



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA –MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINAS

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

**METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS
INDICADORES TÉCNICOS-PRODUCTIVOS DE LOS EQUIPOS
DE TRANSPORTE AUTOMOTOR EN LA MINERÍA DEL NÍQUEL**

Autora: Kahundu Gracious Masule

Tutores: Esp. Julio Montero Matos

Ing. Rolaye Mayea Rodríguez

Moa-2017



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA

“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”

FACULTAD DE GEOLOGÍA –MINERÍA

DEPARTAMENTO DE MINAS

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

**METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS
INDICADORES TÉCNICOS-PRODUCTIVOS DE LOS EQUIPOS
DE TRANSPORTE AUTOMOTOR EN LA MINERÍA DEL NÍQUEL**

Autora: Kahundu Gracious Masule

Tutores: Esp. Julio Montero Matos

Ing. Rolaye Mayea Rodríguez

Moa-2017

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO A TODA MI FAMILIA, EN ESPECIAL A MI MAMÁ AUDREY SEPISO MWILIMA POR SER TAN BUENA MADRE, AMIGA, ALENTARME A QUE PODÍA HACER CUALQUIER COSA QUE YO QUISIERA; POR SER MADRE SOLTERA Y LUCHADORA, MUCHAS GRACIAS MAMÁ, NO HAY UNA MEJOR QUE TÚ.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, POR SER MI FORTALEZA EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES DE MI VIDA.

A TODA MI FAMILIA, QUE SIEMPRE ME HA APOYADO INCONDICIONALMENTE, SUS LLAMADAS CONSTANTES DE MOTIVACIÓN.

A MIS AMIGAS HERMANAS, SIRKKA Y FRANCISCA GRACIAS POR SER TAN BUENA CONMIGO Y HACERME SENTIR QUERIDA.

A DEBI, POR CUIDARME SIEMPRE, QUERERME Y HACERME REÍR CUANDO ME SENTÍA TRISTE.

A MI TUTOR EL ESP. JULIO MONTERO MATOS, POR SU COMPRENSIÓN, AYUDA Y APOYO A TODA HORA QUE LE NECESITABA. A ROLAYE MAYEA, POR TODO SU APOYO Y AYUDA.

A TODOS MIS PROFESORES, QUE ME FORMARON COMO PROFESIONAL Y MIS COMPAÑEROS DEL AULA QUE YA SON COMO HERMANOS PARA MÍ.

A MIS AMIGOS: JONA, GEOVETH, FINA, SUELY Y TOMÁS. A TODOS AQUELLOS QUE ME BRINDARON SU APOYO MUCHAS GRACIAS.

PENSAMIENTO

“LA MADUREZ ES PARA EL HOMBRE QUE ESTÁ DISPUESTA A PERDONAR LOS ERRORES DE LOS DEMÁS Y A SU VEZ APRENDE DE LOS MISMOS PARA NO VOLVER A CAER EN ELLOS.”

ROGER PATRÓN LUJÁN

“LA NATURALEZA BENIGNA PROVEE DE MANERA QUE EN CUALQUIER PARTE HALLES ALGO QUE APRENDER.”

LEONARDO DA VINCI

ALGUNAS VECES TE PASAN COSAS QUE PARECEN HORRIBLES, DOLOROSAS E INJUSTAS. PERO EN REALIDAD ENTIENDES QUE, SI NO LAS HUBIERAS SUPERADO, NUNCA HABRÍAS REALIZADO TU POTENCIAL, TU ESFUERZO O EL PODER DE TU CORAZÓN. TODO PASA POR UNA RAZÓN EN LA VIDA.

RESUMEN

Cuba cuenta con una de las principales reservas de níquel en el ámbito universal e involucra un alto nivel de uso de equipos pesados para garantizar la explotación racional de estos recursos. La industria cubana del níquel se ha propuesto el aumento de la productividad y, a consecuencia de ello, se han intensificado los ritmos de minería.

El transporte del mineral es un proceso de gran importancia para garantizar el aumento de productividad propuesto; para lo que se necesita conocer el comportamiento de los indicadores técnicos-productivos de la explotación de los equipos de transporte automotor que se usan en la minería del níquel.

Este trabajo tiene como objetivo elaborar una metodología para la determinación de los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor; para la cual se caracterizó la tecnología de explotación existente en la minería del níquel, se determinaron los factores ingenieros geológicos que influyen en la efectividad de la explotación del transporte automotor y se determinaron los indicadores técnicos-productivos de dichos equipos.

SUMMARY

Cuba has one of the main reserves of nickel in the universal scope and involves a high level of use of heavy equipment to guarantee the rational exploitation of these resources. The Cuban nickel industry has proposed an increase in productivity and as a result the mining rates have intensified.

The transportation of the mineral is a process of great importance to guarantee the proposed increase of productivity; For which it is necessary to know the characteristics of the technical-productive indicators of the exploitation of the automotive transport equipment that are used in the nickel mining.

This work aims to develop a methodology for the determination of the technical-productive indicators of the automotive transport equipment; For which the existing mining technology was characterized in nickel mining, geological engineering factors were determined that influence the effectiveness of the automotive transport operation and the technical-productive indicators of these equipment were determined.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL DEL TEMA..... | 4 |
| 1.1 Antecedentes..... | 4 |
| 1.2 Los equipos de transporte utilizados en la explotación minera..... | 5 |
| 1.3 Revisión bibliográfica | 7 |
| 1.4 Características generales de los yacimientos lateríticos | 10 |
| 1.5. Tecnología de explotación en la minería del níquel..... | 12 |
| CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPAMIENTO MINERO | 17 |
| 2.1 Generalidades | 17 |
| 2.2 Características técnicas de los equipos de arranque-carga usados en la minería del níquel | 17 |
| 2.2.1. Cálculo de la productividad de los equipos de arranque-carga | 18 |
| 2.3 Características técnicas de los equipos de transporte automotor usados en la minería del níquel | 19 |
| 2.3.1. Cálculo de la productividad de los equipos de transporte automotor.. | 23 |
| 2.4. Determinación de los factores que inciden en el rendimiento de los equipos de transporte automotor | 23 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACION DE LOS INDICADORES TÉCNICOS-PRODUCTIVOS DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE AUTOMOTOR..... | 25 |
| 3.1. Planteamiento de la metodología..... | 25 |
| 3.2. Estructura de la metodología | 26 |
| 3.2.1. Caracterización de las condiciones ingeniero geológicas de los yacimientos..... | 26 |
| 3.2.2. Diagnóstico de las características técnicas del equipo de carga y cálculo de productividad | 26 |
| 3.2.3. Diagnóstico de las características técnicas del equipo de transporte automotor y cálculo de los indicadores técnicos..... | 27 |
| 3.2.4. Normalización de los equipos de carga y transporte desde los diferentes frentes de trabajo. (Medición del tiempo de ciclo) | 31 |
| 3.2.5. Determinación de los indicadores técnicos y productivos según normalización y análisis técnicos de los resultados..... | 31 |
| CONCLUSIONES..... | 36 |

| | |
|-----------------------|----|
| RECOMENDACIONES | 37 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades de vital importancia para el desarrollo económico de cualquier país y fuente de riquezas que contribuye a la sostenibilidad de la comunidad, constituye la base de las materias primas para la industria metalúrgica y su misión principal es poner las materias primas minerales a disposición de la humanidad, a partir de su extracción y procesamiento. El avance de cualquier proceso tecnológico, la inserción de cambios con tecnología de punta y la búsqueda de soluciones es muy importante para cada empresa.

La industria minera constituye un renglón fundamental en la economía cubana e involucra un alto nivel de uso de equipos pesados. Cuba cuenta con una de las principales reservas de níquel en el ámbito universal, lo que ha permitido desarrollar una industria que está representada en la actualidad por dos fábricas productoras de níquel: la empresa *Comandante Pedro Sotó Alba Moa Nickel S. A.* y la empresa *Comandante Ernesto Che Guevara*.

Estas empresas a partir de su puesta en marcha, la implementación del perfeccionamiento empresarial y considerando los incrementos sostenidos de producción en sus plantas procesadoras han introducido cambios significativos en las técnicas y métodos empleados en cada una de las etapas del proceso de producción de las minas.

A consecuencia de ello se intensificaron los ritmos de minería, agotándose los recursos geológicos de alta ley y cercanos a las plantas, a partir de lo que se establecieron requerimientos superiores en la calidad y estabilidad del mineral que se entrega a las plantas de procesamiento.

Conjuntamente, se inició en la minería de la industria cubana del níquel un proceso de mejoras e introducción de nuevas técnicas y tecnologías que han permitido garantizar la producción y calidad del mineral, así como los costos y compromisos medio ambientales establecidos por las empresas.

El transporte del mineral es un elemento de gran importancia en el flujo tecnológico de cualquier empresa minera. La elección, puesta en marcha y

funcionamiento del tipo de transporte, exige la mayor rigurosidad en cuanto a su factibilidad económica y disponibilidad técnica.

Debido a las características inherentes de los yacimientos lateríticos como son la humedad, la topografía accidentada típica de estos, el aumento paulatino de las distancias de transportación del mineral, la disminución en la disponibilidad técnica de los medios de transporte empleados y la necesidad de realizar inversiones en la compra de nuevos equipos de transporte automotor para poder mantener los parámetros de calidad de mineral extraído, así como el volumen requerido por las plantas de procesamiento; es necesario conocer el comportamiento de los indicadores técnicos-productivos de la explotación de los equipos de transporte automotor a adquirir.

En la actualidad la industria cubana de níquel no cuenta con una metodología para la determinación de los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor, constituyendo esto el problema a resolver en esta investigación.

El objeto de estudio son los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor.

El objetivo general de la investigación es elaborar una metodología para la determinación de los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor en la minería del níquel, que constituya una herramienta de trabajo para los concesionarios en la evaluación técnica de estos equipos.

El campo de acción: los yacimientos lateríticos.

Como hipótesis se plantea: si se determinan los factores ingeniero geológicos que influyen en la efectividad de la explotación del transporte automotor, se caracteriza la tecnología existente en las empresas productoras y se determinan los indicadores técnicos-productivos a evaluar, entonces se podrá elaborar una metodología para la determinación de los indicadores técnico-productivos de los equipos de transporte automotor en la minería del níquel.

Para darle cumplimiento al objetivo general de la investigación, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar los factores ingeniero geológicos que influyen en la efectividad de la explotación del transporte automotor
2. Caracterizar la tecnología de explotación existente en la minería del níquel.
3. Determinar los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES Y SITUACION ACTUAL DEL TEMA

1.1 Antecedentes

La industria cubana del níquel surge con la empresa *Comandante René Ramos Latour*, que hizo su primera corrida el 21 de diciembre del año 1943. El equipamiento minero era de procedencia americana. Después del triunfo de la revolución le sucedieron las empresas *Comandante Pedro Sotto Alba* (actual Moa Nickel S.A) en el año 1960 y la empresa *Comandante Ernesto Che Guevara* en el año 1985, continuándose las labores mineras con equipos de procedencia inglesa (de transporte), japonesa (de excavación - carga y acarreo) y soviéticos (de excavación - carga, transporte y acarreo). Con la ruptura del campo socialista se introdujeron nuevos equipos de alta tecnología de diseño, que se mantienen en explotación hasta la fecha (Unión de Periodistas de Cuba, 2009).

El rendimiento de la industria minera depende, en gran medida, de la eficiencia en la explotación de los equipos de excavación - carga y de transporte. Los equipos de transportación juegan un papel fundamental en el logro del cumplimiento del plan de producción y están determinados por su capacidad de carga y las distancias de transportación que cada vez son más largas.

Las empresas cubanas del níquel en los últimos años han realizado grandes inversiones en la compra de medios de transporte de mineral con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los planes de producción planificados y aumentar la eficiencia del equipamiento minero. La determinación de los indicadores de rendimiento técnico productivo es un factor primordial al poner en marcha el nuevo equipamiento de transporte en los distintos yacimientos.

La elaboración de una metodología que garantice la determinación de los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor en la minería del níquel, constituirá una herramienta eficaz para evaluar el rendimiento de estos.

1.2 Los equipos de transporte utilizados en la explotación minera

El transporte de materiales y minerales en una mina a cielo abierto es muy variado dependiendo de las distancias al depósito o planta de beneficio del material que se esté acarreado, de los volúmenes de producción, entre otros. De los sistemas de transporte más utilizados tenemos:

A. Transporte automotor (camiones rígidos y articulados)

Los camiones son los equipos de transporte más utilizados actualmente en la minería a cielo abierto.

El aumento de las capacidades de estos equipos se ha incrementado aceleradamente en los últimos años. En el año 1965 el camión de mayor capacidad era de 80 toneladas, mientras que en la actualidad es normal trabajar con capacidades de 170 y 240 toneladas en grandes minas. El avance de estas capacidades se debe a varios factores:

- a) Motores más potentes
- b) Transmisiones automáticas
- c) Llantas de mayor resistencia
- d) Diseño de las tolvas
- e) Nuevos sistemas de frenos
- f) Avance de la hidráulica

El inconveniente de este tipo de transporte es la distancia de transportación. Cuando la distancia pasa de 4 Km, se hace antieconómico y se debe pensar en otro tipo de transporte. Hay que destacar que en la explotación de los yacimientos lateríticos de Moa la distancia de transportación oscila entre los 6 y 8 km y se ha buscado alternativa en la adquisición de nuevos caminos con mayor capacidad de carga para garantizar la productividad y eficiencia del proceso minero.

B. Bandas transportadoras

Sistema de transporte utilizado en minería de materiales de baja densidad. Una de las ventajas de es que se pueden transportar materiales a grandes distancias (10 - 12 Km) pero su desventaja es la limitada capacidad cuando los bloques a trasladar son muy grandes; aunque el avance de la tecnología, ha creado la posibilidad de tener trituradores móviles en los sitios de explotación con el fin de disminuir el diámetro de las rocas (trituración primaria) y de esta manera puedan ser transportadas con este sistema.

Las bandas transportadoras también han incrementado sus producciones horarias debido a ciertos factores como:

- a) Motores más potentes
- b) Incremento de las velocidades
- c) Ancho de la banda
- d) Trituración primaria antes de la transportación

C. Trenes

Ferrocarril: Sistema de transporte utilizado para evacuar el material de los sitios de extracción a los depósitos o plantas trituradoras. Pero debido a los problemas en el traslado de los trenes de vagones en el banco de trabajo o el traslado a un nivel inferior o superior, hizo que este sistema disminuyera en uso. Actualmente se utiliza principalmente en el transporte del mineral a los centros de comercialización como los puertos, para su exportación.

D. Cable aéreo o Funicular.

Sistema de transporte más barato, hoy se acomoda o utiliza en aquellos sitios donde la topografía es muy accidentada y donde se hace difícil el acceso o la construcción de vías. La desventaja es que su mantenimiento es muy complicado debido a la estructura misma y que consta de torres ubicadas a determinadas distancias o lugares a veces difíciles.

El cálculo del rendimiento de cualquiera de estos sistemas de transporte para garantizar la eficiencia de los mismos, está dado por la determinación de sus principales indicadores técnicos y productivos a partir del cálculo del ciclo de

trabajo de cada equipo de transporte, y vinculado al sistema de carga empleado para los mismos. Este factor de rendimiento está vinculado a la productividad real de explotación, las condiciones de utilización del equipamiento y los costos en que se incurren en la explotación de dichos equipos; muestra la eficiencia o no del sistema de transporte empleado para la explotación de determinado recurso mineral.

En la explotación de los yacimientos lateríticos cubanos durante más de cincuenta años, se ha utilizado una amplia gama de marcas y tipos de equipos de transporte para garantizar el más eficiente, de la masa minera hasta las plantas de procesamiento de mineral. Estas marcas han ido desde tecnología rígida rusa representada en su mayoría por camiones de la marca Belaz hasta la tecnología de camiones articulados de la marca Volvo y Bell.

1.3 Revisión bibliográfica

El trabajo de diploma de Enrique Torres Rodríguez, titulado: *Análisis técnico-estadístico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de la empresa Comandante Pedro Sotto Alba*, realizado en el año 2001, fue de utilidad para poder tomar como base los principales factores que influyeron en la efectividad de la explotación de estos camiones. Además, sirvió para poder calcular los índices técnicos fundamentales de los camiones, que enriqueció la información sobre su explotación en los yacimientos lateríticos de dicha mina y permitió demostrar de manera representativa el comportamiento de los mismos. El autor no considera los indicadores productivos de estos camiones.

La tesis presentada en opción al Título de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos de Luis Guillermo Rabilero Fernández, realizada en el año 2004, sirvió para evaluar oportunamente el estado de la técnica de transporte, estableciendo las premisas para la toma de decisiones, en pos de mantener los niveles productivos de la empresa de metales y sus planes anuales. Además, este trabajo permitió conocer cómo se establece el momento más adecuado para la toma de decisiones en el mejoramiento de los parámetros de explotación de los equipos de transporte utilizando como indicadores básicos los gastos de mantenimiento y la disponibilidad del parque, mostrados en sus respectivas curvas de vida.

El informe de las prácticas laborales investigativa de las estudiantes de minería Leidanis Lamorú Sánchez y Caridad María Multan Anaya se refiere a la evaluación del ciclo de trabajo de los equipos de transporte de la mina de Moa Nickel S.A, ayudó a formar la base de datos para el análisis del ciclo de trabajo de los camiones. En este informe no se recogen análisis de productividad, ni gastos de combustibles de los mismos que permita evaluar eficientemente el uso de los equipos de transporte.

Otra investigación de vital importancia fue realizada por Solange Alos Quintero en 2004, sobre el análisis técnico-económico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de la empresa *Pedro Sotto Alba*, este trabajo sirve de base para poder determinar los parámetros técnicos de los equipos de transporte automotor en la minería del níquel.

Martínez, 2015 en el trabajo de diploma *“Selección del sistema de transportación para la explotación del yacimiento Camarioca Sur de la Empresa P.S.A- Moa Nickel S.A”*, realizó el análisis de los diferentes tipos transporte automotor utilizados en la empresa y analizando el indicador costo de transportación, seleccionó la variante más viable desde los puntos de vista técnico y económico, además se establecieron esquemas de transportación y se calculó el tiempo de ciclo de todas las variantes posibles. El trabajo es de mucha utilidad, pero no considera el rendimiento técnico productivo de los equipos de transporte de la mina.

Mureka, 2013 en el trabajo *“Determinación de la eficiencia del equipamiento minero del yacimiento Victoria I”*, calculó la productividad de todos los equipos mineros utilizados en el desbroce, destape, arranque-carga y transporte del mineral, y con el resultado de la productividad pudo determinar la eficiencia de estas máquinas usadas para la explotación de canteras. Los cálculos fueron realizados para garantizar la extracción en cinco años de vida útil de la cantera. En este trabajo no se hace referencia a los indicadores de rendimiento de los equipos objetos de estudio, factor fundamental a la hora de determinar la eficiencia de trabajo de los mismos.

Noa, 2013, en el trabajo *“Determinación de la productividad y consumo de combustible del camión Volvo A40Ffs y de las excavadoras en la mina de la*

empresa Comandante Che Guevara”, determina la productividad y consumo de dichos camiones, caracteriza la excavadora utilizada para cargar los camiones, determina el tiempo de ciclo de las operaciones de arranque – carga. Estos parámetros determinados fueron utilizados para identificar las causas que influyen en la deficiencia de la operación de estos equipos, pero no se hace análisis del rendimiento del equipo de transporte, ni se muestra una metodología a seguir.

Cordona y Quesada, 2012, en el trabajo *“Evaluación de la efectividad de las operaciones de arranque-carga y transporte del mineral en el yacimiento Moa Occidental/Moa Oriental”*, realizan la evaluación del rendimiento de los equipos de arranque, carga y transporte en diferentes yacimientos para poder mejorar el rendimiento de los mismos en los diferentes procesos, el tiempo de ciclo es calculado teóricamente. Los resultados obtenidos demuestran que con una organización de los trabajos se podría obtener mayores ingresos de las operaciones en el proceso extractivo y es uno de los factores a considerar a la hora de determinar indicadores técnicos productivos de los equipos de transporte automotor.

Lowson, 2012, en el trabajo *“Análisis comparativo del rendimiento técnico-productivo entre los equipos de arranque en el yacimiento Yagrumaje Sur de la mina Ernesto Che Guevara”*, muestra la posibilidad de utilizar en el sistema de explotación por bancos la retroexcavadora y la dragalina a través de la efectividad de las mismas. Para ello se evalúa el rendimiento técnico y económico teniendo en cuenta la productividad de cada una; el tiempo de carga se calcula de acuerdo con el ciclo de ambas.

El resultado demuestra que la utilización de la dragalina en vez de la retroexcavadora permite ahorrar a la mina \$0.80 por cada tonelada de mineral extraído y transportado. En este trabajo no se hace un estudio del ciclo completo de trabajo del camión por lo que no muestra el rendimiento del equipamiento de transporte automotor que puede dar mayor rigor a lo planteado por el autor.

Toirac, 2010, en el trabajo *“Estudio del rendimiento del transporte automotor en la mina de la Empresa Comandante Che Guevara”* en opción al título de

ingeniero de minas, analiza las condiciones generales de minería y del equipamiento de transporte automotor con el objetivo de estudiar el rendimiento de este último. Para ello estudia el rendimiento por periodos de explotación durante el periodo de garantía. Finalmente establece la vida útil del equipamiento de transporte relacionado con la disponibilidad obtenida durante el tiempo de explotación. No analiza el ciclo de trabajo del transporte automotor aspecto a considerar para el rendimiento del equipamiento.

1.4 Características generales de los yacimientos lateríticos

1.4.1 Ubicación geográfica

Los yacimientos lateríticos se encuentran localizados al Noreste de la provincia Holguín, en el municipio de Moa y se ubican dentro del macizo montañoso Moa-Baracoa.

1.4.2 Relieve

Los yacimientos se encuentran en un área de estribaciones septentrionales y submeridional, del gran macizo Moa-Baracoa. Las áreas que se destacan en la región son las siguientes:

Parte Meridional: Formadas por elevadas y medianas colinas con cotas absolutas de 175 m a 350 m. Esta parte está asociada al yacimiento Pronóstico.

Parte Central: Suavemente inclinada hacia el norte, representa la parte meridional del río Cabañas, con cotas absolutas de 164 m y 17 m en el lecho del río. A esta parte están asociados los yacimientos Zona A y Zona Central.

Parte Septentrional: Es baja y aplanada con cotas de 17 m a 100 m en la orilla izquierda del río Cabañas.

1.4.3 Red fluvial

La red hidrográfica del área de estudio es densa y dendrítica, representada por numerosos ríos y arroyos, entre los que se encuentran los ríos Moa, Cabaña, Cayo Guam, Quesigua, Yagrumaje y Punta Gorda. La mayoría de ellos son de corrientes permanentes debido a las abundantes lluvias en la región durante todo el año, las cuales sobrepasan los 3 000 mm anuales.

Las principales arterias de la región desembocan en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertas de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar. La mayor parte de estas reservas hídricas no se utilizan, existiendo solo una presa de importancia a unos 10 km al sur de la ciudad Moa (Presa Nuevo Mundo).

1.4.4 Condiciones Climáticas

La región de estudio se caracteriza por condiciones climáticas propias de un clima tropical lluvioso, muy húmedo con precipitaciones hasta a los 3 000 mm al año. La conjugación del relieve y su alineación entre el Este y el Noreste con la dirección de los vientos aliseos procedentes del Océano Atlántico que el aire cargado de humedad ha frenado por el sistema montañoso, originando las intensas precipitaciones que se producen en la mayor parte del año. La época de mayor volumen de las precipitaciones ocurre de septiembre a marzo, coincidiendo con la temporada invernal y la de menor volumen desde abril hasta agosto que coincide con la primavera y el verano. Anualmente ocurren precipitaciones en rangos de 1 400 a 3 000 mm con más de 70% en los meses de lluvia. Normalmente el mes de mayor precipitación es noviembre.

Las variaciones de las temperaturas son pequeñas en sentido general, manifestándose temperaturas cálidas, próxima a los 25°C - 30°C, en los meses de verano; en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en las temporadas invernales, siendo enero y febrero los meses más fríos.

1.4.5 Tectónica

El área de estudio se caracteriza por una fuerte manifestación de la tectónica, lo que tiene una fehaciente expresión en la densidad de la red de arroyos y cañadas presentes, cuyos cauces siguen los sistemas de fallas de dirección noroeste y noreste, así como otras direcciones de menor expresión (norte sur y este-oeste). La prolongación de las fallas es generalmente significativa atravesando muchas veces todo el terreno en las direcciones mencionadas. Asimismo, su ubicación espacial está amarrada al contacto de las peridotitas de caja con gabroide ofiolítico que es de tipo tectónico. Además de las fallas principales, más localmente existe un denso sistema de fallas de plumaje de las fallas principales, representada por fallas de más corta extensión, así como

la fracturación multiplanar (multidireccional) habitualmente observada en los afloramientos.

Como es sabido, la fracturación tectónica del basamento facilita la meteorización selectiva conduciendo a la formación de los bolsones minerales y mayores espesores de la corteza local o direccional.

1.4.6 Vegetación

La vegetación depende de la cubierta vegetal y de la orografía. En las superficies planas cubiertas por lateritas, crecen bosques poco tupidos de pinos. Para las montañas son características las malezas subtropicales espesas y entrelazadas. En los valles y arroyos crecen la palma real y la yagruma.

En sentido general esta vegetación la podemos clasificar en tres formaciones:

1. Matorrales percomorfos subespinosos (charrascal).
2. Pinares.
3. Pluviselvas.

La vegetación endémica de la región resulta notable, calculándose alrededor de 70 variedades de plantas, cuyos valores no han sido suficientemente explorados.

1.4.7 Fauna

La región de estudio presenta una mediana densidad de animales endémicos. Dentro de los animales notables se encuentran: el murciélago mariposa, el papilo de gudianch y la avellanada. Además de estas especies notables se presentan los animales de los bosques claros y de los pequeños arbustos, como son: lagartos, arañas, ciempiés, etc. También se pueden encontrar especies silvestres como el zunzún y la paloma.

1.5. Tecnología de explotación en la minería del níquel

1.5.1. Sistema de Explotación

La explotación del níquel en Cuba emplea el sistema de explotación a cielo abierto mediante el uso de medio de transporte automotor. El método de explotación de las operaciones básicas es por medio de bancos múltiples con la exposición simultánea de varios frentes. En algunos yacimientos la

existencia en la actividad de dos tecnologías para los trabajos de arranque y carga: retroexcavadoras hidráulicas y dragalinas que garantiza el empleo de cada una en las condiciones que resulte más ventajosa.

El escombro es extraído con retroexcavadoras y el mineral útil es extraído con ambas según el caso; la transportación se realiza por medio de camiones articulados Volvos A40D, Bell B50D, Bell B60D, Komatsu, y Terex hacia las escombreras, el punto de alimentación en las plantas de preparación de mineral y los depósitos de mineral, respectivamente.

En apoyo a la minería se emplean cargadores frontales y buldóceres que se encargan de sostener el buen estado de los frentes de minería y abastecer la planta de pulpa en los momentos requeridos.

Para la planificación y explotación óptima de los recursos minerales, se tiene en cuenta:

1. La evaluación integral de las reservas en los frentes de minería.
2. La cantidad de las vías y accesos fundamentales a construir.
3. La programación adecuada acorde con la calidad, origen - destino del mineral a extraer.

1.5.2. Proceso Tecnológico de la Mina

A continuación, se expone la secuencia de las labores mineras de la cadena productiva para la explotación de los yacimientos lateríticos cubanos.

Las principales operaciones del proceso productivo son:

I. Desbroce.

Esta actividad consiste en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa, facilitando posteriormente los trabajos de escombreo. Conjuntamente con el desbroce se realiza el arranque de la materia orgánica que se ubica en el depósito construido con este fin, cumpliendo con la legislación ambiental.

El desbroce se realiza con buldócer que apilan las mezclas en lugares donde no pueden obstruir los trabajos de escombreo, construcciones de caminos, etc. Esta operación se lleva a cabo con cierto adelanto respecto de la minería.

II. Escombreo y formación de escombreras

La labor de escombreo consiste en remover el mineral pobre en níquel que generalmente está presente en la zona superior del yacimiento, la cual se considera terminada cuando se llega a la cota del techo mineral.

Esta operación se ejecuta con el método de explotación por bancos utilizando retroexcavadoras, y camiones articulados en la transportación. En el apoyo a la actividad se emplean buldóceres que se encargan de sostener el buen estado de los frentes y la conformación de las escombreras. En el escombreo por lo general se planifica el adelanto de reservas destapadas, que en este caso es de tres meses como mínimo.

III. Construcción y mantenimiento de caminos

El diseño de las vías de transporte es tal que los medios de transporte que se usan, se mueven sin perder el ritmo de operación en cuestiones seguras. El firme, la pendiente, el ancho de la vía, los radios, perales y sobre ancho de las curvas, la visibilidad de estas y la convexidad, son parámetros que garantizan la calidad de los caminos diseñados para lograr una efectiva eficiencia de los medios de transporte usados en la explotación minera.

Los primeros parámetros tienen que ver básicamente con el costo de transporte, pero también con la seguridad. La determinación de la pendiente óptima de una vía se realiza a partir de las curvas características de los vehículos, que considera la velocidad y capacidad del frenado. Los mejores rendimientos y costos conjuntamente con las condiciones de seguridad adecuadas, se obtienen con pendientes menores o iguales a 8%, con una resistencia a la rodadura normal. Ver figura 1.

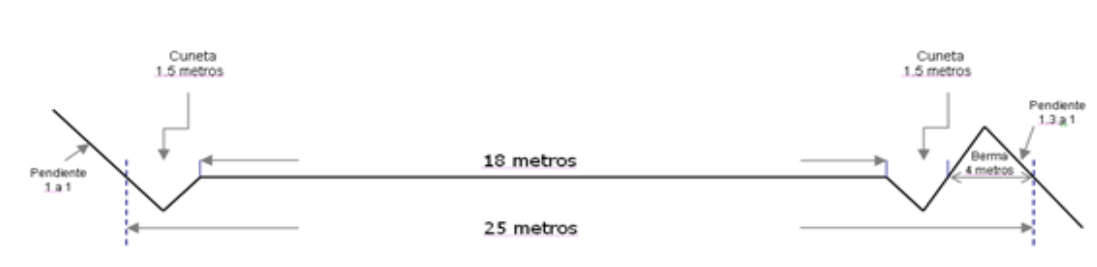


Figura 1 Esquema de la sección típica para la construcción de caminos

IV. Extracción, carga y transporte

Esta actividad consiste en extraer el mineral útil para su posterior transportación a las plantas de preparación del mineral o a los depósitos. La operación de extracción se realiza empleando el método de explotación por bancos múltiples por la horizontal o con profundización utilizando retroexcavadoras de la marca Volvo, Liebherr-R y dragalina ESH 6/45 como equipo de arranque y carga, respectivamente. El objetivo fundamental de la actividad es garantizar un suministro de mineral estable a la planta de proceso y para ello se utilizan en el apoyo a la minería desde los depósitos cargadores frontales, de forma auxiliar se utilizan buldóceres que se encargan de preparar las plataformas de carga de todos los frentes de trabajo.

Para la operación de transporte se utilizan camiones articulados Volvo A40, A40D y A40 Ffs; Bell B50D y B60D, Terex; Komatsu rígidos y articulados. Su función es transportar todo el mineral hacia las plantas de preparación del mineral o a los depósitos de este.

V. Almacenamiento

Para garantizar la alimentación a la planta de preparación mecánica en el periodo invernal se depositará un 10% del mineral extraído durante el día operacional según el Plan de extracción, obteniendo un acumulado de mineral que garantice la alimentación en un período de 30 días operacionales con una calidad aleatoria, según los contenidos planificados en cada plan de extracción. El mineral que se deposita se mezclará para obtener características favorables que permitan en su momento satisfacer la necesidad de la planta de pulpa. Para ello cuenta con buldóceres, retroexcavadoras y camiones.

VI. Rehabilitación

La rehabilitación de los terrenos degradados por la minería en los yacimientos lateríticos se realiza fundamentalmente en dos etapas:

- a) Rehabilitación técnica: se parte del estudio de las características del mineral, así como los factores climáticos y ambientales para lograr una mayor eficiencia en los resultados a obtener a través de los métodos de la modelación del terreno y la conformación de terrazas.

- b) Rehabilitación biológica: como parte del conjunto de labores que garantizan el restablecimiento de la flora en las áreas minadas; las especies se seleccionan considerando las características del suelo y el entorno donde se realizará la plantación, además se deben considerar la resistencia de las plantas a los ataques de los insectos, facilidades para la adquisición de las semillas, adaptación a los cambios, entre otras.

CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPAMIENTO MINERO

2.1 Generalidades

Para la realización de este trabajo y conociendo la diversidad de equipamiento que se emplea en la explotación de los yacimientos lateríticos de Cuba es necesario conocer en primer lugar las características técnicas de los equipos de arranque-carga más utilizados en la explotación de estos yacimientos.

El conocimiento de estos datos ofrecidos por los fabricantes dará el punto de partida para un estudio detallado del rendimiento de dichos equipos partiendo de las condiciones de uso y otros factores determinantes en la explotación del equipamiento.

Los equipos de mayor utilización en la minería del níquel son:

- Equipos de arranque-carga: retroexcavadora Liebherr-R974C, Liebherr-R984C y Dragalina ESH 6/45. Ver anexo 1, 2 y 3.
- Equipos de transporte automotor: Camiones articulados Volvo de la serie A40, A40D, A40F y Bell de la serie B50D. Ver anexos 4, 5, y 6.

2.2 Características técnicas de los equipos de arranque-carga usados en la minería del níquel

Características técnicas de la retroexcavadora Liebherr-R984C:

- Excavadora con sistema Litronic
- Peso de la máquina 110 t.
- Motor Cummins QSK.- 19 C 750, 6 cilindros, inyección directa
- Potencia 478 KW. (649 Hp) a 1800 r.p.m.
- Longitud del Boom 7,80 metros
- Alcance máximo 9 metros
- Capacidad del cubo 6 m³
- Presión específica 1.33 Kg/cm²
- Máxima altura de descarga 9.5 m

Características técnicas de la retroexcavadora Liebherr-R974C:

- Excavadora con sistema Litronic
- Peso de la máquina 101 t
- Motor Cummins QSK.- 19 C 750, 6 cilindros, inyección directa
- Potencia 395 KW. (537 Hp) a 1800 r.p.m.
- Longitud del Boom 5.80 m
- Alcance máximo 7.2 m
- Capacidad del cubo 5 m³
- Presión específica 1.33 Kg/cm²
- Máxima altura de descarga 8.9 m

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

Ventajas:

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

Desventajas:

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

2.2.1. Cálculo de la productividad de los equipos de arranque-carga

Productividad teórica (Q_{Teo}) es la cantidad de producción (en tonelada o m³) que puede ser explotada en una unidad de tiempo (a veces una hora) en un trabajo continuo (Belete,2002 pág.50)

$$Q_{Teo} = \frac{3600E}{T_c} \quad (1)$$

Donde:

E- Capacidad de la cuchara; m³

T_c- Tempo de ciclo de la excavación; seg

Productividad de explotación (Q_{ex}) es el volumen real de masa minera que arranca la excavadora en un período determinado de explotación (Belete, 2002 pág. 51)

$$Q_e = \frac{3600EK_{ll}K_u\gamma}{T_cK_e} \quad (2)$$

Donde:

K_{ll} – Coeficiente de llenado de la cuchara

K_u – Coeficiente de utilización de la máquina en el tiempo

γ – Masa Volumétrica del mineral

K_e – Coeficiente de esponjamiento del mineral

2.3 Características técnicas de los equipos de transporte automotor usados en la minería del níquel

Características de los Volvo A40D

- Sistema de frenos: hidráulicos múltiples encapsulados y refrigeración de aceite forzado. Refrigeración de frenos separado para cada de eje.
- Frenos de servicio: Frenos multidisco húmedos en todas las ruedas, un circuito para el eje delantero, y uno para los ejes bogie.
- Frenos de estacionamientos: De disco sobre el árbol de transmisión, de aplicación por resorte y desaplicación neumática. Está diseñado para retener el vehículo cargado en pendientes de hasta el 18%.
- Sistema hidráulico: Bombas de embolo de caudal variable, con sensor de carga que solo consumen potencia cuando es necesario. Siete bombas accionadas por el motor, montadas en la toma de fuerza del volante. Una bomba de émbolo dependiente del terreno para conducción secundaria, montada en la caja de cambio de servicio.

- Sistema de dirección: Dirección hidromecánica articulada, auto compensador, para un transporte seguro y preciso a alta velocidad.
- Cilindros: Dos cilindros de dirección de doble efecto
- Ángulo de dirección: $\pm 45^\circ$
- Sistema de suspensión: De 3 puntos totalmente libre de mantenimiento, exclusivo de Volvo. Los ejes están suspendidos en tres puntos que permite el movimiento independiente necesario en terreno accidentado. El gran desplazamiento del eje mantiene nivelada la caja, reteniendo así la carga.
- Servicio: El sistema de información computarizado supervisa todos los niveles de fluidos, minimizando los tiempos de servicio diario y semanal. Una pantalla en el panel de instrumentos indica al conductor el tiempo hasta el servicio siguiente y el estado de los sistemas vitales del vehículo.
- Cabina: Cabina Volvo diseñada para gran visibilidad del conductor, ergonomía y confort. Ancha abertura de puerta sin umbral, con escalón ergonómico. Con amortiguadores de vibraciones de goma. Volante inclinable telescópico. Consola de techo para radio y almacenaje. Sistema de comunicación del conductor, montado en el panel de instrumentos. Cajas guarda objetos.
- Sistema eléctrico: Todos los cables, enchufes y terminales están identificados. Los cables están encapsulados en conductos de plástico y fijados en el bastidor principal.

En la tabla 1 se muestran las características técnicas del camión Volvo A40D de catálogo.

Tabla 1 Características técnicas del Volvo A40D

| Especificaciones | Volvo A40D | |
|---------------------------------|-------------------------|-----------|
| Motor | Volvo D16E AAE3*/ABE3** | |
| Potencia máxima a | 30 r/s | 1 800 rpm |
| SAE J1349 bruta | 350 kW | 476 CV |
| Potencia al volante | 309 kW | 1 800 rpm |
| Marca de Transmisión | Volvo | |
| Máx. Velocidad | 55 Km/h | |
| Máx. Velocidad Retroceso | 18 Km/h | |
| Tipo de caja de Reenvío | Volvo | |
| Capacidad de carga nominal | 40 t | |
| Cap. volumétrico colmada | 30 m ³ | |
| Cap. volumétrica real esponjado | 28.5 m ³ | |
| Peso neto | 40.7 t | |
| Peso bruto | 63.2 t | |

Características de los Bell B50D

- Sistema de frenos: Doble circuito, frenos multidisco sumergido en aceite hidráulico en los tres ejes. Frenos de servicio de disco montado en la transmisión, accionados por resortes y liberados por aire.
- Sistema hidráulico: Sistema completo de detección de carga que asiste de forma prioritaria las funciones de dirección, inclinación de la caja, suspensión y freno. El sistema principal integra una bomba de dirección de emergencia con detección tipo carga. Aplicada a la dirección, inclinación y carga de frenos hidráulicos suspensión y refrigerador de ventilación.
- Sistema de dirección: Hidrostático con sistema accionado por dos cilindros de doble acción con bomba de dirección de emergencias sin ruedas.
- Angulo de dirección: $\pm 42^\circ$
- Giros de tope a tope: 4,2
- Sistema de suspensión: Suspensión delantera: Brazo delanteros semi independientes con amortiguadores de nitrógeno/aceite. Suspensión trasera: Puentes oscilantes que reparten la carga sobre cada eje de bloque de suspensión laminados.

- Transmisión: Transmisión planetaria totalmente automática con retardador integrado.
 - ✓ Disposición: Montaje en el motor con salida trasera
 - ✓ Disposición de engranaje: Engranaje planetario constante accionados por embrague
 - ✓ Marchas: 6 adelantes y 1 atrás
 - ✓ Tipos de embrague: Multidisco hidráulico
 - ✓ Tipo de control: Electrónico
 - ✓ Convertidor de par: Hidrodinámicos con bloques en todas las marchas
- Caja: Dos cilindros volquete de doble acción y de una sola etapa
 - ✓ Tiempo de elevación: 11.2 segundos. (ángulo de inclinación de 60°)
 - ✓ Tiempo de descenso: 25.2 segundos
 - ✓ ángulo de inclinación de 60°
 - ✓ Ángulo de inclinación: 70° estándar programable a cualquier ángulo inferior.
- Sistema eléctrico:
 - ✓ Tensión: 24v
 - ✓ Capacidad de la batería: 2 x 105 Ah (opción de 2 baterías adicionales)
- Sistema de retardador: freno de motor: Freno de escape automático y freno de válvulas del motor (EVB), con una potencia de retardación máxima: 340 Kw (456 hp). El retardador de transmisión, hidrodinámico integrado dependiente de la velocidad de salida, tiene seis niveles programables de retardación.

En la tabla 2 se muestran las características técnicas del camión BELL B50D de catálogo.

Tabla 2 Características técnicas del Bell B50D

| Especificaciones | Bell B50D | |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------|
| Motor | MERCEDES BENZ OM502LA.*E2/1-00** | |
| Potencia máxima a | 30 r/s | 1 800 rpm |
| SAE J1349 bruta | 390 kW | 523CV |
| Potencia al volante | 382 kW | 1 800 rpm |
| Marca de Transmisión | Allison | |
| Máx. Velocidad | 48.2 km/h | |
| Máx. Velocidad Retroceso | 5.7 km/h | |
| Tipo de caja de Reenvío | BELL | |
| Capacidad de carga nominal | 50 t | |
| Cap. volumétrica colmada | 34,5 m ³ | |
| Cap. volumétrica real esponjado | 34.2 m ³ | |
| Peso neto | 30 t | |
| Peso bruto | 56.9 t | |

2.3.1. Cálculo de la productividad de los equipos de transporte automotor

1. Productividad horaria del camión

$$Q_H = \frac{60K_{ut}q_{rc}}{T_{cc}} \quad (3)$$

Dónde:

q_{rc} – Capacidad real del camión; t

2. Productividad por turno

$$Q_t = Q_H T_t K_{ut} \quad (4)$$

Donde:

T_t – Duración de un turno de trabajo

3. Productividad diaria

$$Q_d = Q_t N_t \quad (5)$$

Donde:

N_t – Número de turnos por día;

2.4. Determinación de los factores que inciden en el rendimiento de los equipos de transporte automotor

Un paso importante para poder realizar un análisis de los equipos utilizados en la explotación de cualquier yacimiento mineral es la determinación de los

factores que inciden en el rendimiento de estos. Para ello se usa el criterio de expertos y observaciones directas de los procesos.

Los factores más importantes que influyen en la efectividad y rendimiento de la explotación del transporte automotor en la explotación de yacimientos lateríticos son:

- Condiciones minero técnicas de la zona de trabajo
- Características técnicas del equipamiento
- Condiciones climáticas
- Régimen de trabajo
- Experiencia del operador
- Disponibilidad mecánica
- Distancia de transportación
- Tiempos de ciclo

La influencia de estos factores determinará el aumento o no del rendimiento de la explotación de los equipos de transporte automotor utilizados en la minería del níquel y sirven de base de conjunto con la experiencia de adquirida por los especialistas de las diferentes industrias a poder plantear una metodología que permita realizar la evaluación del rendimiento de dichos equipos.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACION DE LOS INDICADORES TÉCNICOS-PRODUCTIVOS DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE AUTOMOTOR

3.1. Planteamiento de la metodología

La metodología para la determinación de los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor objeto de estudio en diferentes áreas de las minas de Níquel; tiene en cuenta la realización de trabajos de nominación en los diferentes turnos de trabajo, elemento fundamental a considerar; además se consideraron los indicadores técnicos siguientes: tiempo de carga, tiempo de maniobra, tiempo de viaje cargado, tiempo de descarga, tiempo de viaje vacío.

La metodología propuesta para determinar los indicadores técnicos productivos del transporte automotor consta de 5 pasos y se muestra en la figura 2.

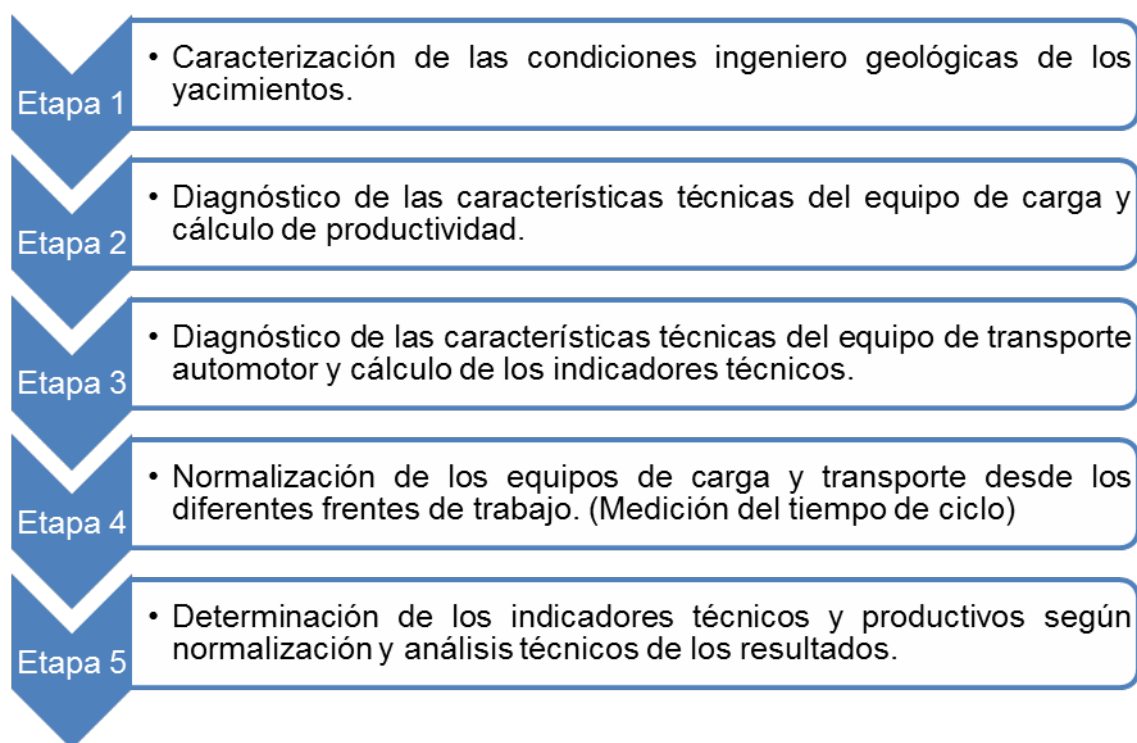


Figura 2 Estructura de la metodología propuesta.

3.2. Estructura de la metodología

La metodología propuesta considera todos los factores técnicos-productivos que intervienen en la explotación eficiente de los equipos de transporte automotor utilizados en la minería del níquel y su relación con los equipos de arranque-carga.

La explicación de cada una de las etapas que forman parte de la metodología propuesta es desarrollada en este acápite.

3.2.1. Caracterización de las condiciones ingeniero geológicas de los yacimientos

Esta etapa es fundamental para conocer en qué condiciones trabajaran los equipos de transporte y debe contener toda información referida a: ubicación geográfica del yacimiento o área de explotación, tectónica, relieve, régimen de lluvia y seca, red fluvial, accidentabilidad del terreno, tipo de material a transportar, método de explotación empleado, sistema empleado en las operaciones de arranque-carga-transporte y tipos y marcas de los equipos de transporte automotor empleados.

3.2.2. Diagnóstico de las características técnicas del equipo de carga y cálculo de productividad

Esta etapa recoge todos los datos técnicos de catálogo del equipo de carga utilizado en el yacimiento o área a explotar y considerando características físicas del mineral o escombro tales como el coeficiente de esponjamiento (K_e) y la masa volumétrica (γ). En esta etapa también se realiza el cálculo de la productividad del equipo de carga utilizando las ecuaciones 1 y 2.

Algunas de las características técnicas de los equipos a considerar son:

- Tipo de equipo, marca y modelo
- Peso de la máquina t
- Tipo de Motor
- Potencia
- Longitud del Boom, metros
- Alcance máximo, metros
- Capacidad del cubo, m³

- Máxima altura de descarga

Para el cálculo de la productividad teórica y de explotación del equipo de carga se utiliza la siguiente información:

- Organización de las operaciones mineras
- Propiedades del material a extraer
- Características técnicas del equipo de carga
- Factores de eficiencia y disponibilidad

Todos estos datos se registrarán en el modelo para el registro de la productividad de las excavadoras (ver anexo 7) el cual es propuesto por la autora de esta investigación.

3.2.3. Diagnóstico de las características técnicas del equipo de transporte automotor y cálculo de los indicadores técnicos

El diagnóstico de las características técnicas del equipo de transporte automotor parte de los datos de catálogo por parte de los fabricantes y las más importantes a considerar son:

Características técnicas del transporte automotor:

- Especificaciones
- Motor
- Potencia máxima, r/s o rpm
- Marca de Transmisión
- Máx. Velocidad, km/h
- Máx. Velocidad Retroceso, km/h
- Tipo de caja de Reenvío
- Capacidad de carga nominal, t
- Capacidad. Volumétrico colmada, m³
- Capacidad. Volumétrica real esponjado, m³
- Peso neto, t
- Peso bruto, t

Cálculos de los indicadores técnicos del transporte automotor

Para los cálculos de explotación se establecen los parámetros técnicos, tecnológicos y organizativos racionales del transporte automotor para las condiciones reales de excavación-carga.

La productividad de los equipos de transporte automotor se calcula haciendo uso de las ecuaciones 3, 4 y 5 y su registro se realizará usando el modelo para el registro de la productividad de los equipos de transporte automotor diseñado por el autor de esta investigación. Ver anexo 8.

- Tiempo de ciclo del camión:

El ciclo de trabajo de los camiones incluye las operaciones de carga, recorrido cargado, muestreo, descarga, limpieza de la cama del camión, regreso al punto de carga y las maniobras entre operaciones. La duración de cada una de estas operaciones se establece basada en la nominación en los diferentes turnos de trabajo en las distintas áreas de explotación.

$$T_{cc} = t_{car} + t_{des} + t_{mc} + t_{rc} + t_{rv} + t_{esp} + t_{md} + t_{lm} + t_{fr} \quad (6)$$

Dónde:

t_{car} – Tiempo de carga del camión; min

t_{des} - Tiempo de descarga del camión; min

t_{mc} – Tiempo de maniobra para carga; min

t_{rc} - Tiempo de recorrido cargado; min

t_{rv} – Tiempo de recorrido vacío; min

t_{esp} – Tiempo de espera; min

t_{md} – Tiempo de maniobra para descarga; min

t_{lm} – Tiempo de muestreo más el tiempo de la limpieza de la cama camión;
min

t_{fr} – Tiempo de preparación y/o ramales

- El tiempo de carga del camión:

Se determina en igualdad de condiciones a partir de la densidad en estado disgregado de la carga a transportar:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{K_g} \quad (7)$$

Cuando $\gamma_d > \frac{q_c}{V_c}$ el tiempo de carga se determina a partir de la capacidad de carga del camión q_c , es decir:

$$q_{cubo} = \frac{V_{cubo} K_{ll} \gamma}{K_g} = V_{cubo} K_{ll} \gamma_d \quad (8)$$

$$N_c = \frac{q_c}{q_{cubo}} \quad (9)$$

$$t_{car} = N_c \frac{t_c}{60} \quad (10)$$

Cuando $\gamma_d < \frac{q_c}{V_c}$ el tiempo de carga se determina a partir del volumen del camión V_c .

$$V_{rcubo} = V_{cubo} K_{ll} \quad (11)$$

$$N_c = \frac{V_c}{V_{rcubo}} \quad (12)$$

$$t_{car} = N_c \frac{t_c}{60} \quad (13)$$

donde:

$V_c \Rightarrow$ volumen geométrico del camión, transferido a la masa mineral en banco;

$\gamma_d \Rightarrow$ masa volumétrica del mineral disgregado t/m^3 ;

$\gamma \Rightarrow$ masa volumétrica del mineral en banco, t/m^3 ;

$t_c \Rightarrow$ duración del ciclo de excavación, s.

$V_{cubo} \Rightarrow$ Volumen del cubo, m^3

$q_c \Rightarrow$ Capacidad de carga del camión m^3 .

$N_c \Rightarrow$ cantidad de cubos

- El tiempo de descarga oscila entre 45 y 60 segundos.

- El tiempo de maniobras:

Este indicador ocupa una parte importante del ciclo de trabajo, depende de las condiciones de explotación, del estado técnico de los camiones, de la organización de las operaciones, de las condiciones climáticas; en cada empresa minera se utilizan para los cálculos los tiempos establecidos durante la práctica diaria.

- Tiempo de recorrido cargado y vacío.

El tiempo necesario para los recorridos cargado y de regreso al punto de carga depende de la velocidad que pueda desarrollar el camión que a su vez depende de varios factores: estado técnico del equipo y de las vías de comunicaciones y condiciones climáticas fundamentalmente. La velocidad también se limita por las normas de seguridad del trabajo.

$$t_{rc} + t_{rv} = \frac{60L_{rc}}{V_{rc}} + \frac{60L_{rv}}{V_{rv}} \quad (14)$$

Donde:

$L_{rc} \Rightarrow$ Distancia del recorrido cargado; km

$V_{rc} \Rightarrow$ Velocidad del recorrido cargado; km/h

$L_{rv} \Rightarrow$ Distancia de recorrido vacío; km

$V_{rv} \Rightarrow$ Velocidad del recorrido vacío; km/h

- Distancia de transportación

La distancia a recorrer y las condiciones de transportación son los factores más importantes, en función de los cuales se debe operar el equipo para poder realizar un trabajo eficiente.

- Disponibilidad Mecánica

Este es el parámetro que indica el tiempo disponible que cada equipo en función del tiempo planificado para mantenimiento y reparación de averías.

Para la comparación entre líneas de equipos de transportación la disponibilidad es la misma para cada equipo, de 83% se considera que

no es un parámetro inherente al tipo de equipo en dependencia de uso al que ha sido expuesto.

- Factor de utilización por lluvia

Este factor indica la pérdida de tiempo ocasionada por las afectaciones climáticas, durante la extracción y en mayor grado durante la transportación.

- Factor de utilización del Turno Operacional

Es el tiempo restante del turno de trabajo que no incluye las pérdidas de tiempo planificadas para los cambios de turno, descanso para merienda, almuerzo y el tiempo empleado para habilitar los equipos. Cuando se determina mediante la normalización también se le resta el tiempo de preparación de los frentes u otro tiempo perdido en las operaciones.

3.2.4. Normalización de los equipos de carga y transporte desde los diferentes frentes de trabajo. (Medición del tiempo de ciclo)

Para el desarrollo de esta etapa se debe conocer el régimen de trabajo establecido, condiciones de trabajo de los operadores, norma de tiempo a cumplir, distancia de transportación, experiencia de los operadores entre otros aspectos.

El registro de estos datos se realiza en el modelo para el control de los datos generales en el periodo de monitoreo de las operaciones mineras y el modelo para el monitoreo del tiempo de ciclo de los equipos de transporte automotor elaborado por la autora de esta investigación. Ver anexo 9 y 10.

La normalización y control del tiempo de trabajo de los equipos de transporte se realizan a partir de la selección del área a monitorear, los turnos de trabajos, la cantidad de monitoreo a realizar, la línea de equipo a monitorear y dependerá del cumplimiento eficiente del trabajo de monitoreo.

3.2.5. Determinación de los indicadores técnicos y productivos según normalización y análisis técnicos de los resultados

Después de realizado el proceso de monitoreo y habiendo registrado todos los datos, se procede al procesamiento de los mismos usando tablas dinámicas de

Excel para graficar los datos obtenidos y poder realizar el análisis técnico y toma de decisiones por parte de los especialistas.

En esta última etapa se calculan los indicadores técnicos-productivos reales a partir de los datos obtenidos.

Los indicadores técnicos a considerar durante el monitoreo de los equipos de transporte automotor para el estudio de su rendimiento son:

A. Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo
- Distancias recorridas
 - Distancia recorrida cargado
 - Distancia recorrida vacío
- Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
- Consumo de diésel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diésel de cada camión es diferente, este depende de las características constructivas.

B. Cálculo de la productividad de explotación

Los indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor; Productividad horaria. t/h; Productividad por turno. t/turno y Productividad diaria t/día se determinan usando las fórmulas 3, 4 y 5 y se registran en el modelo del anexo 8.

C. Cálculo de los índices de consumo

Para determinar los índices de consumo se toma como punto de partida las mediciones obtenidas mediante la normalización de las operaciones:

1. Consumo

Este indicador tiene en cuenta el gasto de diésel en la totalidad de los viajes chequeados en la normalización de las operaciones.

2. Distancia de transportación

Para el cálculo de este indicador se considera el total de las distancias recorridas durante el ejercicio de normalización en las diferentes áreas de explotación minera.

3. Número de viajes

Este indicador tiene en cuenta la totalidad de los viajes chequeados en la normalización de las operaciones.

4. Volumen transportado durante la normalización por área

El volumen transportado se determina a partir del número de viajes de cada área en operación y la capacidad de carga real para cada camión (material suelto húmedo).

5. Tiempo de ciclo

Estos valores se obtienen de las mediciones realizadas durante la normalización de las operaciones.

El registro de los índices de consumo determinados se registrará en el sistema de tablas para el control de los índices de consumo de combustible de los equipos de transporte automotor. Sistema de tabla propuesta por la autora y que se muestran en el anexo 11.

D. Índice de consumo de diésel por tonelada de mineral transportado

$$C_t = \frac{C_{tr}}{V_t} \quad (15)$$

donde:

$C_t \Rightarrow$ Consumo de diésel por tonelada

$C_{tr} \Rightarrow$ consumo de diésel durante la transportación de mineral en el tiempo de normalización

$V_t \Rightarrow$ volumen de mineral transportado durante el periodo de normalización

E. Índice de consumo de diésel por kilómetro recorrido

$$C_{km} = \frac{D_r}{C_{tr}} \quad (16)$$

donde:

$C_{km} \Rightarrow$ índice de consumo kilómetro recorrido por litro (l/km)

$C_{tr} \Rightarrow$ consumo de diésel durante la transportación de mineral en el tiempo de normalización

$D_r \Rightarrow$ total de los kilómetros recorridos desde cada área hasta planta de preparación de mineral

F. Índice de consumo de diésel por hora

$$C_h = \frac{C_{tr}}{f_r} \quad (17)$$

donde:

$C_{km} \Rightarrow$ índice de consumo litro por kilómetro recorrido (l/km)

$C_{tr} \Rightarrow$ consumo de diésel durante la transportación de mineral en el tiempo de normalización.

$f_t \Rightarrow$ Fondo de tiempo por área utilizado en la normalización.

G. Análisis técnico de los resultados

Según las características técnicas los camiones, y las observaciones realizadas durante la normalización de las operaciones se podrán caracterizar los equipos cualitativamente atendiendo a las condiciones propuestas en la tabla 3 propuestas por la autora:

| Nº | Condiciones de uso | Cumple | |
|----|---|--------|----|
| | | Si | No |
| 1 | ¿El transporte automotor cumple con los requerimientos necesarios para operar en las condiciones reales del área de trabajo donde se realizan las operaciones? | | |
| 2 | ¿Para las condiciones de operación de las áreas de trabajo desde el punto de vista de seguridad industrial, el transporte automotor cumple con todos los requisitos necesarios para proporcionar operaciones seguras? | | |
| 3 | ¿El confort de los camiones es el adecuado para el régimen de trabajo de las operaciones mineras? | | |
| 4 | ¿La movilidad de los camiones es la adecuada para las áreas de carga y descarga? | | |
| 5 | ¿Los caminos poseen los requerimientos constructivos necesarios para la transportación? | | |

Tabla 3 Condiciones para la evaluación cuantitativa del uso de los equipos de transporte automotor

El uso de gráficos para mostrar los indicadores técnicos-productivos determinados y caracterizar los equipos cuantitativamente se muestra en el anexo 12 y ayudarán a mostrar el comportamiento de la velocidad promedio de cada línea de equipo en el recorrido cargado y en su recorrido vacío, la productividad y los índices de consumo de combustible por tonelada transportada, por kilómetros recorridos y por hora.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron los factores más importantes que influyen en la efectividad y rendimiento de la explotación del transporte automotor en la minería del níquel.
2. Se elaboró la metodología para la determinación de los indicadores técnicos-productivos de los equipos de transporte automotor usados en la minería del níquel la cual constituye una herramienta de trabajo para los concesionarios en la evaluación técnica de estos equipos

RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta durante la confección de los planes de minería los resultados documentados que arroje la normalización de las operaciones mineras.

BIBLIOGRAFÍA

- Alos Quintero, S. (2004). *Análisis técnico-económico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba*. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.
- Belete Fuentes, at al. (2015). *Rendimiento del equipamiento minero de arranque-carga-transporte de la empresa Comandante Ernesto Guevara*. (Consultado el día 21 de marzo 2017). Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n39/n39a02.pdf>
- BELL Equipment. (Consultado el día 27 de mayo 2017). Disponible en: <http://www.Bellequipment.com>.
- Cardona Durive, A. (2012) *Evaluación de la efectividad de las operaciones mineras de arranque-carga y transporte del mineral en el yacimiento Moa Oriental en la mina PSA*. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.
- Cuba Ramírez, Y. (2008). *Perfeccionamiento de la transportación de la masa minera en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.
- García, M. I., Peña, R. (2013). "Análisis estadístico de la eficiencia de un equipo de minería para la optimización del reemplazo". En *V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. V Congreso Cubano de Minería*. La Habana: Sociedad Cubana de Geología.
- Guerra, E., García, M.I. (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". En *III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. III Congreso Cubano de Minería*. La Habana: Sociedad Cubana de Geología.
- Informe de las prácticas investigativas. (2010). Características generales de las principales actividades geólogo-mineras en la Empresa Pedro Sotto Alba.

Irons Pérez, P. (2006). *Determinación de los Indicadores Técnico – Económico del camión KOMATSU HD 465*. (Tesis presentada en opción al título de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos). ISMM. Moa.

Lamorú Sánchez, L. y Multan Anaya, M.C. (2009). Informe de las prácticas laborales investigativa sobre la evaluación del ciclo de trabajo de los equipos de transporte de la Mina PSA.

Las maquinarias y equipos con las que se trabaja en la minería a cielo abierto. (Consultado el día 27 de mayo 2017). Disponible en: <https://es.slideshare.net/wilmerziithogallardogonzales/las-maquinarias-y-equipos-con-las-que-se-trabaja-en-la-minera-a-cielo-abierto>

Lawson Barrant, J. (2012). Análisis comparativo del rendimiento técnico-productivo entre los equipos de arranque en el yacimiento Yagrumaje Sur de la mina Ernesto Che Guevara. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa

Legrá Cepero, Y. (2012). Análisis del potencial productivo del equipamiento minero de la empresa Ernesto Che Guevara. *Revista Ciencia y Futuro*, 2 (4), diciembre-febrero, 2012. Disponible en: http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/viewFile/761/368

Manual de arranque, carga y transporte en la minería a cielo abierto. (Consultado el día 27 de mayo 2017). Disponible en: http://info.igme.es/SidPDF%5C066000%5C874%5C66874_0001.pdf

Martínez Mendoza, L. (2015). *Selección del sistema de transportación para la explotación del yacimiento Camarioca Sur de la empresa P.S.A- MOA NICKEL S.A*. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.

Martínez Noa, L. R. (2013). Determinación de la productividad y consumo de combustible del camión Volvo A40Fs y de las excavadoras en la mina de la empresa Comandante Che Guevara. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.

Matos Filande, C. (2010). Estudio comparativo del rendimiento técnico-productivo entre los camiones Volvo A40D y Bell B50D en los

yacimientos lateríticos de Moa Nickel S. A. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.

Mureka, G. E. (2013). Determinación de la eficiencia del equipamiento minero del yacimiento Victoria I. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.

Pereda Hernández, S. y Polanco Almanza, R. (1999). *Transporte Minero*. La Habana: editorial Félix Varela. 363 p.

Quesada Durive, A. (2012). Evaluación de la efectividad de las operaciones de arranque-carga y transporte del mineral en el yacimiento Moa Occidental. (Trabajo de diploma). ISMM. Moa.

Rabilero Fernández, L.G. (2004). Algoritmo para la toma de decisiones en la explotación del transporte minero. (Tesis presentada en opción al Título Académico de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos). ISMM. Moa.

Toirac, A. (2010). Estudio del rendimiento del transporte automotor en la mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. (Tesis de grado). ISMM. Moa.

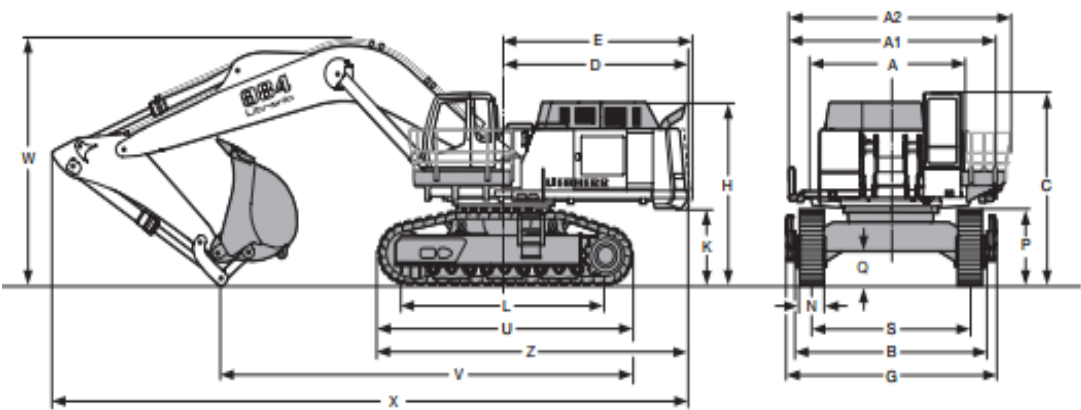
Torres Rodríguez, Y. E. (2001). *Análisis técnico - estadístico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de La Empresa Comandante Pedro Sotto Alba*.

Unión de Periodista de Cuba (2009). El dictado de Ares y un hidalgo colectivo. Un siglo de explotación de los minerales lateríticos en Cuba. Libro en preparación del investigador Jorge Miranda López, del Centro de Investigaciones de las Lateritas, Moa. (Consultado: 22 de octubre de 2010). Disponible en: <http://www.cubahora.co.cu>.

Volvo Group. (Consultado el día 27 de mayo 2017). Disponible en: <http://www.Volvo.com>

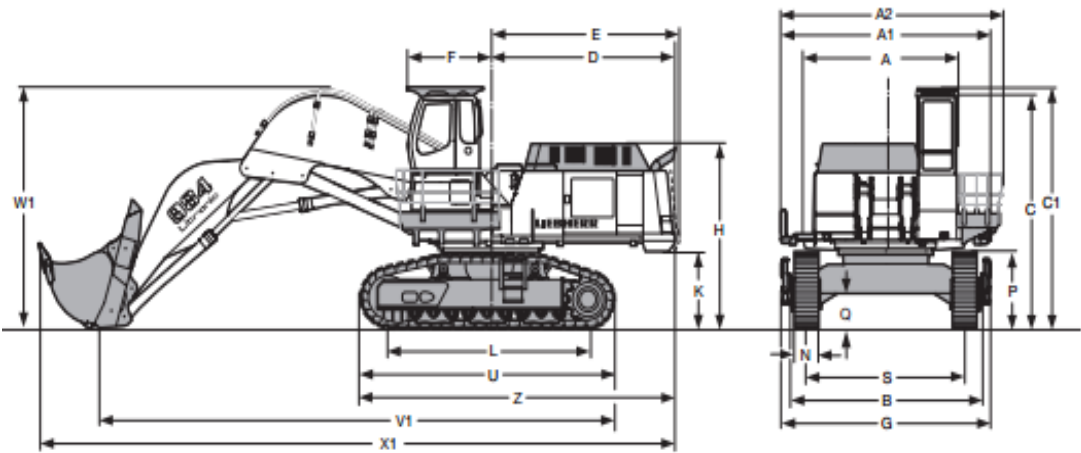
ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones de la retroexcavadora de Liebherr R984C



| | mm |
|----|----------------|
| A | 4050 |
| A1 | 5260 |
| A2 | 5690 |
| C | 4455 |
| D | 4690 |
| E | 4805 |
| H | 4235 |
| K | 1830 |
| L | 5055 |
| P | 1745 |
| Q | 860 |
| S | 4000 |
| U | 6471 |
| N | 500 600 750 |
| B | 4830 4830 4830 |
| G | 5290 5290 5290 |
| Z | 7980 |

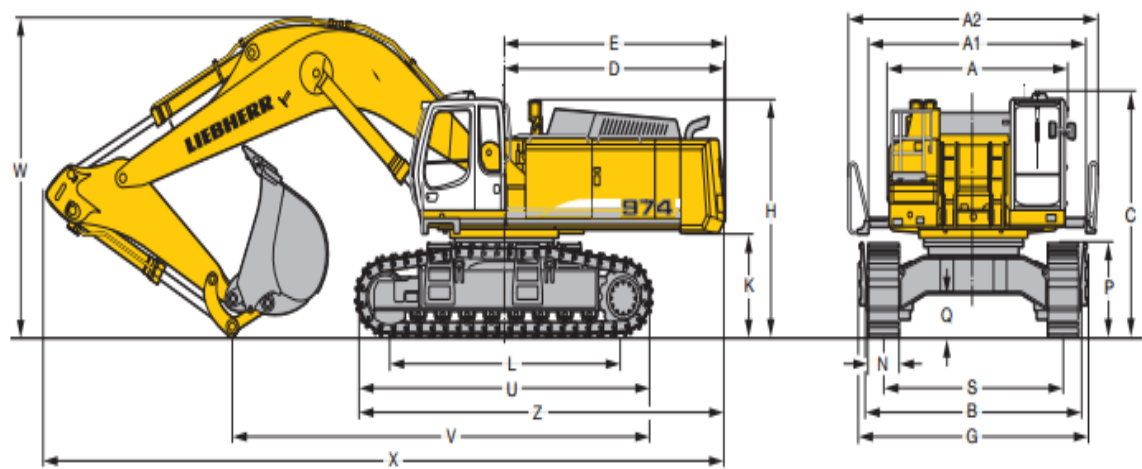
| | Largo balancín m | Pluma monobloc 7,80 m mm | Pluma monobloc 9,20 m mm | Pluma monobloc 11,00 m mm |
|---|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| V | 3,40 | 8800 | 10550 | - |
| | 4,50 | 8500 | 10250 | 12150 |
| | 5,60 | - | 10150 | 11900 |
| | 6,80 | - | 8350 | 10000 |
| W | 3,40 | 5650 | 5850 | - |
| | 4,50 | 6300 | 6250 | 6650 |
| | 5,60 | - | 6950 | 7000 |
| | 6,80 | - | 7950 | 7750 |
| X | 3,40 | 14850 | 16250 | - |
| | 4,50 | 14300 | 15650 | 17400 |
| | 5,60 | - | 15400 | 17200 |
| | 6,80 | - | 14700 | 16750 |



| | mm |
|----|------|
| A | 4050 |
| A1 | 5260 |
| A2 | 5690 |
| C | 5255 |
| C1 | 5430 |
| D | 4690 |
| E | 4805 |
| F | 2075 |
| H | 4235 |
| K | 1830 |
| L | 5055 |

| | mm |
|----|----------------|
| P | 1745 |
| Q | 860 |
| S | 4000 |
| U | 6471 |
| Z | 7980 |
| N | 500 600 750 |
| B | 4830 4830 4830 |
| G | 5290 5290 5290 |
| V1 | 12600 |
| W1 | 5400 |
| X1 | 15500 |

Anexo 2. Dimensiones de la retroexcavadora de Liebherr R974C



| | HD | | | mm | LC-V | | | mm |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| A | | | | 3,605 | | | | 3,605 |
| A1 | | | | 4,365 | | | | 4,365 |
| A2 | | | | 5,000 | | | | 5,000 |
| C | | | | 3,825 | | | | 3,965 |
| D | | | | 4,400 | | | | 4,400 |
| E | | | | 4,440 | | | | 4,440 |
| H | | | | 3,665 | | | | 3,805 |
| K | | | | 1,625 | | | | 1,765 |
| L | | | | 4,770 | | | | 5,160 |
| P | | | | 1,460 | | | | 1,493 |
| Q | | | | 682 | | | | 955 |
| S | | | | 3,600 | | | | 2,750*3,590 |
| U | | | | 5,953 | | | | 6,334 |
| N | 500 | 600 | 750 | | 500 | 600 | 750 | |
| B | 4,290 | 4,290 | 4,350 | | 3,490 | 3,490 | 3,500 | |
| G | 4,540 | 4,540 | 4,540 | | 3,866 | 3,866 | 3,866 | |
| Z | | | | 7,377 | | | | 7,567 |

* Transport position

| HD-Undercarriage | | | | |
|------------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
| | Stick Length | Mono Boom 7.20 m | Mono Boom 8.60 m | Mono Boom 10.50 m |
| | m | mm | mm | mm |
| V | 2.90 | 8,450 | 10,150 | - |
| | 3.80 | 8,050 | 9,800 | 12,000 |
| | 4.70 | 7,950 | 9,700 | 11,800 |
| | 5.80 | - | - | 11,700 |
| W | 2.90 | 5,000 | 5,250 | - |
| | 3.80 | 5,450 | 5,550 | 5,650 |
| | 4.70 | 6,000 | 6,000 | 6,000 |
| | 5.80 | - | - | 6,800 |
| X | 2.90 | 13,650 | 15,100 | - |
| | 3.80 | 13,250 | 14,600 | 16,450 |
| | 4.70 | 13,000 | 14,400 | 16,300 |
| | 5.80 | - | - | 16,000 |

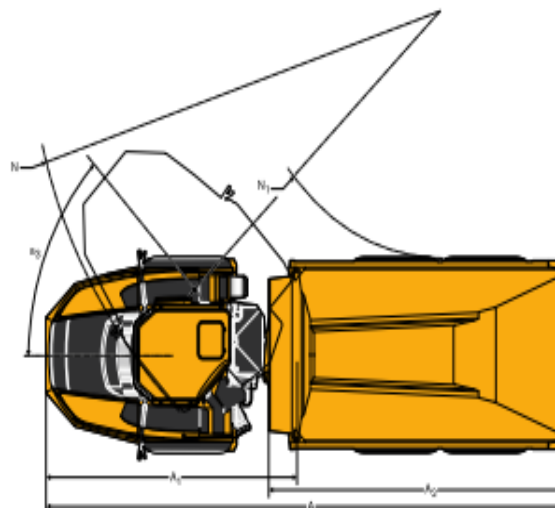
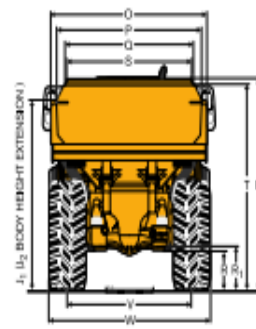
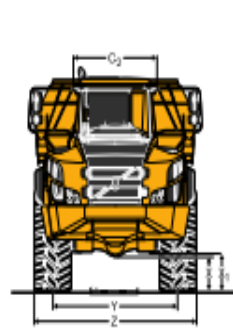
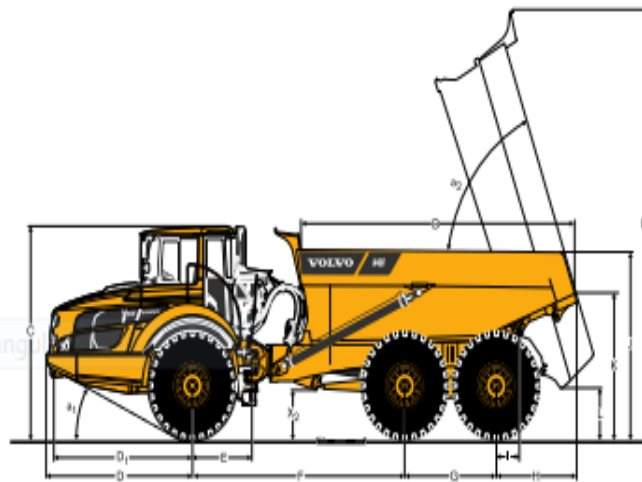
| LC-V-Undercarriage | | | | |
|--------------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|
| | Stick Length | Mono Boom 7.20 m | Mono Boom 8.60 m | Mono Boom 10.50 m |
| | m | mm | mm | mm |
| V | 2.90 | 8,600 | 10,300 | - |
| | 3.80 | 8,200a | 9,950 | 12,150 |
| | 4.70 | 8,050 | 9,800 | 11,950 |
| | 5.80 | - | - | 11,850 |
| W | 2.90 | 5,050 | 5,300 | - |
| | 3.80 | 5,500 | 5,650 | 5,750 |
| | 4.70 | 6,050 | 6,000 | 6,100 |
| | 5.80 | - | - | 6,800 |
| X | 2.90 | 13,650 | 15,100 | - |
| | 3.80 | 13,300 | 14,650 | 16,500 |
| | 4.70 | 13,100 | 14,450 | 16,350 |
| | 5.80 | - | - | 16,100 |

Anexo 3. Dragalina ESH 6/45 trabajando

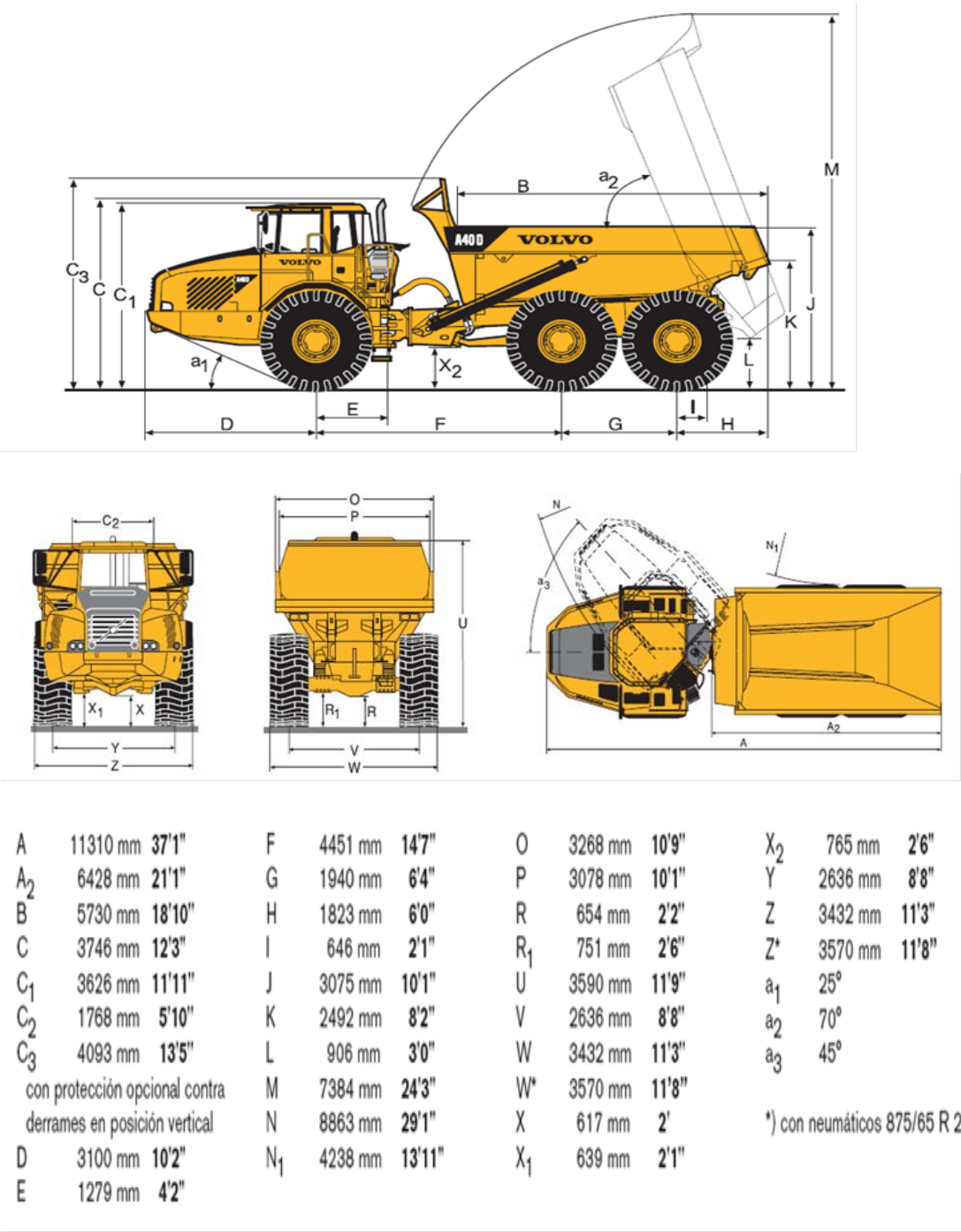


Anexo 4. Dimensiones del camión de Volvo A40F

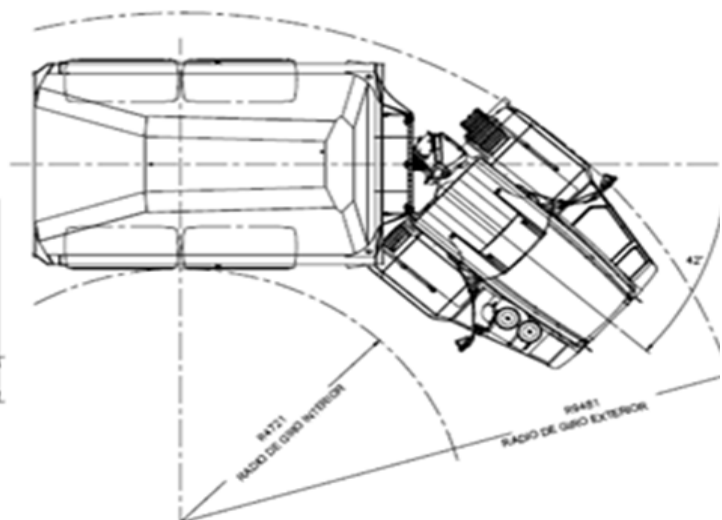
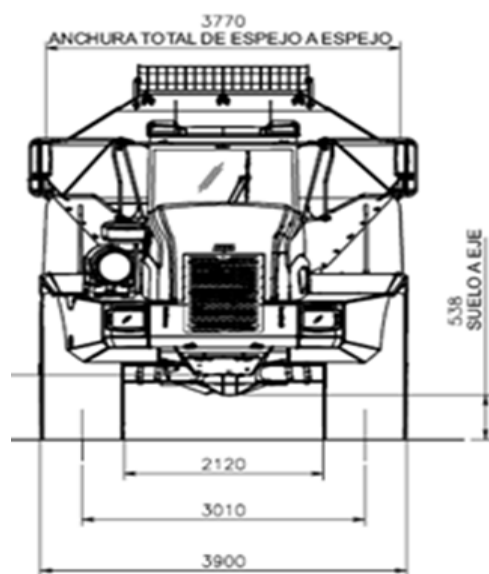
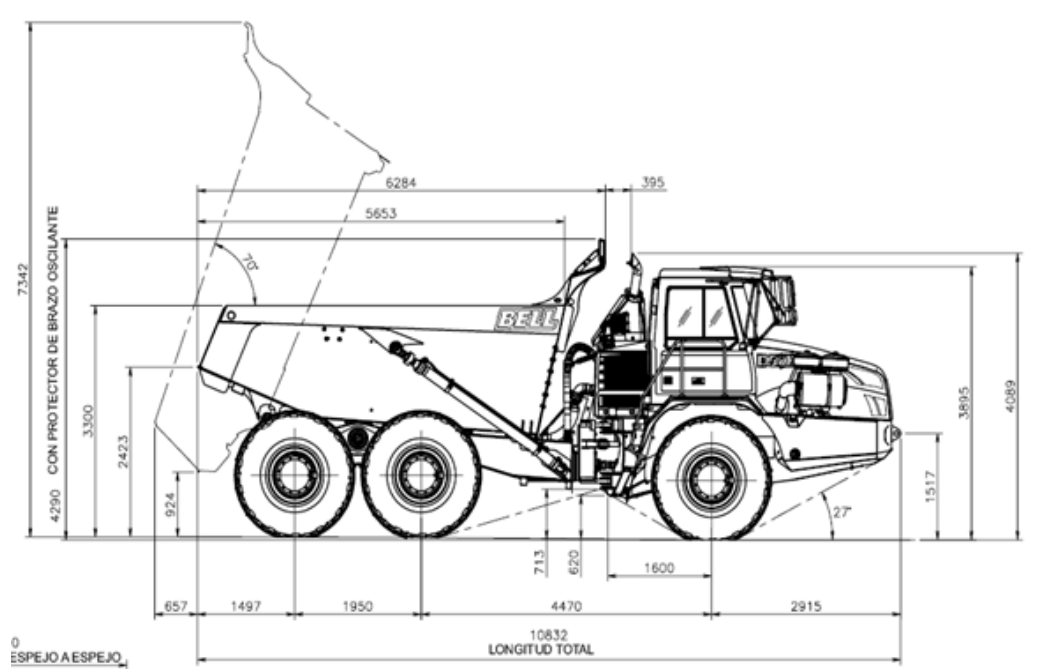
| | A35F | A40F |
|----------------|--------|--------|
| Pos | mm | |
| A | 11 180 | 11 263 |
| A ₁ | 5 476 | 5 476 |
| A ₂ | 6 241 | 6 404 |
| B | 5 540 | 5 821 |
| C | 3 716 | 3 769 |
| C ₁ | 3 546 | 3 597 |
| C ₂ | 1 772 | 1 772 |
| D | 3 101 | 3 101 |
| D ₁ | 2 941 | 2 942 |
| E | 1 277 | 1 277 |
| F | 4 578 | 4 518 |
| G | 1 820 | 1 940 |
| H | 1 683 | 1 706 |
| I | 650 | 495 |
| J | 2 995 | 3 154 |
| K | 2 314 | 2 457 |
| L | 900 | 844 |
| M | 7 248 | 7 287 |
| N | 8 853 | 8 967 |
| N ₁ | 4 395 | 4 307 |
| O | 3 106 | 3 374 |
| P | 2 870 | 3 074 |
| Q | 2 553 | 2 730 |
| R | 579 | 635 |
| R ₁ | 668 | 722 |
| S | 2 422 | 2 653 |
| T | 3 401 | 3 462 |
| U | 3 516 | 3 565 |
| V | 2 534 | 2 636 |
| V* | 2 625 | 2 709 |
| W | 3 258 | 3 433 |
| W* | 3 410 | 3 570 |
| X | 521 | 571 |
| X ₁ | 607 | 658 |
| X ₂ | 754 | 807 |
| Y | 2 534 | 2 636 |
| Y* | 2 625 | 2 709 |
| Z | 3 258 | 3 433 |
| Z* | 3 410 | 3 570 |
| a ₁ | 23,6° | 24,3° |
| a ₂ | 72° | 70° |
| a ₃ | 45° | 45° |



Anexo 5. Dimensiones del camión de Volvo A40D



Anexo 6. Dimensiones del camión de Bell B50D



Anexo 7. Modelo para el registro de la productividad de las excavadoras

| Datos | | Material | |
|---|--|----------|------|
| | | Suelto | Duro |
| Organización | Turnos por día | | |
| | horas por turno | | |
| Unidades de transporte | Modelo de camión | | |
| | Capacidad de carga | | |
| | Capacidad SAE (colmada 1:1) | | |
| | Tiempo de maniobras | | |
| Material | Preparación del material | | |
| | Densidad en banco (t/m^3) | | |
| | Factor de esponjamiento | | |
| | Densidad suelto (t/m^3) | | |
| Equipo de Carga | Modelo de retroexcavadora | | |
| | Longitud del brazo, mm | | |
| | Longitud de pluma, mm | | |
| | Ancho de cubo, mm | | |
| | Capacidad SAE colmado (m^3) | | |
| | Factor de llenado | | |
| | Capacidad real (m^3) | | |
| | Capacidad real (t) | | |
| Factores de eficiencia y disponibilidad | Factor de eficiencia (50min/h) | | |
| | Eficiencia del operador Muy Buena=100%; poco experimentado=70% | | |
| | Disponibilidad mecánica | | |
| | Eficiencia del tráfico de volquetes (90%=5 min espera/50 min) | | |
| | Eficiencia y disponibilidad combinada | | |
| Rendimiento horario | Volumen suelto ($m^3/s/h$) | | |
| | Volumen en banco (m^3b/h) | | |
| | Masa (t/h) | | |
| Rendimiento por turnos | Volumen suelto (m^3s/t) | | |
| | Volumen en banco (m^3b/t) | | |
| | Masa (t/t) | | |
| Rendimiento por mes | Volumen suelto (m^3s/mes) | | |
| | Volumen en banco (m^3b/mes) | | |
| | Masa (t/mes) | | |
| Rendimiento por año | Volumen suelto ($m^3s/año$) | | |
| | Volumen en banco ($m^3b/año$) | | |
| | Masa (t/año) | | |
| | Volumen de destape | | |
| | Cantidad de Excavadoras | | |
| | Cantidad de Excavadoras Asumidas | | |
| | Volumen producido por Exc. | | |
| | Volumen total producido | | |
| | Horas trabajadas por Exc. | | |
| | Horas totales trabajadas por Exc. | | |

Anexo 8. Modelo para el registro de la productividad de los equipos de transporte automotor

| | | | |
|---|------------------|------------------|--------------|
| Área: | | | |
| Empresa: | | | |
| Excavadora: | | | |
| Camión: | | U/M | Valor |
| Volumen nominal cubo | E | m ³ | |
| Densidad suelto | Y | t/m ³ | |
| Factor de llenado del cubo de la excavadora. | K _{ll} | - | |
| Volumen real de mineral en el cubo | V _c | m ³ | |
| Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo) | q _{cu} | t | |
| Capacidad de carga máxima del camión | C _{ca} | t | |
| Volumen nominal del camión colmado. | V _n | m ³ | |
| Coeficiente de utilización | K _u | - | |
| Cantidad de cubos (volumen). | C _{cu} | - | |
| Cantidad de cubos (masa). | C _{cum} | - | |
| Cantidad asumida de cubos | C _{cu} | - | |
| Volumen real camión | V _r | m ³ | |
| Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo) | q _h | t | |
| Coeficiente de esponjamiento | K _e | | |
| Humedad natural del mineral | W | % | |
| Distancia de transportación | L | km | |
| Tiempo de ciclo | t _{cc} | min | |
| Productividad horaria | Q _h | t/h | |
| Duración Turno | T _t | H | |
| Productividad por turno | Q _t | t/turno | |
| Disponibilidad técnica | K _d | - | |
| Coeficiente de utilización del parque | K _{up} | % | |
| Cantidad de turnos por día | N _t | | |
| Productividad diaria | Q _{día} | t/d | |

Anexo 9. Modelo para el control de los datos generales en el período de monitoreo de las operaciones mineras

| Fecha | Equipo de carga | Equipo de Transp. | Hora inicial | Hora final | Tiempo | Área | Pozo o Banco | Yacimiento | Lluvias | Distancia | Camión | t/turno Exc. |
|-------|-----------------|-------------------|--------------|------------|--------|------|--------------|------------|---------|-----------|--------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | |

Leyenda:

1. Fechas de los días monitoreados
2. Siglas de los equipos de carga
3. Siglas de los equipos de transporte
4. Hora inicial del monitoreo
5. Hora final del monitoreo
6. Tiempo monitoreado en el turno
7. Área donde se encuentra la excavadora
8. Pozo o banco de la excavadora
9. Yacimiento donde se monitoreó
10. Período de lluvia
11. Distancia planificada
12. Número de camiones asignados para cada excavadora
13. Toneladas por turno planificada

Anexo 10. Modelo para el monitoreo del tiempo de ciclo de los equipos de transporte automotor

| Indicadores técnicos | U/M |
|--|------------|
| Cantidad de cubos | unidad |
| Tiempo de preparación frente y/o ramales (min) | min |
| Tiempo de maniobra para carga (min) | min |
| Tiempo de carga de la excavadora (min) | min |
| Tiempo de recorrido camión cargado (min) | min |
| Tiempo de muestreo (min) | min |
| Tiempo de maniobra para descarga (min) | min |
| Tiempo de descarga (min) | min |
| Tiempo de limpieza de cama camión (min) | min |
| Tiempo de recorrido camión vacío (min) | min |
| Tiempo de espera (min) | min |
| Ciclo (min) | min |
| Distancia recorrido Cargado (km) | km |
| Tiempo total Cargado (min) | min |
| Velocidad Cargado (km/h) | km/h |
| Distancia recorrido Vacío (km) | km |
| Tiempo total Vacío (min) | min |
| Velocidad Vacío (km/h) | km/h |
| Consumo de diésel | l |

Anexo 11. Sistema de tablas para el control de los índices de consumo de combustible de los equipos de transporte automotor

| Área | U/M | Índice de diésel |
|------|-----|------------------|
| Área | l/t | |
| Área | l/t | |
| Área | l/t | |

| Área | U/M | Índice de diésel |
|------|------|------------------|
| Área | l/km | |
| Área | l/km | |
| Área | l/km | |

| Área | U/M | Índice de diésel |
|------|-----|------------------|
| Área | l/h | |
| Área | l/h | |
| Área | l/h | |

Anexo 12. Ejemplos de gráficas que muestran los resultados técnico-productivos

