar al máximo la producción por ciclo de una retroexcavadora 36	
2.4.1. <i>Factores que influyen en la producción de las retroexcavadoras</i>	36
Capítulo III. Análisis de los resultados	38
3.1. Análisis de los resultados de la investigación	38
3.1.1. <i>Evaluación de la fotografía por operaciones</i>	38
3.1.2. <i>Normación de los equipos en labores de minería</i>	38
3.1.3. <i>Normación de los equipos en labores de escombreo o destape</i>	40
3.1.4. <i>Normación de los equipos en labores de remonte y minería en el depósito</i>	41



3.2. Valoración económica	54
3.3. Medidas de seguridad para los equipos excavación – carga	55
3.3.1 <i>Seguridad e higiene del trabajo</i>	55
Conclusiones Generales	56
Recomendaciones	57
Bibliografías Consultadas	58

Introducción

La minería es uno de los procesos más importantes para nuestra sociedad porque nos facilita la explotación del geopotencial que nos brinda una determinada región, siendo así, caracteriza una serie de operaciones dotada a una explotación racional, productiva y sostenible con objetivo de satisfacer la demanda de los materiales utilizados para el desarrollo de nuestras sociedades facilitando el desenvolvimiento de un país en materia económica.

La industria moderna tiene como necesidades principales la exigencia de altos niveles de productividad y mantener los estándares de calidad fijados de los equipos asociados a la industria minera. Los equipos de laboreo minero utilizados por la industria cubana del níquel para el acopio de mineral laterítico operan en terrenos de topografía irregular, lo que ocasiona un desgaste progresivo de elementos indispensables para su funcionamiento, que trae fundamentalmente la ocurrencia de averías que tiene un impacto negativo en sus operaciones pues ello puede provocar paradas no planificadas que interrumpen el ciclo productivo y accidentes que afecten la integridad del personal, que causando la degradación de equipos o violen las regulaciones medioambientales (M. Quiñones Grueiro, A. Prieto-Moreno, O. Llanes-Santiago; 2001).

Situación problemática

Durante la explotación de los equipos de excavación – carga empleados en la Unidad Básica Minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara (UBMECG) se refleja el establecimiento de los indicadores de producción de los mismos, pero al iniciar la explotación de estos (marca XCMG) se realiza con las normas de explotación tomadas por la experiencia de los modelos existentes en explotación, por la similitud de sus características técnicas y objeto social para lo que fueron construidos, por lo que se hace necesario ajustar los indicadores técnico - productivos empleados, así como las normas empleadas en el sistema de explotación de los yacimientos lateríticos.



Problema de la investigación

Necesidad de evaluación del ciclo de trabajo de los equipos de excavación – carga de la UBMECG para el establecimiento de los indicadores técnicos – productivos en la explotación de los yacimientos lateríticos mediante bancos múltiples.

Objeto de investigación

Relación del ciclo de trabajo con los indicadores técnicos – productivos de los equipos de excavación – carga.

Objetivo general

Evaluar el ciclo de trabajo de los equipos de excavación – carga de la Unidad Básica Minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, en función de conocer el efecto en los indicadores técnico-productivos mediante el sistema de explotación por bancos múltiples

Campo de acción

Equipamiento de excavación – carga de la UBMECG marca XCMG.

Hipótesis

Si se evalúa el ciclo de trabajo de los equipos de excavación- carga en la explotación de los yacimientos lateríticos mediante el sistema de bancos múltiples, entonces se puede establecer el efecto del mismo en los indicadores técnico- productivos para disminuir los tiempos imprevistos.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los equipos mineros de excavación – carga de la UBMECG.
2. Analizar los parámetros tecnológicos y de explotación de los equipos de excavación – carga empleados en la UBMECG.
3. Establecer las etapas para la normación de las operaciones de los equipos de excavación – carga en la UBMECG
4. Determinar los tiempos improductivos y su efecto en los indicadores técnico-productivos a partir de las normas establecidas.



Los métodos de investigación científicos utilizados en la investigación son los siguientes:

Métodos Teóricos:

Histórico – lógico: para el estudio y utilización de los indicadores técnico – productivos, durante el proceso de explotación de los equipos mineros que trabajan en la industria del níquel; fundamentalmente en los yacimientos de Moa.

Análisis – síntesis: para arribar a las conclusiones que se obtendrán en el desarrollo del trabajo de experimentación, determinando los ciclos de trabajo de los equipos en la UBMECG y los principales parámetros de explotación.

Hipotético – deductivo: mediante este método se podrá formular la hipótesis y pronosticar resultados.

Métodos Empíricos:

Observación directa: para caracterizar el problema, además de analizar las diferentes bitácoras de trabajo de los diferentes equipos que laboran en el proceso de la producción de la UBMECG.

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 y la metodología de los parámetros de explotación de los equipos; a través de los instrumentos aplicados mediante de los modelos matemáticos y representación mediante los anexos.

Capítulo I. Marco Teórico Conceptual

1.1. Situación actual de la temática de estudio referente a los indicadores de rendimiento en el país y en el exterior

1.1.1. Análisis bibliográfico

Durante el desarrollo de la investigación se consultaron un total de 33 materiales bibliográficos, de los cuales, en el trabajo sólo se refieren los que en mayor medida contribuyeron a la realización de la misma. La revisión bibliográfica se orientó en dos direcciones fundamentales, la información relacionada con el enfoque teórico y metodológico del estudio a realizar y los trabajos que sobre el tema desde el punto de vista técnico y práctico se han llevado a cabo, que constituyen, una valiosa información.

1.1.2. Estado de la temática a nivel internacional

Ortiz et al. (2002), diseña una metodología donde plantea que los criterios de selección de equipos mineros deben ser básicos y específicos. Entre los criterios básicos cita: condiciones del entorno en las que se van a desarrollar las operaciones, características del depósito mineral, mineralización, Hidrología e hidrogeología, propiedades físicas químicas de los materiales, parámetros de la explotación. En los criterios específicos cita: de rendimiento (capacidad de producción, fuerzas de excavación o arranque, tiempos de ciclo, alturas, velocidades, diseño, potencia total, vida en servicio, robustez, configuración, facilidad de mantenimiento y reparaciones, niveles de ruido, fuentes de energía), de servicio (maquinaria auxiliar requerida, frecuencia de servicio, repuestos necesitados, herramientas requeridas, adiestramiento del personal, económicos (costos de propiedad, de operación, de amortización, de arrendamiento).

Cisnero (2003), como miembro de la Asociación de Ingenieros de Mina de Ecuador, presenta en un artículo acerca del Diseño de Explotación a Cielo Abierto, el cual contiene todos los factores que inciden en la selección del método de explotación y de los equipos mineros, teniendo en cuenta además la eficiencia en la explotación, la productividad, la evaluación de los parámetros de diseño de los equipos y su diseño tecnológico con el concepto de mayor producción y menor costo. Aunque incluye la

versatilidad de los operadores y los equipos, no propone métodos para establecer los tiempos de ciclos o de esperas(improductividad) de los equipos, para aumentar así la productividad máxima de la producción.

Chiang y Olivares (2008), el enfoque que proponen permite analizar máquinas con ciclo variable de trabajo. En algunos casos la determinación de la necesidad de mantenimiento y la condición de la máquina por métodos convencionales como el análisis de vibraciones y del ruido, se ven dificultadas y resulta difícil detectar anomalías. Con un modelo físico se identifican las distintas fases del ciclo de trabajo, y su análisis separado permite generar conclusiones útiles. Plantean que conocer las necesidades de mantenimiento en un equipo minero, permite evaluar el nivel de exigencia en cuanto a la productividad. Estos resultados se pueden usar posteriormente para el análisis de componentes por el Método de Elementos Finitos, con cargas realistas. También permiten generar estadísticas para detectar síntomas que anteceden a fallas, ello en conjunto con información de mantenimiento predictivo convencional de acelerómetros y extensómetros, pero no consideró la influencia que sobre la productividad y disponibilidad tienen los tiempos de espera del equipamiento tanto en ciclo de trabajo como en los servicios técnicos en taller.

En la publicación de la revista viewponit **Cooke (2008)**, hace referencia a una flota de camiones y retroexcavadoras en la mina de Cobre y Oro, La Sierrita, en Arizona, Estados Unidos. En esta publicación se refiere a una serie de medidas que se han tomado para aumentar el rendimiento de estos y mantener la disponibilidad por encima del 90%. En las mejoras relaciona que los operarios deben estar capacitados en el manejo de los equipos tanto en las diferentes vías como climas. En esta publicación también se refieren a cerca del tiempo de ciclo de los equipos para disminuir los tiempos de espera o improductivos del equipamiento

1.1.3. Estado de la temática en Cuba

Herrera et. al (2002), en el “Manual de Laboreo”, muestran una de las metodologías más completa para la selección de equipamiento minero, pero se considera en ésta, al igual que las metodologías anteriormente descritas, que no considera la duración de las

operaciones, ni la coordinación del ciclo de trabajo como conjunto, para disminuir los tiempos improductivos.

Cuba (2008), en el trabajo de diploma “Perfeccionamiento de la transportación de la masa minera en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara; se caracteriza la tecnología empleada para la explotación de los yacimientos lateríticos, con el objetivo de determinar los indicadores productivos y de rendimiento de los equipos de acarreo para proponer el perfeccionamiento de los ciclos de trabajo utilizando las metodologías para mejorar los indicadores técnicos – productivos, pero la autora no realiza una comparación entre las metodologías, para seleccionar que indicadores de rendimiento son factibles para determinar la productividad de los equipos.

García de la Cruz (2008), en su Tesis “Perfeccionamiento del procedimiento de adquisición y explotación de los equipos mineros en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara” en opción al Título Académico de Máster en Minería, elaboró un procedimiento para el perfeccionamiento de la adquisición y explotación de los equipos mineros en los yacimientos de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, aplicable a cualquier empresa. Analiza el costo de producción, la disponibilidad técnica y la productividad del equipamiento, todos estos delimitados por períodos de explotación y por modalidad de contratos de adquisición del equipamiento. Clasifica los servicios técnicos de la contratación dentro de los términos técnicos y su efecto sobre la disponibilidad técnica de los equipos mineros. La autora no considera la relación del ciclo de trabajo con los tiempos improductivos de los equipos así como su mantenimiento.

Guerra y García de la Cruz (2009), en su trabajo “Análisis de los indicadores técnicos–productivos en la transportación de masa minera y su influencia en la planificación minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara” el comportamiento técnico productivo de los parámetros de explotación en el transporte de masa minera, llegando a la conclusión que la productividad del equipamiento de transporte depende en gran medida de las condiciones específicas de la minería, pero sobre todo, se ve afectada por problemas de disponibilidad tanto del propio equipamiento de transporte como de

los equipos auxiliares y principales que intervienen en el ciclo de producción, aunque se reconocen las causas organizativas como una dificultad presente en la mayoría de las etapas del flujo tecnológico de la minería. No extiende su investigación a otros equipos que no sean los de transporte de masa minera, pero sugiere el mejoramiento de los servicios de mantenimiento y perfeccionamiento de los ciclos de trabajo en equipos como excavadoras en el sentido de disminuir los tiempos improductivos del equipamiento como una vía de mejorar la productividad y la disponibilidad del equipamiento, y disminuir los costos de producción.

Gelkys (2010), propone un "Procedimiento para la adquisición y explotación del equipamiento minero para la empresa Cementos Santiago S.A". En la investigación propone y describe una serie de criterios a tener en cuenta en la elección del equipamiento minero, criterios que integró en un procedimiento para la elección del proveedor de equipamiento minero. Estos criterios son: precio, calidad, estado técnico, garantía, tecnología probada, avances tecnológicos, servicios post-venta, capacitación, puesta en marcha, asistencia técnica, infraestructura de mantenimiento, oportunidad y uniformidad. Pero el procedimiento en el cálculo de la productividad está en función del tiempo de ciclo, disminuyendo así los tiempos improductivos no planificado.

Guerra (2012), en la tesis presentada en opción al Grado Científico de Master en Minería. "Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara". En la investigación se fundamenta el sistema de explotación del equipamiento minero, los equipos de carga – transporte y los medios de excavación y carga, para optimizar la productividad de la mina disminuyendo los costos improductivos del equipamiento y logrando una disponibilidad y confiabilidad a través del ajuste adecuado del sistema de mantenimiento para prevenir la ocurrencia de fallas; y por este medio conocer el tiempo y la planificación del reemplazo para disminuir los costos en relación a la reparación y las operaciones.

Santiago (2012), elabora un procedimiento de cálculo de las retroexcavadoras para determinar los diferentes ciclos de trabajo, establece los tiempos improductivos para

las excavadoras Liebherr y Volvo lo que se pueden tomar como referencias para las excavadoras hidráulicas marca XCMG, por sus diferencias en la tecnología de diseño además no establece el efecto al rendimiento sin la productividad horaria.

García De la Cruz (2014), en la tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas: "Procedimiento para el reemplazo de los equipos mineros". En esta investigación se perfeccionó el procedimiento para 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. Con la utilización de la base de datos histórica se seleccionaron los indicadores que miden el rendimiento y los factores que inciden el reemplazo de los equipos mineros en las condiciones de explotación de los yacimientos ferroniquelíferos. Se evaluó la influencia del cumplimiento de los servicios técnicos de la contratación en el rendimiento, para ello se aplicó la matriz de Kepner - Tregoe. Se validó y se comprobó la viabilidad del modelo con su aplicación en el caso de estudio de la Unidad Básica Minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Estas investigaciones relacionan fundamentalmente los equipos y los procesos mineros que se llevan a cabo internacionalmente y en el entorno nacional o local; además de los principales indicadores que intervienen en la explotación de los yacimientos lateríticos

1.2. Características geológicas de los yacimientos lateríticos

1.2.1. Ubicación geográfica

El área de ubicación de la fábrica Comandante Ernesto Che Guevara se encuentra al norte del yacimiento mineral de Punta Gorda, ubicado en la provincia Holguín, en la costa norte, entre los ríos Moa y Yagrumaje, a 4 km de la Ciudad de Moa y a 2 km del pueblo de Punta Gorda y forma parte del macizo montañoso de Sagua - Moa-Baracoa (figura 1.1).

El relieve de la zona se caracteriza por su inclinación hacia el Norte con rangos de pendientes variables y desmembrado en tres sectores por valles muy profundos,

correspondientes a las áreas inter fluviales Moa–Lirios–Yagrumaje, que se caracterizan por las formas aplanadas con cañadas y valles formados en el período de peniplanización con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre 70 y 110 m, siendo las cotas absolutas de 0-85 metros. El clima, es tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 27 °C, en el verano de 30 °C a 32 °C y en el invierno de 22 °C a 26 °C. En el año hay dos períodos de lluvias, correspondiente a los meses mayo-junio y octubre; y dos períodos de seca, febrero – abril y julio – septiembre. La cantidad de precipitaciones oscilan en amplios límites y el promedio es de 1700 – 1800 mm al año.

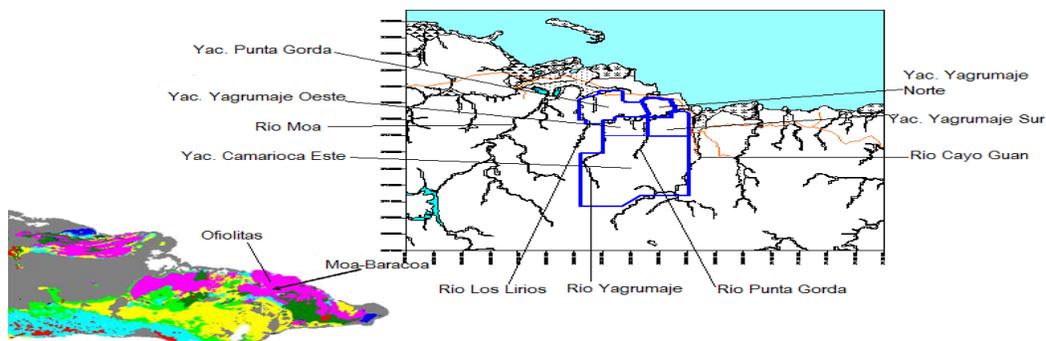


Figura 1.1. Plano de ubicación de la zona de la base minera.

Fuente (García, 2013)

1.2.2. Breves características geológicas de los yacimientos

El área objeto de estudio está conformada por los yacimientos que integran la concesión de explotación de la “Empresa Ernesto Che Guevara”, estos son: Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Oeste, Yagrumaje Sur y Camarioca Este, (Figura 1.2).

CONCESIÓN MINERA

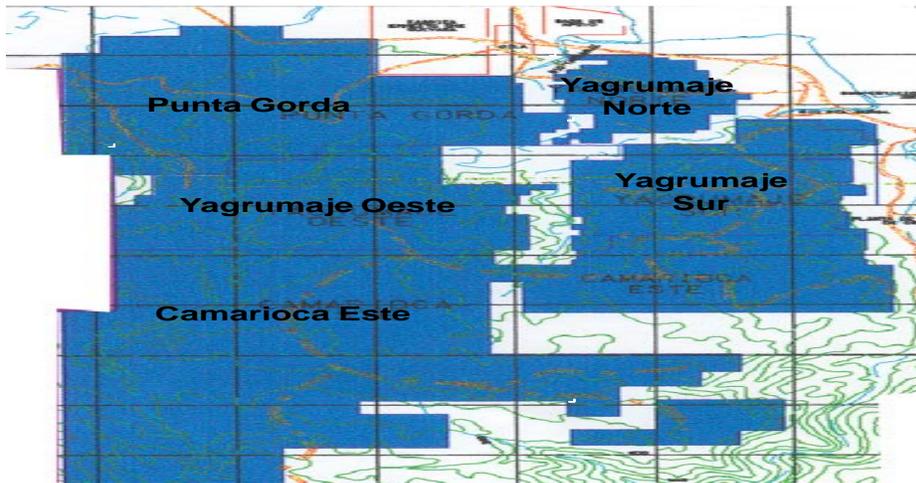


Figura 1.2. Composición de la concepción minera Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Fuente: (Guerra, 2012)

Yacimiento Punta Gorda

El área está limitada por las coordenadas del Sistema Lambert $X= 699\ 800 - 704\ 100$, $Y= 218\ 600 - 221\ 900$. Las coordenadas geográficas $Y= 20^{\circ} 38' 2''$, $X= 74^{\circ} 52' 8''$, con los siguientes límites naturales: al Norte por las aguas del Océano Atlántico, al Sur la línea convencional que lo separa del yacimiento Yagrumaje Oeste, al Oeste el yacimiento Moa Oriental, al Este las elevaciones que constituyen la línea divisora de las aguas del Río Yagrumaje.

El límite de este cuerpo mineral lo constituye el área cercana al río Yagrumaje. Presenta un relieve moderado, con inclinación hacia el norte, con rangos de pendientes variables, con poca complejidad para su explotación. La potencia promedio de la mena, actualmente es de 10,30 m; siendo la zona sur la de mayor potencia, el espesor de la capa de estéril es de 6,10 m; con la relación de escombros mineral aproximadamente de 0,45 m³/t. El mismo se encuentra afectado por las aguas subterráneas, presentando un sistema de drenaje que es deficiente. El acceso a él no presenta problemas pues existen caminos principales y secundarios que garantizan las labores mineras. La exploración geológica se realizó de manera completa con una red de 33,33m x 33,33 m. Según (Justino, 2014).

Yacimiento Yagrumaje Norte

Tiene un área general de 2 km² con forma bastante regular de dimensiones de 1,8 km de largo y 1,4 km de ancho; ubicándose en una meseta aplanada al norte del río Yagrumaje. Este, tiene una inclinación de sur a norte desde las cotas 100 - 110 m hasta 20 - 40 m, la diferencia de las cotas absolutas dentro de los límites del yacimiento explorados es de 88m variando de 108 - 200m. Las menas se relacionan principalmente con las formaciones friables de la corteza de intemperismo in situ y sus productos, excepto en las partes del yacimiento con pendientes abruptas; las intercalaciones de estériles son muy raras en todo el depósito mineral, alcanzando un área de 0,01 km².

Yacimiento Yagrumaje Sur

Ocupa un área de 3,65 km². Las mayores potencias se observan en la parte central y oriental, ambas siguiendo la dirección norte-sur. A partir del cálculo de reservas para el cut-off de 0.9 % de níquel las potencias de escombros y mineral son 4,4 m y 7,3 m respectivamente en las zonas desarrolladas en categoría probadas y 6,72 m y 11,37 m respectivamente en los recursos indicados. La relación escombros mineral es de 0,32 y 0,26 para ambas zonas respectivamente. Este yacimiento se encuentra explorado casi en su totalidad en una red de 33,33 m x 33,33 m y en una red de 100 x 100 m un área pequeña ocupada por una subestación eléctrica y sus tendidos correspondientes. Estas

líneas energéticas pueden afectar algunas zonas determinadas del yacimiento. Se encuentra aproximadamente a 8,0 Km de la mina a partir de la carretera Moa – Baracoa.

Yacimiento Yagrumaje oeste

Ocupa un área de 4,36 km², la corteza de intemperismo presente en esta área es del tipo residual in situ, es más madura que la del yacimiento Yagrumaje Sur, que posee un menor desarrollo en los ocres estructurales. Es un yacimiento típicamente limonítico, con predominio en su litología de los Ocres inestructurales, a los que se asocian las menas limoníticas balanceadas que son las más representativas. Se encuentra explorado en dos redes, la red de 100 m x 100 m y 33,33 m x 33,33 m, en 41 y 7 bloques respectivamente, representando solo un 17 % en categoría de recursos medidos. El río Yagrumaje lo atraviesa, provocando zonas abruptas en sus riveras; en las demás zonas existen pendientes más suaves de orden del 8 – 12 % promedio. La potencia mineral y de escombros promedio para los bloques desarrollados en la red de 33,33 m x 33,33 m es de 6,4 m y 1,9 m respectivamente; con una relación escombros mineral de 0,25 m³/t. La zona desarrollada en la red de 100 m x 100 m, no posee acceso para la minería, solo tiene caminos en mal estado, usados para el acceso a los trabajos de desarrollo geológico.

Yacimiento Camarioca Este

Presenta un área total de 19 km² y una potencia media de 4,90 m. Por su yacencia, es una corteza de tipo superficial desarrollada en forma de manto, en ocasiones interrumpida por afloramientos de la roca madre, aparece como una gran superficie de nivelación de relieve erosivo – denudativo con pendientes suaves que se hacen bruscas en los límites del desarrollo de la corteza.

Las menas LB+SB se encuentran distribuidas en diferentes cuerpos minerales que se caracterizan por su diversidad de tamaños, formas, potencia de las menas y de las cubiertas de estéril, reservas y contenidos de los elementos útiles. Este yacimiento se encuentra desarrollado en dos categorías: medidos e indicados. En categoría medidos se desarrollaron 30 bloques y en indicados 167 bloques. Las potencias de escombros y

mineral para ambas categorías de desarrollo para el cut - off de 0.9 % Ni, son 2,18 m y 6,65 m y 3.2 m y 6,6 m respectivamente. La relación escombros mineral es de 0,22 y 0,3 m³/t respectivamente. El acceso es a través de caminos construidos para las actividades de desarrollo geológico en el mismo, pero estos no poseen condiciones para la actividad minera. Para realizar la explotación mediante los diferentes sistemas se tienen en cuenta la caracterización del equipamiento a utilizar y las condiciones de explotación en los yacimientos.

1.3. Parámetros de explotación técnica de los equipos

1.3.1. Explotación técnica del equipamiento de excavación-carga

Las retroexcavadoras hidráulicas: capacidad de la cuchara de 1,5 a 6,2 m³; motor con funcionamiento en cuatro tiempos, 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 (Catálogo de productos XCMG, 2015).

Las principales máquinas de excavación – carga analizada, que se encuentran laboreando en el proceso productivo de la UBM son las retroexcavadoras hidráulicas marca XCMG modelo XE700 de procedencia china, en la tabla 1.1 se muestran los principales parámetros tecnológicos de esta marca de los equipos.

Tabla 1.1. Especificaciones técnicas retroexcavadora hidráulica sobre esteras marca XCMG.

No. de Modelo	Tipo de unidad	Condición	Radio de excavación máxima	Peso	Profundidad de excavación máxima	Transmisión
XE700	Combustión Interna	Nuevo	5,81m	68000kg	6,99m	Transmisión hidráulica

Fuente: manual del equipo retroexcavadora XCMG modelo XE 700

Descripción de la máquina

Tipo:retroexcavadora de Orugas (esteras)marca XCMG modelo XE700

 Capacidad del cucharón: > 1.5m³

Tamaño: de Gran Envergadura

Tabla 1.2. Especificaciones técnicas retroexcavadora hidráulica sobre esteras marca XCMG.

Modelo		XE700	
Peso de funcionamiento		68000 Kg	
Capacidad estándar del compartimiento		3,5 m ³	
Motor	Modelo del motor	CUMMINS QSX15	
	Tipo	Inyección directa	√
		Cuatro movimientos	√
		Refrigeración por agua	√
		Turbo cargó	√
		Refrigerador intermedio aire	√
	No. de cilindros	6	
	Potencia clasificada/velocidad	336 kW/1800 rev/min	
	Torque/velocidad máximas	2102 N/1400 m	
	Dislocación	15 L	
Velocidad de recorrido (alta-baja)	4,5 km/h / 3,1 km/h		
Características principales	Clasificabilidad máxima	70 %	
	Velocidad del oscilación	7 rev/min	
	Presión de tierra	99 kpa	
	Fuerza de excavación del máximo del compartimiento	362 kN	
Sistema hidráulico	Fuerza de excavación del máximo del brazo del compartimiento	300 kN	
	Bomba principal	bomba de émbolo 2	
	Flujo clasificado de bomba principal	2x450 L/min	
	Presión de la válvula de seguridad principal	31,5 Mpa/ 34,3 Mpa	
	Presión del sistema experimental	3,9 Mpa	
El rellenar del & fuel del petróleo	Capacidad del depósito de gasolina	880L	
	Capacidad hidráulica del tanque	550 L	
	Capacidad del petróleo del motor	44 L	
Dimensiones de la máquina			
A	largura total	11940 mm	

B	anchura total	3260 mm
C	altura total	4700 mm
D	anchura total de la superestructura	3260 mm
E	longitud de la pista	5955 mm
F	anchura total del tren de aterrizaje	4000 mm
G	anchura estándar del zapato de la pista	650 mm
H	longitud de la pista en la tierra	4685 mm
I	calibrador de pista	2800 mm /3350 mm
J	separación bajo peso contrario	1500 mm
K	separación de tierra	903 mm
L	radio del oscilación de la cola	3900 mm
Rango de trabajo		
A	Altura de excavación del máximo	11350 mm
B	Máximo que vacía altura	7370 mm
C	profundidad máxima, de excavación	6900mm
D	Profundidad de excavación del máximo de 8 pies llano	6750 mm
E	Profundidad de excavación de la pared vertical máxima	5500mm
F	Alcance de excavación máximo	11580mm
G	Alcance de excavación máximo en el nivel del suelo	11290 mm
H	Radio del oscilación Mínima	4750 mm

Fuente: Manual de explotación de la retroexcavadora modelo XCMG.

1.4. 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 a 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 a las empresas de la Unión Geólogo Minera, categorizadas para los 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. Estas 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, 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 para 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 sólo 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 dragalinas 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, perteneciente a la Unidad Básica Minera (UBM) 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 así un importantísimo eslabón el flujo productivo. El punto de recepción y trituración, es controlada por la planta de Secaderos.

Protección al medio ambiente

En el desarrollo de los trabajos de explotación minera en el área del yacimiento Punta Gorda se ha determinado los principales problemas relacionados con los procesos erosivos principalmente en los caminos mineros y taludes permanentes.

En la actualidad, las tareas de rehabilitación de las zonas minadas de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara están siendo llevadas a cabo por la Empresa "Rehabilitación de Zonas Minadas" la cual está dotada de capacitados especialistas y personal técnico especializado en la materia.

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 del talud. Es decir con el empleo de trincheras principales y el posterior desarrollo de trincheras secundarias a los diferentes frentes de trabajo.

1.4.1. Sistema de explotación aplicado

El sistema de explotación empleado actualmente es con arranque y carga directamente al transporte automotor, en uno y/o varios escalones, mediante retroexcavadoras andantes o de esteras.

El desarrollo de la minería inicia su apertura en frentes continuos a través de bancos múltiples paralelos y por la horizontal, con la utilización de retroexcavadoras hidráulicas y camiones que pueden ser articulados o rígidos tanto para la minería como para el destape.

La similitud de los ángulos de inclinación del cuerpo mineral y de la superficie del terreno natural posibilita la apertura y ejecución de la minería por cualquier horizonte o por varios a la vez y el desarrollo del mismo de arriba hacia abajo quede abajo hacia arriba. La altura de los bancos fue diseñada a partir de diferentes análisis realizados de varios perfiles de los yacimientos, así como de los parámetros fundamentales del equipamiento.

1.4.2. Sistema de explotación a cielo abierto

El sistema de explotación que se utiliza en los yacimientos que explota la ECECG es a cielo abierto y el método de explotación aplicado es por bancos múltiples y difiere sensiblemente de la minería tradicional aplicada en los yacimientos lateríticos cubanos, ya que el equipamiento minero utilizado consiste en la combinación retroexcavadora - camión.

Los métodos de explotación serán en correspondencia con las condiciones minero-técnicas de los diferentes frentes de trabajo y la existencia en la actividad de dos

tecnologías para los trabajos de arranque y carga; retroexcavadoras hidráulicas y dragalinas, empleando cada una en las condiciones que resulte más ventajosa.

El método de explotación por bancos de 3,0 m de profundidad con retroexcavadoras hidráulicas; se empleará tanto para el destape como para la extracción del mineral. Consiste en comenzar la extracción o el destape desde la parte más alta del área, extrayendo rebanadas horizontales de tres metros de espesor en toda el área planificada correspondiente a ese nivel, (mostradas en el anexo 4).

Este sistema es aplicable en todo el yacimiento exceptuando las áreas inundadas o con potencia de mineral o escombros inferior a la altura del cubo en posición de arranque. En el mismo se emplean diferentes esquemas de trabajo en dependencia de las condiciones específicas de los frentes.

El escombros y la extracción se realizan mediante el desarrollo de bancos múltiples y la exposición de varios frentes a la vez, donde los frentes de excavación se desplazan de Norte a Sur (o viceversa), mientras que los bancos se desplazan generalmente de Oeste a Este, y el frente de explotación habitualmente de arriba hacia abajo. La carga de los camiones se realiza en el nivel inferior y a 90° con respecto al punto de extracción, en períodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se puede realizar a nivel de plataforma.

La apertura de nuevos bancos y frentes de minería se efectúa a través de trincheras longitudinales interiores, posteriormente son ampliadas paulatinamente hasta quedar creado o expuesto un nuevo frente.

Por haber una similitud entre los ángulos de inclinación del cuerpo mineral y el de la superficie del terreno natural, la apertura y ejecución de la minería puede ser iniciada y realizada por cualquier horizonte o por varios a la vez y desarrollarlos lo mismo de arriba hacia abajo que de abajo hacia arriba. Esto indica que como resultado de la práctica minera siempre debe resultar solo un borde de trabajo, donde el ángulo de inclinación del terreno natural es menor o igual al ángulo del borde de trabajo.

La coincidencia de la inclinación entre el terreno natural y el cuerpo mineral, permite además la ejecución de piscinas de sedimentación sin correr el riesgo de deslizamientos de taludes y construir accesos hasta ellas sin dificultades.

Con este mismo sistema de explotación el control topográfico de la minería desempeña un papel importante a la hora de asegurar la calidad del mineral, ya que se requiere la ubicación espacial precisa de cada bloque primario. Otra diferencia sustancial con el sistema tradicional consiste en la no ejecución de caminos secundarios para el desplazamiento de un banco a otro, se utilizan accesos temporales que desaparecen con el avance de la minería.

El minado a cielo abierto es un método a largo plazo en términos de porcentaje de producción, responsable del 60 % de toda la extracción de la superficie. Esto permite la utilización de equipo de producción altamente mecanizado (*Martin et al., 1982*).

El minado a cielo abierto por su naturaleza implica el acarreo por fuera del tajo de cantidades moderadas a grandes de ganga y mineral con distancias relativamente largas e inclinaciones muy empinadas. Estos requerimientos afectan el diseño del tajo, la selección del equipo y razón de producción requerida. Por ser normalmente bajas las leyes del mineral, la producción del equipo debe ser alta y las relaciones de descapote deben de mantenerse a niveles moderados (normalmente $1 - 5 \text{ yd}^3 / \text{tcó}$ $0.8 - 4 \text{ m}^3 / \text{t}$). Por lo anterior los límites inferiores (profundidad) de los tajos son relativamente moderados (generalmente $< 1000 \text{ ft}$, o $< 300 \text{ m}$) (*Crawford y Hustrulid, 1979; Atkinson, 1983*).

Particularmente importante en el desarrollo en el sistema de explotación es la ubicación de los terrenos, el aprovechamiento de la superficie, montones y las pilas de lixiviación. Las instalaciones de almacenaje, procesamiento y de transporte se ubican en las proximidades del diseño propuesto del tajo final, pero con razonable acceso al exterior. Se selecciona el equipo y se adquiere a medida que sea necesario. Entonces comienza el avance del descapote en la capa superior, para permitir la etapa de explotación y proceder con el programa; así el descapote y el minado a corto y largo plazo. A pesar del alto grado de mecanización y de la movilidad requerida, el diseño y mantenimiento



Figura 1.4. Destape de reservas por bancos en celdas.

Fuente: Proyecto de explotación del yacimiento de Punta Gorda. ECECG. 2015.

Destape con retroexcavadoras y almacenamiento temporal del material

El destape de reservas con retroexcavadoras y almacenamiento temporal se puede emplear 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.)

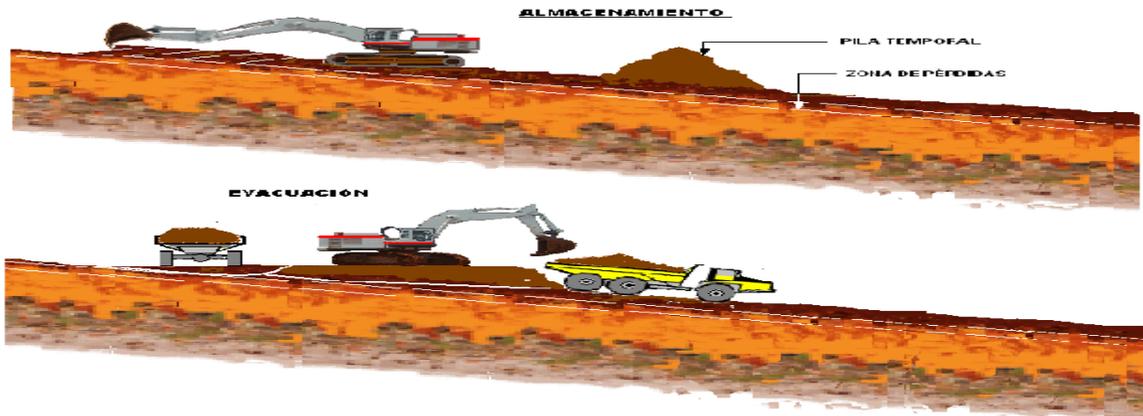


Figura 1.5. Operación de destape y almacenamiento temporal del material.

Fuente: Proyecto de explotación del yacimiento de Punta Gorda. ECECG. 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 del yacimiento de Punta Gorda. ECECG. 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 escomburo 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 del yacimiento de Punta Gorda. ECECG. 2015.

Una vez descubierto el mineral, se procede al saneamiento del mineral extrayendo todo el escomburo que quedó en el piso y almacenándolo sobre el escomburo insitu, 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 escomburo o botar el mineral.

En la figura 1.8, se muestran los bancos extraídos hasta llegar al contacto y el saneamiento del piso del banco.

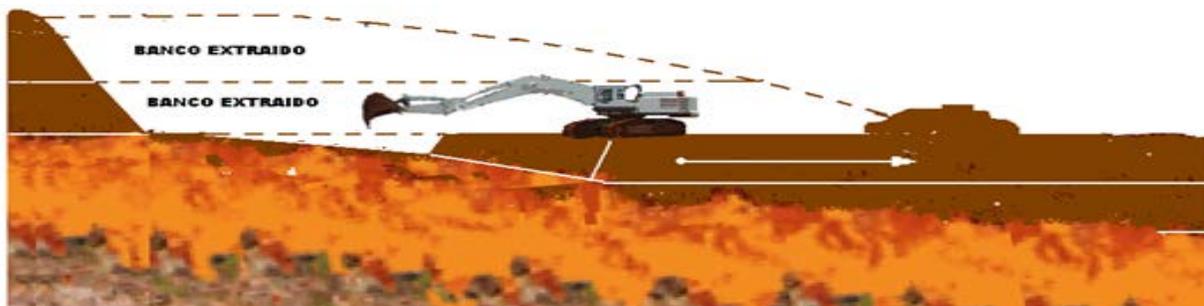


Figura 1.8. Etapa II Saneamiento del contacto y almacenamiento del material.

Fuente: Proyecto de explotación del yacimiento de Punta Gorda. ECECG. 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 del yacimiento de Punta Gorda. ECECG. 2015.

1.4.4 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, coeficiente de esponjamiento).
- Uso del turno, teniendo en cuenta las interrupciones durante la duración de la jornada.

1.4.4 Régimen de trabajo

El régimen de trabajo propuesto para la explotación de este yacimiento es el siguiente:

Días - Se operará con régimen de trabajo continuo, los 365 días del año.

Turnos - Las operaciones mineras se realizarán en 2 turnos al día de 12 horas de duración. Los turnos de trabajo son de 7a 7, con un sistema de 4 días de trabajo y 4 de descanso, promediando 42 horas semanales de trabajo. Cada trabajador tiene el derecho a descansar 15 minutos dos veces en el turno para merienda y necesidades personales, 15 minutos para el cambio de turno y 1 hora para el almuerzo. Los administrativos y los técnicos trabajan en jornadas de 8 horas con descanso los fines de semana.

Tabla 1.3 Régimen de trabajo anual.

Descripción	U/M	Valores
Días Calendarios	d	365
Días de lluvia	d	40
Días efectivos	d	325
Turnos por día	u	2
Horas turno	h	12
Horas día	h	24
Utilización del turno	k	0,835

Fuente: Elaboración propia.

La explotación de los equipos y su sistema de indicadores técnicos – productivos se rige por indicadores de calidad que gestionan el proceso mediante un sistema, regulando así la calidad del producto explotado.

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.

Al mover el material a las escombreras para usarlo como reserva y posible explotación de este material en otro momento pero partiendo que presenta baja ley del mineral se originaría un ciclo secundario.

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 1.10.



Figura 1.10. 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 1.11.

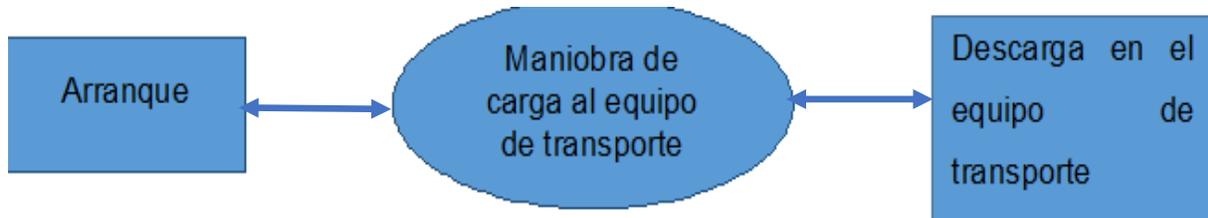


Figura 1.11 maniobras del ciclo de trabajo de las retroexcavadoras

Además en la normación se tendrá en cuenta el comportamiento de otras variables que inciden en el ciclo de trabajo relacionadas con las condiciones de explotación y otras labores auxiliares.

Capítulo II. Materiales y Métodos utilizados en la investigación

2.1. Introducción

El conocimiento de las normas de producción de los equipos de excavación – carga que intervienen en el proceso productivo de la UBM, es imprescindible para la planificación, el control de la producción y la organización de las operaciones mineras; estas influyen para definir los parámetros de explotación técnica y los indicadores de rendimiento de estos equipos.

En este capítulo se plantea como **objetivo:**

Definir las normas de explotación de los equipos de excavación – carga para determinar los diferentes parámetros técnico – productivos en función de los ciclos de trabajo en el desarrollo de las labores mineras de la UBM.

2.2. Normación y medición del trabajo de los equipos de excavación – carga

La normación de los equipos de excavación – carga es utilizada para conocer el comportamiento de los diferentes indicadores técnicos – productivos, además de los indicadores que rigen el rendimiento de los mismos.

Los objetivos específicos de la normación son:

- Determinar el tiempo para cada una de las operaciones que comprende el proceso de producción.
- Determinar el tiempo de las interrupciones reglamentadas.
- Determinar el tiempo de las interrupciones no reglamentadas.
- Determinar el ciclo de trabajo de las retroexcavadoras marca XCMG.
- Determinar los indicadores técnico – productivos para diferentes trabajos en función del ciclo de trabajo.

2.2.1. *Establecimiento de las etapas para la realización de las fotografías por operaciones*

Las mediciones de estos equipos de excavación – carga, se proyectó realizarla en los dos turnos de trabajo de la forma siguiente:



- Tomar 5 muestras fotografías 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, (ver anexo 2).
- 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, (Ver anexo 1).

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

- Extracción en el frente de carga (banco).
- Escombreo o destape de reservas.
- Remonte en los depósitos de la UBM.

Preparación para la medición de los equipos mineros.

Para la medición de 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 llenar completamente, figura 2.1.

- En todos los casos llenar totalmente el cubo y evitar que quede material suelto en el fondo de la excavación o se produzcan derrames del mismo durante la carga de los camiones.
- Comenzar el trabajo con la cama del camión limpia y la misma no se limpiará hasta que con la misma cantidad de cubos con que se comenzó, comience a derramarse, contar cada cuantos viajes hay que limpiar la cama de los camiones y que tiempo se emplea en hacerlo.
- Contabilizar todos los viajes así como el tiempo empleado en el llenado.
- Especificar el tipo de litología extraída y las condiciones de humedad del material de forma simplificada, seco, medianamente húmedo y muy húmedo.

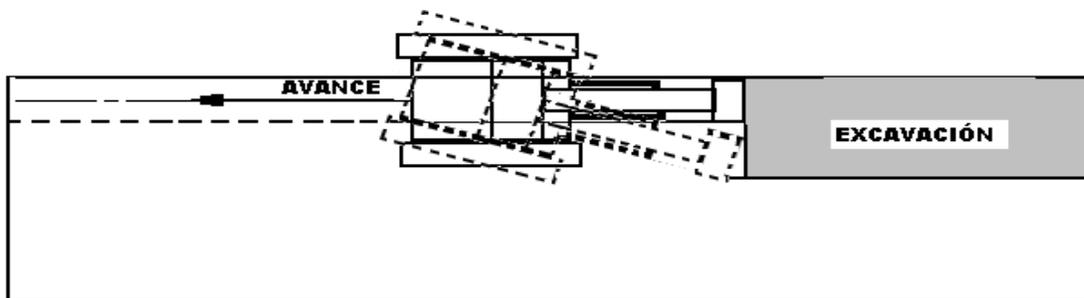


Figura 2.1. Etapa 1: inicio de la trinchera.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 2

- Al llegar al final del área a extraer, hacer un giro a 90° y conformar una trinchera perpendicular al borde anterior, la cual se prolongará hasta la otra esquina del área a extraer, figura 2.2.

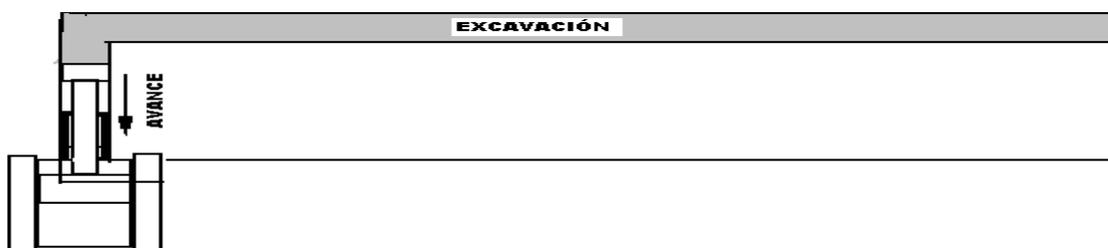


Figura 2. Etapa 2: Corte perpendicular de la trinchera.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 3

- Al llegar al extremo del área se hace otro giro a 90° y colocar la retroexcavadora de tal forma que el eje de la misma coincida con el borde exterior de la excavación
- desplazar la retroexcavadora, y hacer un corte vertical por el borde y recoger el material del centro de la excavación.
- Lograr que el ancho del corte interior debe permitir el llenado completo del cubo y que el fondo quede lo más nivelado posible, figura 2.3.

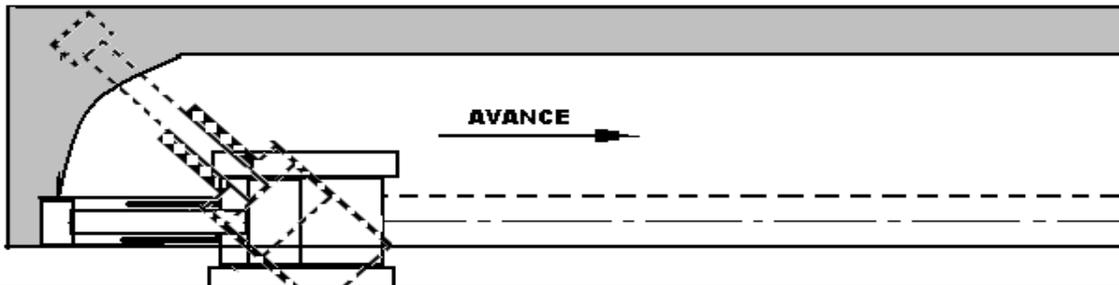


Figura 3. Etapa 3, conformación del borde y extracción del núcleo.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 4

Al llegar la final de la excavación conformar las esquinas de la misma, y lograr que los cortes en la esquina que queden vertical y a la profundidad de la excavación, figura 2.4.



Figura 2.4. Etapa 4: Extracción y conformación de la última esquina.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa 5

- Explanar debidamente la pila.
- Realizar un levantamiento topográfico de la pila.
- Calcular el volumen de la pila y de la excavación.
- Hacer la medición de la excavación se hará a escala 1: 200 en el piso, tomar puntos en todas las esquinas y definir con precisión los contornos superior e inferior de la excavación.

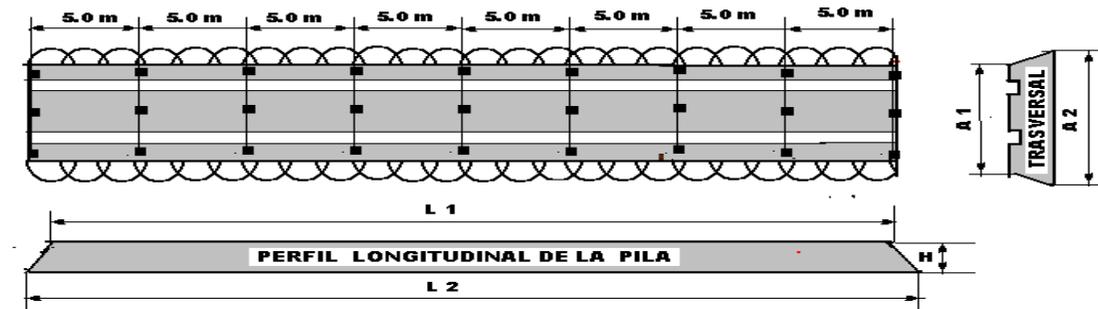


Figura 2.5. Etapa 5, medición de las pilas explanadas.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Definición de los métodos de cálculo de los indicadores de rendimiento.

2.3.1 Metodología para el cálculo de los indicadores técnico – productivos

(Fuente ISMM Disciplina Explotación a Cielo Abierto (metodología aplicada por el departamento de ingeniería en minas del ISMMM)

Coeficiente de esponjamiento

$$Ke = \frac{Vp}{Ve}(1)$$

Donde:

Vp : Volumen de la pila entre volumen extraído; uno para cada una de las litologías predominantes OICP, OISP.OEF.

Ve : Volumen de extracción del material.

Capacidad del cubo de la retroexcavadora

$$Cc = \frac{Ve}{qc}; [m^3](2)$$

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.

$$Q_t = \frac{q * 60}{T}; [t/h](3)$$

Dónde:

Q_t : Producción Teórica de la retroexcavadora(t)

q : Producción por ciclo (Vol. del cucharón)(t)

T : Duración del ciclo (h)

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 (h): Depende de la dureza del suelo, de la profundidad de excavación, del tamaño del cucharón, del ángulo de giro y de la ubicación del equipo de transporte. El ciclo de excavación de la excavadora consta de cuatro partes:

1. Carga del cucharón: es la magnitud que expresa el peso del material que se arranca del yacimiento, este valor es determinado por el volumen del cucharón o por el volumen de extracción del polígono de preparación y la cantidad de cubos para llenar el camión.
2. Giro con carga: es la magnitud que expresa el promedio del tiempo a partir del momento en que se realiza el arranque del material hasta el depósito en la cama del camión, se realizan la cantidad de giros necesarios hasta que se llene el camión con las toneladas a cargar.

3. Descarga del cucharón: es el momento que se vacía la carga que fue extraída en la cama del camión.
4. Giro sin carga: es la magnitud de tiempo donde expresa el tiempo promedio en que gira la aguja de la máquina de extracción cuando descargo el material en la cama del camión gira para volver a extraer el material.

Productividad técnica

$$Q_{tc} = \frac{Q_t * K_{LL}}{T_c * K_e}; [m^3/h](4)$$

Dónde:

K_{LL} : Coeficiente de llenado de la cuchara.

K_e : Coeficiente de esponjamiento.

Productividad de explotación

$$Q_{exp} = Q_{tec} * K_u; [m^3/h](5)$$

Dónde:

K_u : Coeficiente de utilización de la máquina en el tiempo.

Productividad por turno

$$Q_{tur} = Q_{exp} * T_m; \left[\frac{t}{turno} \text{ o } m^3/turno \right](6)$$

Dónde:

T_m : Duración del turno de trabajo (h).

Productividad anual

$$Q_a = Q_{tur} * p; [m^3/año](7)$$

Dónde:

p: Cantidad de turnos al año.

2.4. Acciones para aumentar al máximo la producción por ciclo de una retroexcavadora

- Altura del banco y distancia al camión ideales.

Cuando el material es estable, la altura del banco debe ser aproximadamente igual a la longitud del brazo. Si el material es inestable, la altura del banco debe ser menor. La posición ideal del camión es con la pared cercana de la caja del camión situada debajo del pasador de articulación de la pluma con el brazo.

- Zona de trabajo y ángulo de giro óptimos.

Para obtener la máxima producción, la zona de trabajo debe estar limitada a 15° a cada lado del centro de la máquina o aproximadamente igual al ancho del tren de rodaje. Los camiones deben colocarse tan cerca como sea posible de la línea central de la máquina. La ilustración muestra dos alternativas posibles.

- Distancia ideal del borde.

La máquina debe colocarse de forma que el brazo esté vertical cuando el cucharón alcanza su carga máxima. Si la máquina se encuentra a una distancia mayor, se reduce la fuerza de desprendimiento. Si se encuentra más cerca del borde, se perderá tiempo al sacar el brazo. El operador debe comenzar a levantar la pluma cuando el cucharón haya recorrido el 75% de su arco de plegado. En ese momento el brazo estará muy cerca de la vertical. Este ejemplo representa una situación ideal.

En una obra determinada no es posible seguir todos los puntos considerados, pero si se siguen estos conceptos el efecto sobre la producción será muy positivo.

2.4.1. Factores que influyen en la producción de las retroexcavadoras

Para obtener la producción real de las excavadoras se debe corregir la producción teórica aplicando los factores de material, de eficiencia del trabajo y de cucharón o acarreo.

- Factor de cucharón o de acarreo.

Representa la disminución del volumen del material acumulado en el cucharón, debido a la pérdida por derrame en la operación de levante y descarga, varía de acuerdo a la



forma y tamaño de las partículas y de las condiciones de humedad. Se utilizan los mismos valores que los recomendados para los cargadores frontales.

Capítulo III. Análisis de los resultados

3.1. Análisis de los resultados de la investigación

3.1.1. Evaluación de la fotografía por operaciones

Los equipos excavación – carga relacionados en la tabla 3.1, fueron objeto de estudio en las labores extracción de mineral y el remonte en el depósito, mediante la normación de su ciclo de trabajo durante la duración del turno de trabajo.

Tabla 3.1. Utilización de los equipos de excavación – carga XCMG.

No	Sigla	Fecha de Puesta en marcha	Horas Trabajadas
1	RE-1393	Noviembre 2015	7300
2	RE-1394	Noviembre 2015	7141
3	RE-1395	Noviembre 2015	7000

Fuente: informe del taller mecánico de la UBM 2017.

Afectaciones presentadas en los equipos marca XCMG modelo XE700.

RE-1393

304 horas de avería eléctrica por aceleración.

RE-1394

99.5 horas por averías de manguera hidráulica explotada y falta de aceite hidráulico.

285 horas por averías en el motor de arranque.

1250 horas por avería por pase de agua refrigerante por el motor.

3.1.2. Normación de los equipos en labores de minería

Las operaciones desarrolladas por las máquinas fueron realizadas en el yacimiento camarioca este, en el área 15, en los bancos 235 – 237, las muestras tomadas durante cuatro días de trabajo, caracterizado el terreno con baja humedad; días sin precipitaciones, la representatividad en días secos, (ver el anexo 2).

Tabla 3.2. Fotografía para la operación en el minado.

	Operaciones a medir en la fotografía	Tiempo (seg)
1	Entrega del equipo (cambio de operador)	300
2	Reposado de combustible	842,5
3	Recibir las orientaciones del jefe de brigada o el recorrido	600
4	Preparación del banco de extracción o destape	240
5	Espera de camiones para realizar la carga	521,035
6	Acomodo del camión para la carga	45,72
7	Carga del camión (especificar la cantidad de cubos por camión)	169,97
8	Desplazamiento dentro del banco	294,29
9	Trabajo de acomodo del banco	438,33
10	Revisión técnica del equipo	575
11	Medición topográfica del banco	1270
12	Detención del equipo	680
13	Revisión del combustible	120
14	Otras interrupciones	360

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.3, se muestra el cronometraje del ciclo de trabajo del equipo en cuestión a la carga de los vehículos de transporte, expresando las muestras de los tiempos de carga y los giros que realiza el equipo al momento del arranque – descarga del material y los giros sin carga.

Tabla 3.3. Cronometraje del ciclo de trabajo del equipo en la operación de la minería.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Giro con carga	Giro sin carga
1	180	180	180	180	20	8
2	146	170	170	170	18	10
3	143	165	185	107	20	11
4	107	180	180	180	20	8
5	180	170	170	180	19	9
6	92	190	170	190	16	10
7	116	170	180	170	18	8
8	118	165	170	190	20	10
9	104	190	190	180	25	12
10	110	170	180	190	20	10
11	140	177	177	170	20	8
12	177	190	190	177	18	9
13	190	161	170	190	25	10
14	140	185	170	190	19	13
15	161	170	185	170	20	12
16	185	185	170	185	23	14
17	150	190	180	180	20	10
18	180	180	180	170	25	12
19			190	180	25	12

20		185	190	25	13
----	--	-----	-----	----	----

Fuente: *Elaboración propia.*

Los principales tiempos analizados correspondientes al ciclo de trabajo de carga de estos equipos se determinan para conocer el promedio de las operaciones en la minería.

Recorrido promedio con carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,35$ min.

Recorrido promedio sin carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,17$ min.

Media promedio para la carga del camión: $\bar{X} = \sum \frac{\bar{X}}{n} = 2,83$ min.

3.1.3. Normación de los equipos en labores de escombreo o destape

Los equipos desarrollaron las labores de escombreo en el yacimiento camarioca este, en el área 15 en la ladera suroeste y sureste, donde se explotó el mineral extraído de los bancos del 235 – 238, las escombreras fueron situadas a una distancia de 527 m y 764 m respectivamente de la zona de explotación, (ver anexo 3). Las labores de escombreo se realizar fundamentalmente para el almacenamiento del material que presenta un contenido más bajo a partir de la ley del mineral, (ver anexo 2).

El clima se comportó de forma relativa, en las mediciones realizadas durante los días correspondientes existieron precipitaciones que ocasionaron que hubiera humedad en el suelo y las operaciones se realizaran en el terreno calado, de igual forma las operaciones relacionadas fueron ejecutadas con el terreno seco que facilitaba el cumplimiento del equipo y el desplazamiento de los vehículos de carga.

Tabla 3.4. Fotografía para operación de destape o escombreo.

	Operaciones a medir en la fotografía	Tiempo (seg)
1	Entrega del equipo (cambio de operador)	300
2	Reposado de combustible	920
3	Recibir las orientaciones del jefe de brigada o el recorrido	600
4	Preparación del área para el escombreo (desbroce)	200,43
5	Espera de camiones para realizar la carga	132,05
6	Acomodo del camión para la carga	63,63
7	Carga del camión (especificar la cantidad de cubos por camión)	171,34
8	Desplazamiento dentro del área de escombreo	93,33
9	Revisión técnica del equipo	600
10	Medición topográfica del banco	1266,67

11	Detención del equipo	252,5
12	Revisión del combustible	250
13	Otras interrupciones	360

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.5, se muestran las mediciones realizadas en las operaciones de escombreo o destape para determinar los tiempos promedios del ciclo de operación.

Tabla 3.5. Cronometraje del ciclo de trabajo del equipo en la operación del escombreo.

	Día 1	Día 2	Día 3	Giro con carga	Giro sin carga
1	180	170	180	25	10
2	178	180	120	20	12
3	120	180	150	19	11
4	135	180	170	17	9
5	120	185	160	18	10
6	130	180	180	18	11
7	180	240	190	20	8
8	125	180	170	22	9
9	135	180	180	20	10
10	140	170	185	18	11
11	185	180	200	25	12
12	300	180	185	26	10
13	185	180	180	25	8
14	180	180	180	20	9
15	180	180	175	23	12
16	175	180	180	20	10
17	180	170	150	25	9
18	120	175	145	19	10
19	125	180	170	18	10
20	130		180	18	11
21	180		180	20	12
22	180			18	10

Fuente: Elaboración propia

Recorrido promedio con carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,36$ min.

Recorrido promedio sin carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,17$ min.

Media promedio para la carga del camión: $\bar{X} = \sum \frac{X}{n} = 2,86$ min.

3.1.4. Normación de los equipos en labores de remonte y minería en el depósito

En el depósito las principales operaciones realizadas fueron el remonte y la minería; en las labores normadas estuvo involucrado el depósito 5, pila 13 donde se realizó el remonte de la

pila para completar el proceso de secado mediante la radiación solar; en el depósito 2 pila 9 y en el depósito 4 pila 1 donde las actividades mineras fundamentales fueron el remonte de las pilas y la realización de la minería, (ver anexo 2).

Tabla 3.6. Fotografía para la operación de remonte y minería en el depósito.

	Operaciones a medir en la fotografía	Tiempo (seg)
1	Revisión del combustible	250
2	Indicación del jefe de brigada	400
3	Revisión técnica del equipo	300
4	Trabajo de remonte	790
5	Traslado para operación	150
6	Desplazamiento en el depósito para remontar otra pila	455
7	Trabajo de carga de camión	196,58
8	Acomodo del camión para la carga	89,47
9	Espera de camiones para realizar la carga	240,42
10	Interrupción por cambio de operador	240
11	Parada del equipo	480
12	Movimiento en el depósito	300
13	Traslado en el depósito	300
14	Otras interrupciones	360

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.7, se expresan los resultados de los tiempos obtenidos en las muestras de la operación del remonte realizado a las pilas en el depósito, en esta operación se midieron el ciclo total de remonte de la pila y los tiempos de giro del equipo; en la tabla 3.8, se observan los resultados para la operación de la minería que se realizó desde el depósito hasta las tolvas, de igual forma es para determinar su ciclo de trabajo en esta operación.

Tabla 3.7. Cronometraje del ciclo de trabajo del equipo en la operación de remonte.

	Día 1	Día 2	Día 3	Giro con carga	Giro sin carga
1	1200	1620	1540	25	10
2	1080	1200	1180	20	12
3	780	600	800	16	10
4	720	120	670	18	15
5	1860	220	180	20	10
6	480		200	18	10
7	800		300	20	11
8			250	18	9

Fuente: Elaboración propia

Recorrido promedio con carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,32$ min.

Recorrido promedio sin carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,18$ min.

Media promedio para la operación de remonte: $\bar{X} = \sum \frac{\bar{x}}{n} = 13,16$ min.

Tabla 3.8. Cronometraje del ciclo de trabajo del equipo en la operación minería en el depósito.

	Día 2	Día 3	Giro con carga	Giro sin carga
1	285	180	20	8
2	180	195	22	10
3	130	210	19	10
4	195	190	20	12
5	185	180	23	11
6	195	210	25	10
7	220	180	20	14
8	215	210	23	12
9	200	195	20	10
10		180	18	11

Fuente: Elaboración propia

Recorrido promedio con carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,35$ min.

Recorrido promedio sin carga: $\bar{R} = \sum \frac{R}{n} = 0,18$ min.

Media promedio para la carga del camión: $\bar{X} = \sum \frac{\bar{x}}{n} = 3,27$ min

Descripción de los tiempos en la operación de minería

Las operaciones desarrolladas por las máquinas fueron realizadas en el yacimiento camarioca este, en el área 15, en los bancos 235 – 237, las muestras tomadas durante cuatro días de trabajo, caracterizadas por pocas inclemencias relacionadas a la humedad; fundamentalmente estos días con pocas precipitaciones, aunque la variación de humedad del material es tomada por la profundidad de excavación en el banco donde se realiza la operación de la minería, (ver anexo 3).

Una de las variables que se tienen en cuenta para medir el ciclo de trabajo total de los equipos de excavación – carga es la espera de los camiones, según la flotilla que se utilice, este tiempo de espera está relacionado con la distancia que recorren los camiones hasta el depósito y la demora de estos a llegar hasta el área de carga.

En las mediciones realizadas se determina que el tiempo fluctúa, resultando el promedio del primer día de 13 min, el segundo día un promedio de 9 min; y para el tercero y cuarto día de 7 min; dando un promedio de 9 min de espera entre camiones para la realización de la carga, mostrado en la tabla 3.2, pero en este caso el tiempo expresado en segundos.

En los días evaluados se utilizó una flotilla de 6 camiones para la operación, que recorrían la distancia 6,8 km desde el deposito hasta el área de carga donde se realiza la actividad de la minería en los bancos referidos del área en el yacimiento de camarioca este; a partir de los kilómetros recorridos y la utilización de los medios de carga se podría haber disminuido el tiempo de espera entre camiones para la realización de la carga del material y así incrementar la productividad, (ver anexo 3).

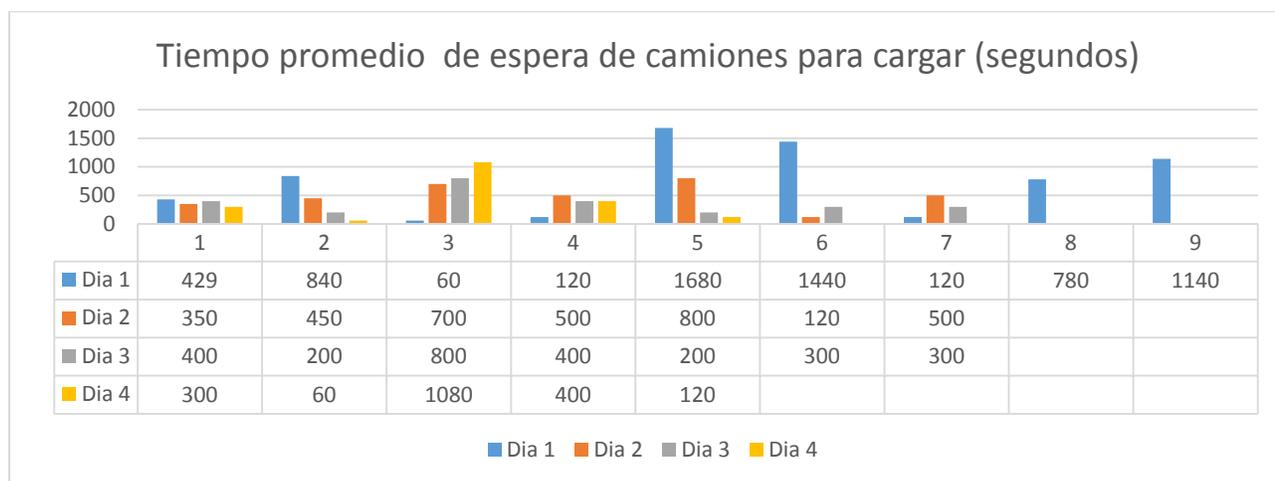


Figura 3.1. Promedio del tiempo de espera de los equipos en labores de minería.

En el estudio de la realización de la carga de los camiones por parte de los equipos de excavación – carga, se parte de las mediciones realizadas en el área de explotación; aunque se analizan las variables cantidad de cubos para llenar el vehículo de carga, la humedad del

terreno a partir de la afectación del clima en el suelo y los tiempos de giro del brazo con carga y sin carga.

En la figura 3.2, se evidencia el comportamiento del promedio en el tiempo de carga de los camiones, en la actividad de la minería, donde analizando los días de trabajo de estos equipos se obtiene para el primer día un promedio de 2,4 min para el llenado con 7 cubos; el mencionado día no hubo lluvia que influyo en la humedad del terreno, el segundo día el promedio de 2,95 min fundamentalmente por el llenado de los camiones con 8 cubos, donde según la capacidad de carga del cubo entre 5 – 5,8 m³; es suficiente para el llenado del camión de 40 m³ con 7 cubos. El tercer día el promedio es 2,98 min con la utilización de 8 cubos por parte del llenado de los camiones; el cuarto día 2,95 min de promedio de llenado con 7 cubos por camión, en este caso el suelo presento una humedad elevada a causa de precipitaciones. La relación de estos promedios se expresa en el gráfico 3,2 de dispersión para establecer la proporción de los tiempos de carga de los camiones en su ciclo de trabajo.

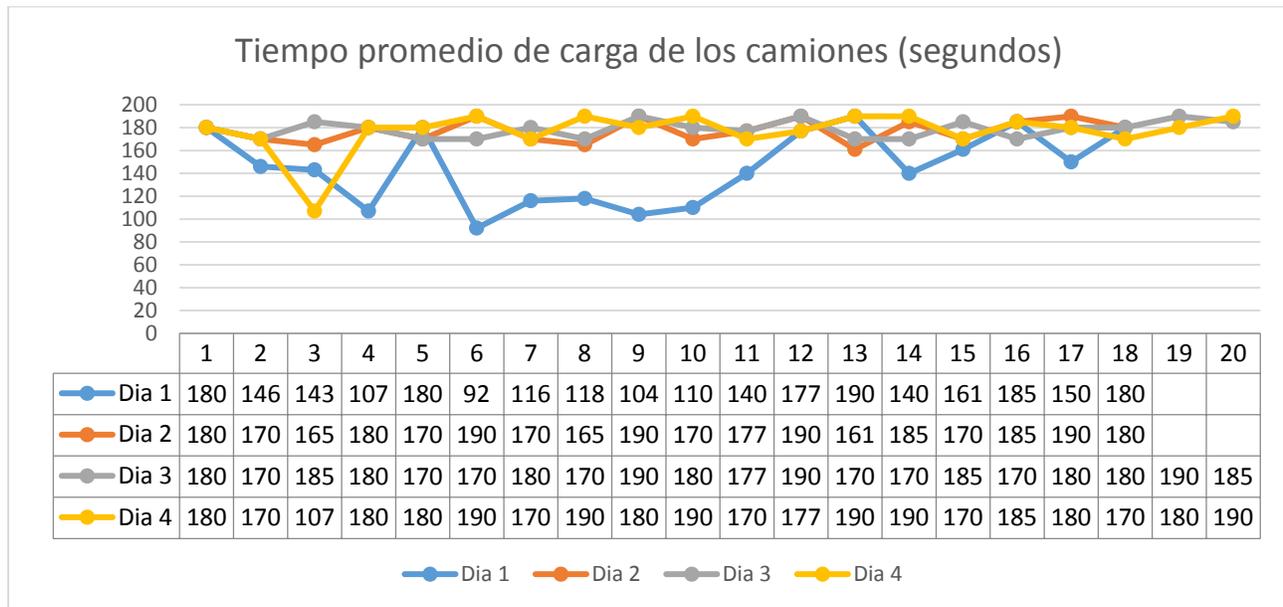


Figura 3.2. Promedio del tiempo de carga de los camiones en labores de minería.

Descripción de los tiempos en la operación de escombreo

Las labores de escombreo son las actividades realizadas por los equipos de excavación para la preparación del terreno y desarrollo de las escombreras en el área de explotación.

Estas operaciones fueron realizadas en el área 15 de yacimiento antes mencionado, donde las labores desarrolladas en las laderas suroeste y sureste de los bancos trabajados por la minería, estas actividades controladas por espacio de tres días de trabajo, caracterizados por caída de precipitaciones lo que influye en la humedad del terreno, (ver anexo 3).

Las variables fundamentales medidas están relacionadas con el trabajo de eficiencia y productividad de las maquinas en relación con el movimiento de los escombros. Por lo que estuvieron medidos los parámetros de preparación del área para el escombreo, espera de equipos y la carga de los camiones.

La preparación de área para el escombreo es una actividad realizada por los equipos en objetivo del acopio del material que luego será trasladado por los camiones de carga hacia las escombreras.

Esta actividad caracterizada por la movilidad y el traslado por estos equipos en el área donde estuvo determinado que esta labor el primer día se desarrolló en un tiempo promedio de 3,03 min; el segundo día 2,74 min y el tercer día 4,09 min, dando una media de la actividad de 3,34 min; como se muestra en el grafico 3.3, las principales mediciones del movimiento de la operación.

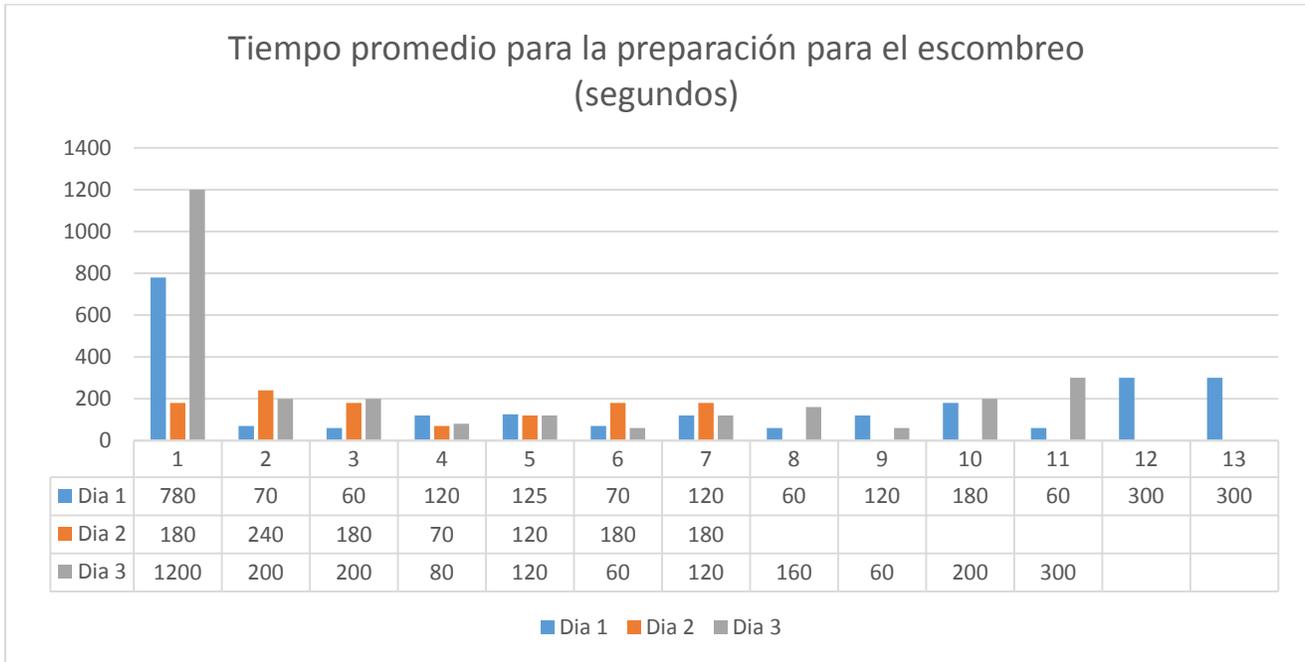


Figura 3.3. Promedio del tiempo en la preparación para el escombreo o destape.

En la evaluación de la espera de camiones se tuvo en cuenta la utilización de la flotilla de 5 camiones para la operación, que recorrían la distancia 527 m y 763,7 m desde el área hasta las escombreras, (ver anexo 3).

En las mediciones tomadas en los días de estudio determinaron las medias por cada día de trabajo: 2,03 min; 2,54 min y 2,22 min los tiempos tomados promedios, obteniendo una media de 2,20 min de la espera de camiones para la realización de la carga del material, como se expresa en la figura 3.4.

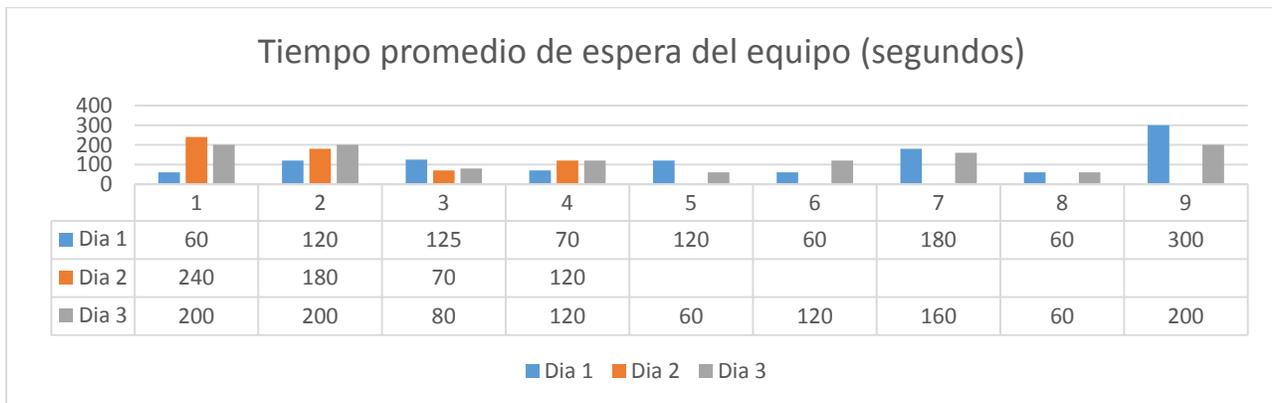


Figura 3.4. Promedio del tiempo de espera de los equipo durante el escombreo.

En el caso de la operación del escombreo la actividad de carga de los camiones se realiza de igual manera que en la minería donde se tiene en cuenta la cantidad de cubos que se utilizan para llenar un camión, que por supuesto de manera estandarizada debe ser la misma cantidad por la capacidad del cubo en metros cúbicos, que en el caso de estudio es de 5 – 5,8 m³.

En este caso en particular las mediciones se realizaron por espacio de 3 días para evaluar el comportamiento del trabajo de los equipo en la mencionada actividad, lo que trajo como resultado que el primer día la media fue de 2,69 min, segundo día de 3,03 min y el tercero de 2,87 min; para obtener un promedio de 2,86 min para la carga de camiones en labores de escombreo.

Cabe destacar que en los días analizados la humedad del suelo oscila entre 37 y 38 %, que produce que exista sedimentación en el suelo y esto dificulte a los operadores a realizar las labores de extracción con prontitud y además que se adhiera el material al cubo lo que trae como consecuencia la mayor utilización de tiempo para la limpieza del mismo.

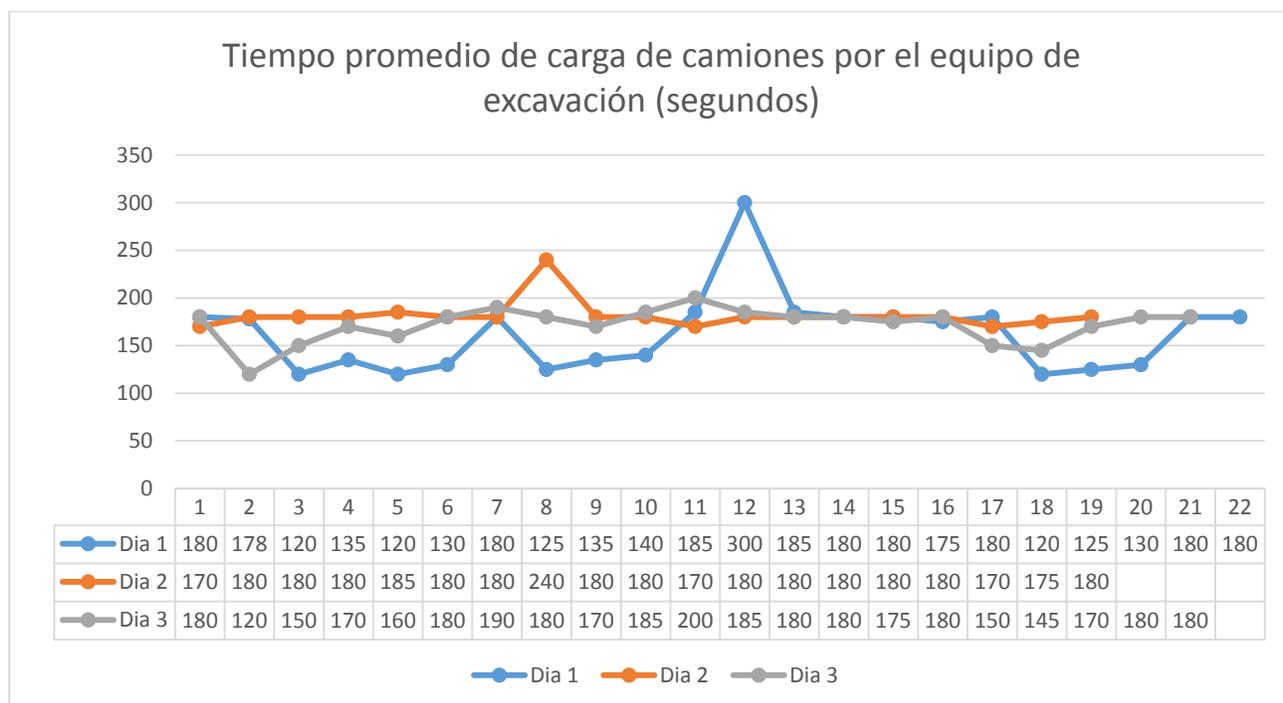


Figura 3.5. Tiempo promedio para la carga de camiones en el escombreo.

Descripción de los tiempos en la operación de remonte

El trabajo de remonte por parte de los equipos de excavación – carga es una de las labores imprescindibles para el proceso de secado del mineral que se encuentra en el depósito, las mediciones estuvieron caracterizadas por la evaluación de los parámetros de volumen de carga del cucharón, giro con carga y sin carga; para conocer el ciclo de trabajo de las maquinas en estas labores.

Las mediciones realizadas por espacio de tres días de trabajo; el primer día 16,48 min fue el promedio de la actividad de remonte, para el segundo día 12,53 min; el tercer día 10,67 min fue el promedio obtenido. La media de esta actividad fue 13,17 min; la evolución de la actividad por las mediciones realizadas se representa en la figura 3.5, donde se reflejan los valores del trabajo realizados en las pilas de cada uno de los depósitos planificados para el desarrollo de la tarea, ver Anexo 1. En esta mediciones se tiene en cuenta los parámetros mencionados anteriormente donde la carga del cucharón promedio de 5– 5,8 m³; el giro sin carga un promedio de 0,18 min y el giro con carga de 0,34 min.

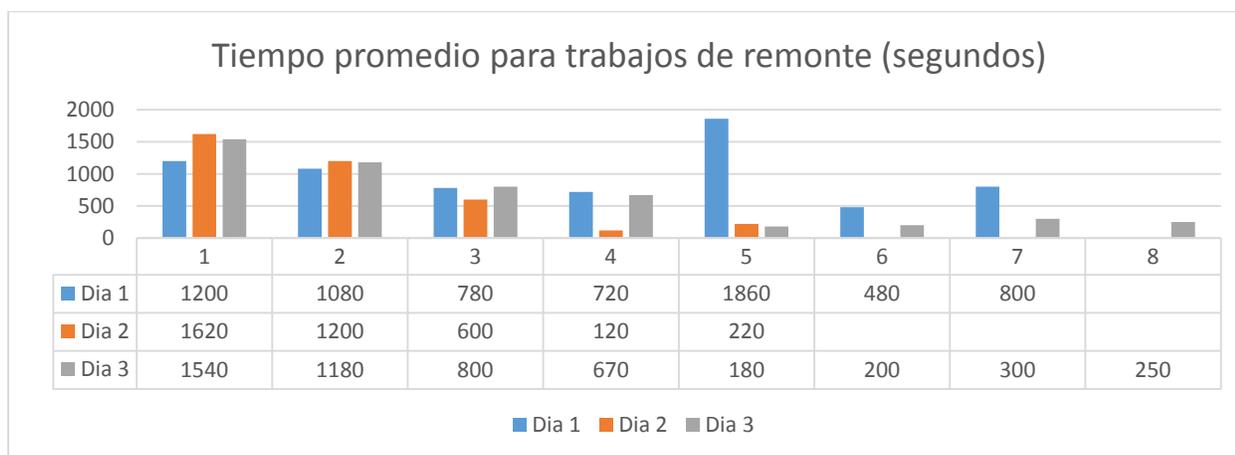


Figura 3.5. Tiempo promedio para el remonte.

En la realización de la labores de normación en esta área no solo se controló el remonte, también la actividad de la minería, ya que existió afectación por las inclemencia del tiempo en los días en cuestión; por tanto se necesitó realizar la minería desde el depósito.

Una de las variables necesarias para el control es la espera de los camiones, para así conocer el nivel de actividad del equipo; en este caso se controlaron dos días donde se realizó la actividad de minería. El primer día el promedio fue 3,87 min y el segundo día fue 4,14 min; para una media general de 4,01 min. En estos casos hay que tener en cuenta que se trabajó en dos depósitos diferentes, (ver anexo 2); que se encontraba a una distancia de 600 m y la utilización de una flotilla de tres camiones para la carga del material.

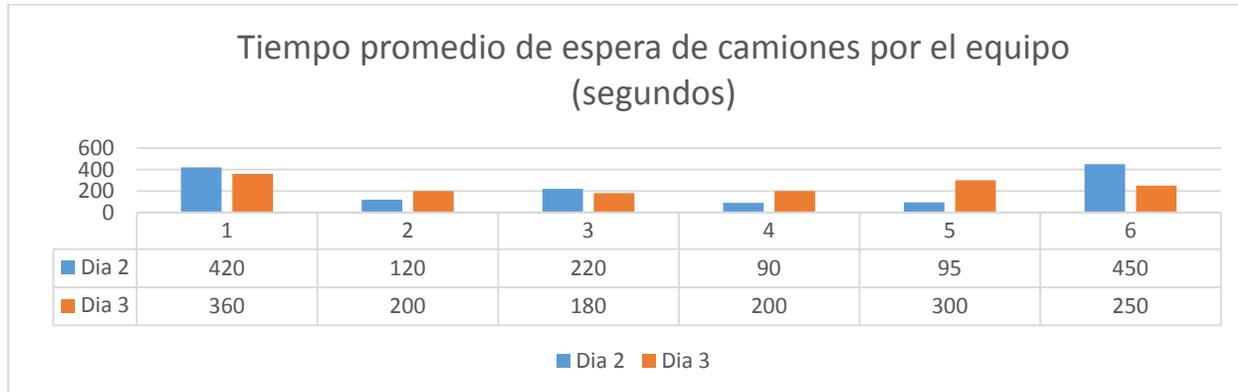


Figura 3.6. Tiempo promedio de la espera de camiones en el depósito.

Como en la minería las variables esenciales para la medición del ciclo son la capacidad de carga del cubo que se mantiene estandarizada; aunque por la humedad en las pilas como es baja no es necesario la limpieza del cubo con frecuencia; los giros de la máquina con carga y sin carga, además de la humedad en las pilas remontadas a partir de las condiciones climatológicas.

En el estudio del tiempo de carga la media general determinada resulto 3,27 min por supuesto esta actividad fue controlada dos días de los tres en que se realizaron las mediciones en esta área de trabajo, el primer día de minería el promedio fue 3,34 min y el segundo día de trabajo 3,21 min. La evaluación de los datos se refleja en la figura 3.7. En esta actividad el promedio de cubo por camión en un primer momento se utilizaron 9 cubos y en el segundo 8 cubos, hay que destacar que en los días de trabajo las condiciones climatológicas afectadas por lluvias lo que incrementaba la humedad en el terreno y aumentaba el tiempo de giro con la carga para el depósito en el camión.

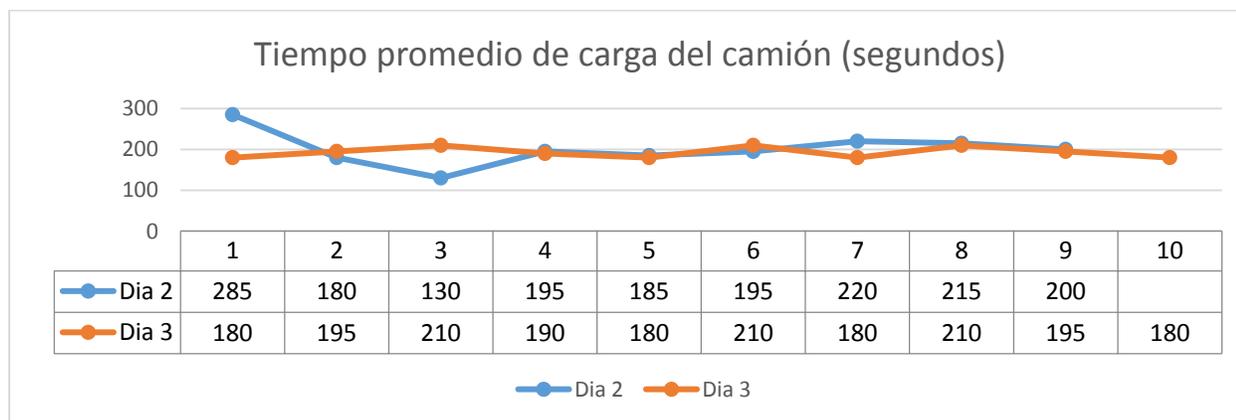


Figura 3.7. Tiempo promedio para la carga de camiones en el depósito.

A partir de la determinación del ciclo de trabajo de los equipos de excavación – carga se determinan los principales parámetros de explotación e indicadores de rendimiento que se encuentran relacionados.

En la tabla 3.9, se encuentran los principales valores de los indicadores productivos de los equipos de excavación – carga que se estudiaron en las operaciones que se desarrollan por parte de la UBM.

Tabla 3.9. Indicadores productivos de los equipos de excavación – carga.

No	Parámetros	UM	Valores
1	Coeficiente de esponjamiento		1,37
2	Productividad de la retroexcavadora	t/h	148,08
3	Capacidad volumétrica	m ³	4,75
4	Capacidad real de carga del cubo	t	5,36
5	Productividad teórica	m ³	400
6	Productividad por turno de la retroexcavadora	m ³ /turno	2516,3
7	Productividad por turno	m ³ /turno	30195,6
8	Productividad técnica	m ³ /h	41,38
9	Productividad de explotación	m ³ /h	34,76
10	Productividad por turno	m ³ /turno	417,11
11	Productividad anual	m ³ /año	304490,3

Fuente: *Elaboración propia.*

Comportamiento de los tiempos improductivos por operaciones

En la figura 3.8, se refleja los tiempos improductivos en las operaciones de minado, escombreo y remonte; los cuales son menores en las operaciones de remonte debido a que las retroexcavadoras en los frentes mineros (minado y escombreo) dependen además de la

aptitud y actitud de los operadores de: equipos de transporte, habilitaciones de combustible, levantamiento topográfico y otras operaciones complementarias.

En el remonte de pende de la aptitud y actitud del operador, del habilitado de combustible y en menores escala del levantamiento topográfico ya que el mismo se realiza una vez a la semana en el depósito.

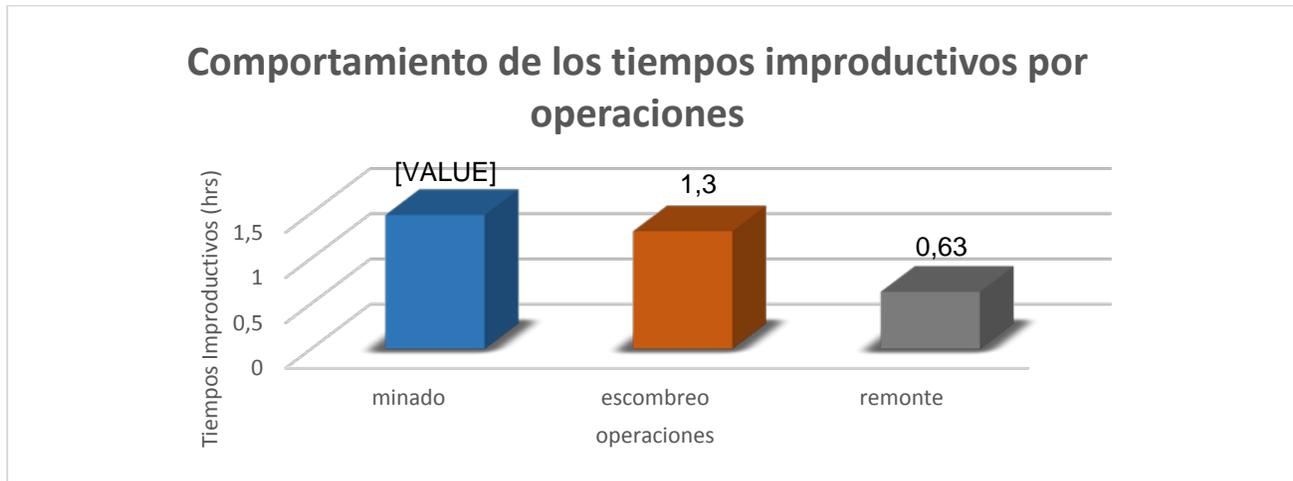


Figura 3.8. Comportamiento de los tiempos improductivos por operaciones.

Relación de la productividad promedio de las operaciones de minería y escombreo con la productividad de los equipos a partir de su ciclo de trabajo.

En la figura 3.9, se vincula la relación que existe entre el ciclo de trabajo y la productividad de los equipos de excavación – carga, donde la productividad se determina a partir del cumplimiento del ciclo de trabajo y los tiempos improductivos en la operación, por lo que en los días de menor tiempo improductivo y de adecuado de cumplimiento del tiempo del ciclo se eleva la productividad diaria en comparación con la productividad promedio que es 163,9 t/h. Esta comparación se realiza con las operaciones que se realizaron durante las mediciones en las labores de minado en el frente de carga.

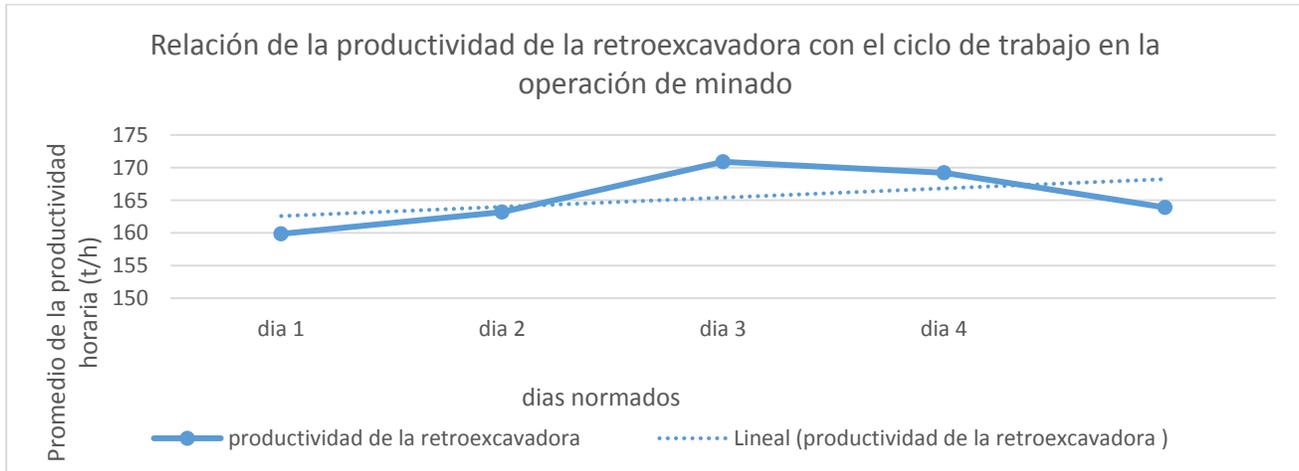


Figura 3.9. Relación de la productividad con el ciclo de trabajo en la operación de minado.

En la figura 3.10, se relacionaron los aspectos anteriores pero en el cumplimiento del ciclo de trabajo y los tiempos improductivos en las operaciones de escombreo, donde se puede comparar la productividad promedio que se tiene de los equipos de excavación – carga en esta operación con los días normados, y así establecer la vinculación y la influencia del ciclo en este indicador de rendimiento, obteniendo valores que oscilan con la productividad promedio acumulada que es $106,5 \text{ m}^3/\text{h}$. En los días que existe el cumplimiento del ciclo de trabajo y menor valor de los tiempos improductivos entonces se logra una mayor productividad horaria.

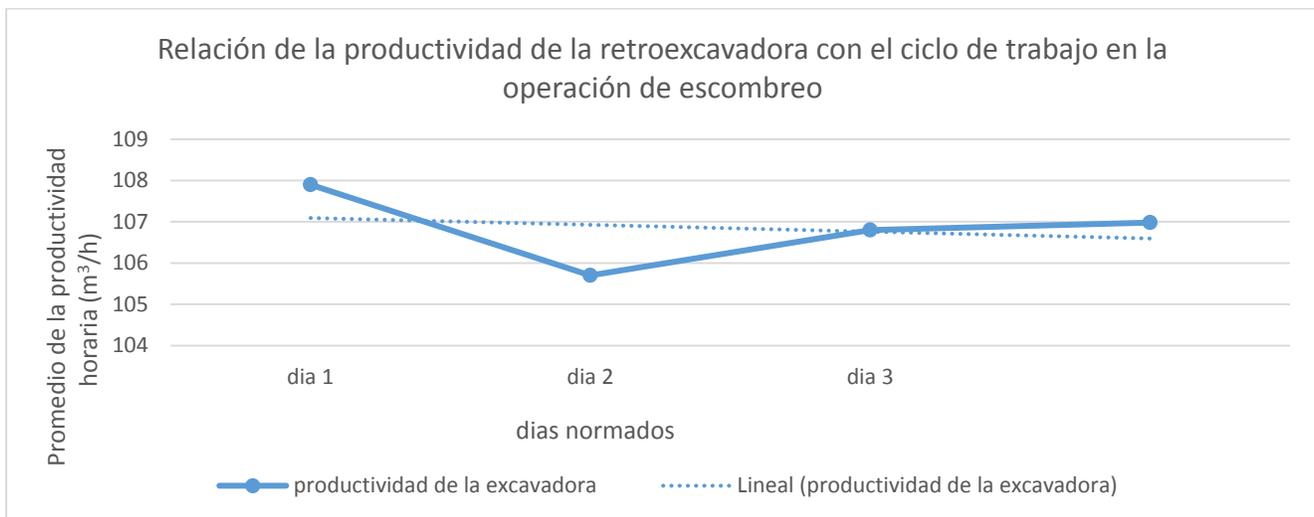


Figura 3.10. Relación de la productividad con el ciclo de trabajo en la operación de escombreo.

3.2. Valoración económica

Tabla 3.9 Gastos originados por salario G_s .

Puesto de trabajo	Cantidad Operadores	Salario mensual (\$/mes)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Operador Retroexc.	8	477,82	15	57 338,4
Total	8	3 822,56		57 338,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.10. Gastos por concepto de depreciación de equipos G_d .

Equipos	Cantidad Equipos	Valor inicial (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación (US\$/año)
Retroexcavadora	4	1034892,68	17	243 504,16
Total	4	4 139 570,72		243 504,16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.11. Gastos por concepto de combustible G_c .

Equipos	Cantidad Equipos	Consumo horario (l/hora)	Horas Operación (h)	Precio del litro (US\$)	Costo total (US\$/año)
Retroexc.	4	47,4	7300	0,77	1 065 741,6
Total	4	189,6	29 200		1 065 741,6

Fuente: Elaboración propia.

Gastos directos durante el arranque

$$G_{d(\text{arranque})} = G_s + G_d + G_c$$

$$G_{d(\text{arranque})} = 57\,338,4 + 243\,504,16 + 1\,065\,741,6$$

$$G_{d(\text{arranque})} = 1\,366\,584,16 \text{ USD}$$

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 de acceso de fuentes de información de la empresa.

3.3. Medidas de seguridad para los equipos excavación – carga

3.3.1 Seguridad e higiene del trabajo.

Durante la transportación de la masa minera existen tres elementos donde se debe de tener en cuenta la seguridad e higiene del trabajo, es decir a la hora de realizar la carga de la masa minera, a la hora de transportar el mineral hasta la planta de recepción y la transportación del escombro hasta las escombreras.

1. Medidas de seguridad al operar las retroexcavadoras.

- Cuando la retroexcavadora esté operando, se prohíbe la presencia de personas en el radio o sector de influencia de la misma.
- El personal que esté operando este equipo, siempre debe dar señal, de manera tal que indique el inicio y fin de cada operación a realizar.
- Durante el movimiento de la retroexcavadora, en pendiente, deben contemplarse aquellas medidas que impidan su corrimiento.
- Durante el movimiento, debe garantizarse el contacto visual por radio, o comunicación entre el operador y el que dirige el movimiento.
- Las retroexcavadoras deben siempre de trabajar en plataformas aplanadas y compactas cuyo pendiente no exceda de más de 1°.
- La maniobra de retroceso debe realizarse con mucho cuidado manteniendo la visión por los retrovisores de ambos lados.
- No esperar por el otro camión con la cuchara en alto.
- No girar la cuchara por encima de la cabina de la máquina.
- Asegurar de lograr una distribución de la carga en toda la carga del camión.
- Alejarse del borde de las terrazas por lo menos 2 metros.

Conclusiones Generales

1. Se caracterizaron los equipos de excavación carga marca XCMG en los labores de minado, escombreo y remonte en la UBM.
2. Se determinaron los parámetros tecnológicos y de explotación de los equipos de excavación-carga en la UBM para calcular los indicadores técnico – productivos a partir del ciclo de trabajo y la tecnología de diseño.
3. Se establecieron las 5 etapas para la normación de la operaciones de los excavación-carga (1ª inicio de la trinchera, 2ª Corte perpendicular de la trinchera, 3ª conformación del borde y extracción del núcleo. 4ª Extracción y conformación de la última esquina, 5ª medición de las pilas explanadas.), que permitieron definir el ciclo de trabajo y el efecto de los tiempos improductivos en los indicadores técnico – productivos.
4. Se estableció el ciclo de trabajo de las retroexcavadoras marca XCMG para las labores de Minado 2,83 minutos, escombros 2,86 minutos y remonte 3,27 minutos, 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.
5. Los tiempos improductivos en las operaciones de los frentes de carga son mayores en 39 minutos que afectan a la productividad horaria hasta 7 t/h.



Recomendaciones

1. Ajustar la planificación de los parámetros técnico-productivos al ciclo de trabajo obtenido en la normación.
2. Digitalizar el nuevo procedimiento de la normación para disminuir los tiempos improductivos, de forma que permita determinar en tiempo real la cantidad de equipos de excavación – carga que deben encontrarse en el frente de trabajo.

Bibliografías Consultadas

1. Baca, G. (2000). *Ingeniería Económica. Sexta edición. Bogotá: Fondo Educativo Panamericano. ISBN: 9589489133, 366p. Disponible en: <Http://Biblioteca2.Icesi.Edu.Co>.*
2. Ballester, F. Y Capote, J. A. (1992). *Máquina de movimiento de tierra. Criterios de selección. Editorial Pedeca. España. 405p.*
3. Belete, O. (2000). *Máquinas de excavación - carga. Folleto. Editorial G-Art, Guantánamo. 60p.*
4. Belete, O.; Dieguez, Y.; Estenoz, S. (2010). *Rendimiento del equipamiento minero de arranque - carga - transporte de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Informe. ISMM. Cuba. 18p.*
5. BUCKLEY, P. 1991. *Uso de la excavadora hidráulica en construcción de caminos forestales. GILDEMEISTER S.A.C. En: Actas III Taller de producción forestal. Grupo de producción forestal/fundación Chile. Concepción, S.P.*
6. Candeaux, G. (2011). *Procedimiento para la adquisición y explotación del equipamiento minero para la empresa Cementos Santiago S.A. [Tesis Maestría]. ISMM. Cuba. 85p.*
7. Cisnero, J. (2003). *Diseño de explotación a cielo abierto. A.I.M.E. P: 10 -15 Y 20 - 31. Disponible en: <Www.Aimecuador.Org>.*
8. Cuba, Y. (2008). *Perfeccionamiento de la transportación de la masa minera en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis De Grado]. ISMM. Cuba. 75p*
9. Edmundo Rafael Guadalupe Moyano et al. (2008). *Facultad de Ingeniería en Mecánica y ciencias de la producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Diseño de un sistema de indicadores de producción.*
10. Edson Rodríguez, 2013. *Maquinaria de la Construcción*

11. *Empresa Comandante Ernesto Che Guevara (2005). Procedimiento de puesta en marcha. Manual de gestión empresarial. Unidad básica de servicio técnico de la producción.*
12. *Empresa Comandante Ernesto Che Guevara (2012). Plan cinco años de minería. Departamento técnico de planificación. Unidad Básica Minera.*
13. *Empresa Ernesto Che Guevara. Estudio de aprovechamiento de la jornada laboral en la UEB. Organización Empresarial Contrato 06/06.*
14. *García De La Cruz, M.I. (2013) Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Procedimiento para el reemplazo de los equipos mineros.*
15. *García, M. I. (2008). Perfeccionamiento del procedimiento de adquisición y explotación de los equipos mineros En la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis Maestría]. 98p. ISMM. Cuba.*
16. *Gelkys (2010), Procedimiento para la adquisición y explotación del equipamiento minero para la empresa Cementos Santiago S.A.*
17. *Guerra y García De la Cruz (2009) Análisis de los indicadores técnico – productivos en la transportación de masa minera y su influencia en la planificación minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara”.*
18. *Guerra, E. (2012). Relación entre la productividad, el Mantenimiento y El Reemplazo Del Equipamiento Minero En La Mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis Maestría]. ISMM. Cuba. 89p.*
19. *Joseph A (2012), Proceso productivo de carga y transporte de material.*
20. *Mbalongany, M. (2010). Estudio del rendimiento de los equipos de arranque y carga en la mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis de Grado]. ISMM. 80p. Cuba.*
21. *Ortiz et Al. (2002), Metodología para la selección de criterios de selección de equipos mineros.*

22. *Revista Construcción Minera, Diciembre 2014 No 9.*
23. *Santiago Y. (2012). Procedimiento de cálculo del transporte automotor que permita disminuir los tiempos improductivos. [Tesis de Maestría]. ISMM. 77p. Cuba.*
24. *Toirac, A. (2010). Estudio del rendimiento del transporte automotor en la Mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. [Tesis de Grado]. ISMM. Cuba. 75p.*
25. *Tornes, A. (2005). Evaluación de la efectividad de la tecnología de arrastre en los yacimientos lateríticos. [Tesis de Grado]. ISMM. Cuba. 80p.*
26. *Vargas, R. (2002). La maquinaria pesada en movimiento de tierra. Capítulo 6. maquinaria y rendimiento. P: 67-128. Disponible En: [Http://Tesis.Uson.Mx/Digital/Tesis/Docs/3271/Capitulo6.Pdf](http://Tesis.Uson.Mx/Digital/Tesis/Docs/3271/Capitulo6.Pdf).*
27. *XCMG XE 700 (2015). Catálogos de equipos de excavación - carga y de transporte. Serie c. Unidad Básica Minera. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.*
28. *XCMG XE700 (2015). Manual de explotación, equipos de arranque y carga. Retroexcavadora XE700. Unidad Básica Mina. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.*

Anexo1.

Tabla. Modelo 1 de la fotografía

FRETE:- _____		EXC. _____	CAMIÓN _____	LLUVIA _____	SECO _____
FECHA _____					
DE	A	Descripción de las operaciones y afectaciones durante el turno			
		Entrega del equipo (cambio de operador)			
		Revisión del combustible			
		Recibir las orientaciones del jefe de brigada o el recorrido			
		Preparación del banco de extracción o destape			
		Espera de camiones para realizar la carga,			
		Acomodo del camión para la carga			
		Carga del camión (especificar la cantidad de cubos por camión)			
		Salida del camión del frente hasta que pueda entrar el otro			
		Espera de camiones para realizar la carga, si hay cola			
		Espera por falta de camiones			
		Desplazamiento dentro del banco			
		Cambio de banco			
		Habilitación de combustible			
		Revisión técnica del equipo			
		Medición topográfica del banco			
		Otras interrupciones			

Anexo 2.
Operaciones en el minado.

Día: 22-2																				
operación: Minería																				
yacimiento: camarioca este																				
Día 1	429	840	60	120	1680	1440	120	780	1140											
Día 1	60	60	41	57	26	29	46	40	20	26	20	26	26	26	20	30	30	30		
Día 1	180	146	143	107	180	92	116	118	104	110	140	177	190	140	161	185	150	180		
Día: 6-3																				
operación: Minería																				
yacimiento: camarioca este																				
Día 2	350	450	700	500	800	120	500													
Día 2	60	60	50	40	45	50	46	60	50	40	50	40	40	50	45	60	70	60		
Día 2	180	170	165	180	170	190	170	165	190	170	177	190	161	185	170	185	190	180		
Día: 7-3																				
operación: Minería																				
yacimiento: camarioca este																				
Día 3	400	200	800	400	200	300	300													
Día 3	60	50	57	40	35	40	50	60	45	50	20	60	40	50	60	40	50	60	40	60
Día 3	180	170	185	180	170	170	180	170	190	180	177	190	170	170	185	170	180	180	190	185
Día: 9-3																				
operación: Minería																				
yacimiento: camarioca este																				
Día 4	300	60	1080	400	120															
Día 4	60	40	57	60	45	50	46	40	50	40	50	60	60	45	40	40	40	50	50	60
Día 4	180	170	107	180	180	190	170	190	180	190	170	177	190	190	170	185	180	170	180	190



Operaciones en el escombreo.

Día: 2-3																						
operación: Escombreo																						
yacimiento: Camarioca Este																						
Día 1	780	70	60	120	125	70	120	60	120	180	60	300	300									
Día 1	60	120	125	70	120	60	180	60	300													
Día 1	60	50	45	100	60	110	70	70	60	45	50	45	180	60	50	80	100	60	70	70	100	40
Día 1	180	178	120	135	120	130	180	125	135	140	185	300	185	180	180	175	180	120	125	130	180	180
Día: 3-3																						
operación: Escombreo																						
yacimiento: Camarioca Este																						
Día 2	180	240	180	70	120	180	180															
Día 2	240	180	70	120																		
Día 2	50	50	60	60	40	60	45	60	120	60	50	120	60	50	120	40	60	90	40			
Día 2	170	180	180	180	185	180	180	240	180	180	170	180	180	180	180	180	170	175	180			
Día: 16-3																						
operación: Escombreo																						
yacimiento: Camarioca Este																						
Día 3	1200	200	200	80	120	60	120	160	60	200	300											
Día 3	200	200	80	120	60	120	160	60	200													
Día 3	50	45	60	60	70	50	70	60	45	50	45	60	60	50	50	60	40	60	50	60	40	
Día 3	180	120	150	170	160	180	190	180	170	185	200	185	180	180	175	180	150	145	170	180	180	

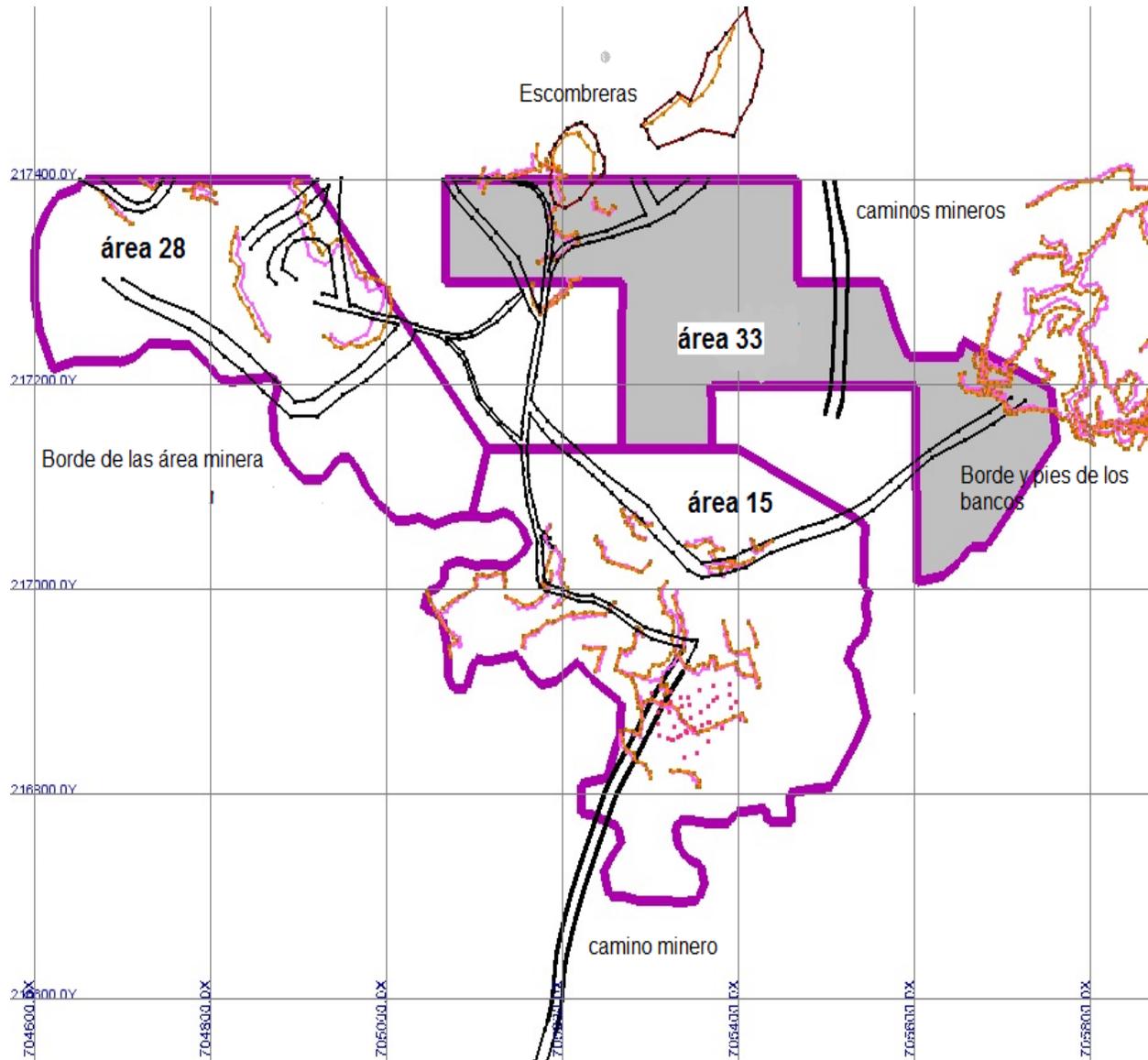


Operaciones en el remonte.

Día: 23-2										
operación: Remonte										
Deposito: 5										
Pila: 13										
Día 1	1200	1080	780	720	1860	480	800			
Día 1	70	120	360	60						
Día: 24-2										
operación: Remonte y Minería										
Deposito: 2										
Pila: 9										
Día 2	1620	1200	600	120	220					
Día 2	100	120	200	1020	300					
Día 2	285	180	130	195	185	195	220	215	200	
Día 2	95	180	85	95	75	75	140	75	140	
Día 2	420	120	220	90	95	450				
Día: 13-3										
operación: Remonte y Minería										
Deposito: 4										
Pila: 1										
Día 3	1540	1180	800	670	180	200	300	250		
Día 3	200	200	120	300						
Día 3	180	195	210	190	180	210	180	210	195	180

Anexo 3.

Áreas de explotación del yacimiento camarioca este



Anexo 4.

Foto de retroexcavadora minando y llenando el camión



Retroexcavadora preparando el banco.



Retroexcavadora esperando el camión con mineral.



Escombros



Acomodo del camión, con la retroexcavadora esperando con material



Frente de trabajo (arranque)

