

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA
DE MINAS



**DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE VOLQUETES
MEDIANTE EL FACTOR DE ACOPLAMIENTO,
CONSIDERANDO UN CARGADOR FRONTAL 980G CAT EN
LA RUTA MINERAL DEL BANCO 330 - PAD 18 DEL TAJO
SEDUCTORA DE LA CÍA. MINERA SANTA ROSA S.A. -
COMARSA**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

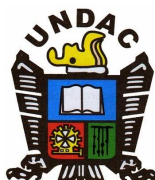
Presentado por:

Bach. RAMOS MONTALVO, Miguel Ángel

Asesor: Ing. FLORES MEJORADA, Rosas

Pasco - Perú - 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA
DE MINAS



**DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE VOLQUETES MEDIANTE
EL FACTOR DE ACOPLAMIENTO, CONSIDERANDO UN CARGADOR
FRONTAL 980G CAT EN LA RUTA MINERAL DEL BANCO 330 - PAD
18 DEL TAJO SEDUCTORA DE LA CÍA. MINERA SANTA ROSA S.A. -
COMARSA**

Presentado por:

Bach. RAMOS MONTALVO, Miguel Ángel

**SUSTENTADO EL DIA 04 DE ENERO 2019 Y APROBADO ANTE LA
COMISIÓN DE JURADOS:**

Mg. Joel E. OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Mg. Luis A. UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO

Dr. Ricardo CABEZAS LIZANO
MIEMBRO

Cuando nací no conocía nada. Fui creciendo
y descubriendo a cada uno de ellos, a ellas
para toda mi familia.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Daniel Alcides Carrión por habernos acogido durante los años de nuestra formación profesional, y en particular a todos y cada uno de los catedráticos de la Facultad de Ingeniería de Minas, de quienes he recibido los conocimientos para alcanzar los objetivos propuestos para la culminación del presente trabajo, nuestro reconocimiento por la labor que realizan en la formación de tantos jóvenes que son el futuro de nuestro país.

Expreso mi agradecimiento a la Gerencia General, ingenieros y personal de campo de Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. - COMARSA, quienes permitieron realizar el presente estudio en su unidad de producción Santa Rosa.

A Dios, ser supremo, al que no logramos ver, sin embargo, sentimos su presencia en nuestros pensamientos, quien nos impulsa y guía a lograr la culminación de la tesis.

El Autor

RESUMEN

En Cumpliendo con el Reglamento de Grados y Títulos de la facultad de Ingeniería de Minas de nuestra “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión”, me permito a presentar la Tesis Intitulada **“DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ÓPTIMO DE VOLQUETES MEDIANTE EL FACTOR DE ACOPLAMIENTO, CONSIDERANDO UN CARGADOR FRONTAL 980G CAT EN LA RUTA MINERAL DEL BANCO 330 - PAD 18 DEL TAJO SEDUCTORA DE LA CÍA. MINERA SANTA ROSA S.A. - COMARSA”** con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.

En compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A, no cuenta con una herramienta operacional para poder determinar el número óptimo de volquetes para cada equipo de carguío en los frentes de trabajo, se observó las situaciones de exceso o falta de volquetes, surgió la necesidad de mejorar la asignación del número de volquetes a los equipos de carguío para equilibrar las eficiencias de los equipos de carguío y transporte evaluado bajo un principio básico: lograr maximizar la producción al mínimo costo.

En el presente trabajo se ha tomado una metodología para el cálculo de producción y costos unitarios de los equipos de carguío y transporte en el frente de trabajo: banco 330 ruta mineral con un cargador frontal 980G y 14 volquetes FM - 12, se comparó las producciones reales vs producciones potenciales de los equipos de carguío y acarreo, luego aplicando el Factor de acoplamiento se determinó el número óptimo de

13 volquetes; mostrándonos un sobredimensionamiento de la flota en una unidad en exceso.

Esto nos ha permitido, mejorar la asignación en el número de volquetes a los equipos de carguío por frente, aprovechando la máxima capacidad instalada de los equipos en operaciones, logrando mejorar el rendimiento y disminuir el costo unitario del sistema de carguío y acarreo a un 8,7%.

Palabras claves: Volquetes, Rendimiento, Carguío, Costos Unitarios, Carguío y Acarreo.

SUMMARY

In Expiring with the Regulation of Degrees and Titles of the faculty of Engineering mine of our "**National University Daniel Alcides Carrión**", I permit to presenting the Thesis Entitled "**DETERMINATION OF THE IDEAL NUMBER OF VOLQUETES BY MEANS OF THE FACTOR OF COUPLING, CONSIDERING TO BE A FRONTAL LOADER 980G CAT IN THE MINERAL ROUTE OF THE BANCO 330 - PAD 18 OF THE SLIT SEDUCTORA OF THE CÍA. HOLY MINER ROSA S.A. - COMARSA**" with the purpose of choosing the Mining Engineer's Professional Title.

In Minera Aurífera Santa Rosa S.A. company does not have an operational tool to determine the optimal number of trucks for each load team in front of work, it was observed situations of excess or lack of trucks, the need arose to improve the allocation of the number of trucks to load equipment of balancing the efficiencies of equipment load and transportation evaluated under a basic principle: achieving maximize production at the lowest cost.

The present study has taken a methodology for calculating unit costs of production and equipment load and transportation in front of work: Route 330 mineral bank with a front loader 980G and 14 trucks FM - 12, compared productions vs. actual production potential load teams and transportation, then applying the match factor determining the optimal number of 13 trucks; showed a over sizing of the fleet in a unit in excess.

This has enabled us to improve the allocation in the number of trucks with load equipment in front, taking advantage of the maximum installed capacity of the teams in operations, achieving improved performance and lower the unit cost system load and transportation to 8.7%.

Keywords: Volquetes, Performance, Carguío, Unitary Costs, Carguío and Transportation.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

SUMMARY

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5	IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6	LIMITACIONES	16

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	ANTECEDENTES	17
2.2	BASES TEÓRICAS Y CIENTÍFICAS	19
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:	56
2.4	HIPÓTESIS	58
2.5	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES	59

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	60
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	60
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA	60
3.4	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	61
3.5	UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO:.....	61
3.6	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	65
3.7	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	65

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE CUADROS Y GRÁFICOS ESTADÍSTICOS	73
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	85
4.3	EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS	86

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental del Norte del Perú, en el Paraje denominado Pampa Larco a 3,500 m.s.n.m. al Noreste del Distrito de Angamarca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de la Libertad.

El carguío y transporte conforman las principales operaciones unitarias en la actividad minera, ya que son responsables de todo el movimiento de mineral o estéril fragmentado por el proceso de voladura. En el movimiento de tierras, ambos procesos tienen un papel protagónico desde la planificación, en el diseño de la mina, y desde el punto de vista operacional; ya que concentra las mayores inversiones en equipos y costos operacionales.

El objetivo de la presente investigación es determinar el número óptimo de volquetes a través del Factor de Acoplamiento, considerándose un cargador 980G – CATERPILLAR y unidades de acarreo FM – 12 VOLVO, en una ruta de mineral del banco 330 hacia el PAD 18, distancia 2.6 km en el tajo Seductora de la mina Santa Rosa

La investigación tiene como referencia antecedente relacionados a lo realizado por Ballester, F. – Peral, A. 1988). La coordinación entre los equipos de carga y transporte de materiales, es muy importante en los trabajos de movimiento de tierras, siendo el número de elementos y las dimensiones de los equipos de carga y transporte los factores básicos a determinar en todo proceso de optimización de operaciones, para lo cual

se presenta un programa informático de aplicación práctica - Aplicación mediante ordenador del factor de acoplamiento en equipos de carga y transporte

El Autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A, no cuenta con una herramienta operacional para poder determinar el número óptimo de volquetes para cada equipo de carguío en los frentes de trabajo, se observó las situaciones de exceso o falta de volquetes, surgió la necesidad de mejorar la asignación del número de volquetes a los equipos de carguío para equilibrar las eficiencias de los equipos de carguío y transporte evaluado bajo un principio básico: lograr maximizar la producción al mínimo costo.

El carguío y transporte conforman las principales operaciones unitarias en la actividad minera, ya que son responsables de todo el

movimiento de mineral o estéril fragmentado por el proceso de voladura. En el movimiento de tierras, ambos procesos tienen un papel protagónico desde la planificación, en el diseño de la mina, y desde el punto de vista operacional; ya que concentra las mayores inversiones en equipos y costos operacionales.

Se observa que la asignación del número de volquetes a los equipos de carguío se encontraba en exceso o falta de volquetes, evidenciando flotas sobredimensionadas o subdimensionadas en la operación, incrementándose el costo global de carguío y acarreo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema General:

¿Cuál es el número óptimo de volquetes a través del Factor de Acoplamiento, considerándose un cargador 980G – CATERPILLAR y unidades de acarreo FM – 12 VOLVO, en una ruta de mineral del banco 330 hacia el PAD 18, distancia 2.6 km en el tajo Seductora de la mina Santa Rosa?

1.2.2 Problemas Específicos:

- ¿Cuál es la capacidad máxima instalada de los equipos de carguío y acarreo en la operación en el tajo Seductora?
- ¿Se podrá reducir el costo unitario de carguío en función al costo presupuestado en el tajo Seductora?

- ¿Se podrá la eficiencia tanto en el carguío como el acarreo a su máxima capacidad instalada en el tajo Seductora?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General:

Determinar el número óptimo de volquetes a través del Factor de Acoplamiento, considerándose un cargador 980G – CATERPILLAR y unidades de acarreo FM – 12 VOLVO, en una ruta de mineral del banco 330 hacia el PAD 18, distancia 2.6 km en el tajo Seductora de la mina Santa Rosa

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Determina la capacidad máxima instalada de los equipos de carguío y acarreo en la operación del tajo Seductora.
2. Reducir el costo unitario de carguío en función al costo presupuestado en el tajo Seductora.
3. Mejorar la eficiencia tanto en el carguío como el acarreo a su máxima capacidad instalada en el tajo Seductora.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Determinar el número de volquetes óptimo en la ruta de mineral banco 330 hacia el PAD 18 con distancia 2.6 km en el tajo Seductora es justificado ya que nos permitirá la compatibilidad de los equipos de carguío/acarreo, ya que en el ciclo de minado las operaciones unitarias de carguío y acarreo representan el 50% – 75 % de incidencia en los costos totales en una explotación minera.

1.5 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es de suma importancia ya que nos permitirá determinar el número óptimo de volquetes a través del Factor de Acoplamiento y con ello mejoraremos el ciclo de minado y específicamente de carguío y acarreo lo cual también mejorar los costos totales de operación.

El alcance de la investigación está involucrado a las operaciones del tajo seductor de la Cía. Minera Santa Rosa S.A. – Comarsa

1.6 LIMITACIONES

- La falta de apoyo de los conductores y operadores para el monitoreo del conteo del número de vehículos en operación
- La falta de involucramiento de la supervisión en operaciones para realizar la presente investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

La bibliografía respecto al tema mencionado es mínima, pero se ha encontrado algunos aportes de investigadores que apoyan con sus conclusiones al desarrollo del presente trabajo:

1. La coordinación entre los equipos de carga y transporte de materiales, es muy importante en los trabajos de movimiento de tierras, siendo el número de elementos y las dimensiones de los equipos de carga y transporte los factores básicos a determinar en todo proceso de optimización de operaciones, para lo cual se presenta un programa informático de aplicación práctica - Aplicación mediante ordenador del factor de acoplamiento en equipos de carga y transporte (**Ballester, F. – Peral, A. 1988**).

2. El número de camiones que se pueden asignar a una excavadora, depende del tiempo de ciclo total, el tiempo que demora el camión en ser cargado, trasladarse, descargar y volver a cargar nuevamente. El factor de compatibilidad asegura que el número requerido de camiones sean asignados a la pala con el objeto de controlar la producción de ésta bajo su máxima capacidad operativa.
3. Se puede afirmar que normalmente, el costo mínimo se obtiene para valores del Factor de Acoplamiento próximos a la unidad, pero por debajo de ella, en caso de no ser un número exacto el de los volquetes necesarios; tan solo en el caso de que la fracción que queda supere a las 90 centésimas puede ser menos costoso superar el equipo de carga **(Gómez, H. J y López, J. 1995)**.
4. Los planificadores mineros definen sistemas de carguío y transporte con un número de flota de camiones adecuado, lo que se conoce como "Match pala/camión". Esta correcta combinación se debe determinar con un enfoque económico, analizando los costos promedio ponderados y también los costos marginales **(Hudson, J. 2003)**.
5. El Fleet Match usa como herramienta de gestión en Minera Yanacocha S.R.L., que define al Fleet Match como la cantidad adecuada de equipos de acarreo necesarios que necesita la flota de carguío, considerando a la ecuación del factor de Acoplamiento como la más representativa **(Pando, W. 2003)**.

2.2 BASES TEÓRICAS Y CIENTÍFICAS

2.2.1 Introducción a equipos para minas a tajo abierto

Equipos de carguío (excavadoras, cargadores frontales y palas), camiones de transporte y perforadoras, constituyen unidades primordiales en las minas a tajo abierto. Los equipos auxiliares típicos incluyen tractores, máquinas niveladoras, camiones de servicio, transportadores de explosivos, perforadoras secundarias y grúas, véase figura 17 – 21 **(Peter, 2001)**.

2.2.2 Parámetros geométricos para los equipos de carguío y transporte en operaciones a Cielo Abierto.

A. Banco: Se define como banco al volumen de material mineral o estéril que está entre dos niveles horizontales de la explotación y que constituye la unidad geométrica y básica de la mina a cielo abierto. En general el banco se define por el número ordinal de la explotación en orden descendente o bien por la cota topográfica del nivel inferior de salida **(Ortiz y Herrada, 2002)**.

Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota, de estéril o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida **(Bustillo y López, 1997)**.

Cada banco corresponde a uno de los horizontes mediante los cuales se extrae el mineral. El banco se va cortando por el horizonte inferior, es decir hacia abajo, generando una superficie escalonada o pared del rajo. El espesor de estos horizontes es la altura de banco **(Codelco, 2001)**.

B. Altura de banco: Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es igual desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo **(Bustillo y López, 1997)**.

La selección para la altura de bancos, se rige por el tamaño del equipamiento de perforación y de carga a emplear y, en algunas ocasiones, por condiciones referidas a la mezcla de minerales. La dimensión de altura máxima de trabajo de los equipos de carguío es la pauta primordial para determinar la altura de los bancos. Esta dimensión es en función de la capacidad de los equipos de carga, el cual, a su vez, está relacionada con la tasa de producción estimada, véase figura 22. **(Peter, 2001)**.

C. Talud de banco: Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco. **(Bustillo y López, 1997)**.

El talud o pared de la mina es el plano inclinado que se forma por la sucesión de las caras verticales de los bancos y las bermas respectivas. Este plano presenta una inclinación de 45° a 58° con respecto a la horizontal, dependiendo de la

calidad geotécnica (dureza, fracturamiento, alteración, presencia de agua) de las rocas que conforman el talud **(Codelco, 2001)**.

D. Caminos de Transporte o Pistas: Son las estructuras viarias dentro de una explotación, a través de las cuales se extrae mineral y el estéril, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan, fundamentalmente, por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada **(Bustillo y López, 1997)**.

Las minas a tajo abierto, requieren a lo menos de un camino de transporte y, en algunas ocasiones, más de uno, dependiendo de la configuración del yacimiento a minar hasta alcanzar la profundidad definitiva. La determinación de la ruta del camino de transporte dentro del pit como para maximizar la recuperación económica de la reserva de mineral, minimizar los costos de transporte y asegurar las condiciones operativas, es una actividad de diseño enormemente desafiante.

El sistema de caminos toma una forma espiral, que nace desde el área superior. Al determinar la ubicación definitiva del camino de transporte, es necesario considerar los siguientes aspectos: el punto de entrada a la mina, la

pendiente del camino, la inclusión de curvas en “U”, y el radio mínimo de curvaturas en los virajes.

Asimismo, se deberá considerar un diseño espiral alrededor de la mina, un camino a un solo lado de ella con curvas en “U”, o una combinación de estos dos métodos. El tamaño y la orientación del yacimiento, la ubicación de las reservas con mayor valor y las condiciones geotécnicas dentro de las diversas áreas de la pared, determinarán esto considerablemente.

Condiciones de diseño importantes para las características de superficie de los caminos de transporte, incluyen el ancho del camino, la creación de coronas y zanjas para el drenaje, la selección de materiales de superficie, el peralte de las curvas del camino y el diseño de las condiciones de seguridad, tales como bermas o rampas de emergencia. La pendiente (inclinación) del camino es un aspecto de diseño muy importante de considerar, véase figura 23 (**Peter, 2001**).

E. Rampas de acceso: Caminos de uso esporádico que se utilizan para el acceso de los equipos, generalmente de arranque, a los tajos. Las anchuras son pequeñas y, pueden ser vías de un solo carril o de dos carriles, las pendientes son superiores a las de las pistas (**Bustillo y López, 1997**).

Es el camino en pendiente que permite el tránsito de equipos desde la superficie a los diferentes bancos en extracción. Tiene un ancho adecuado en función de los equipos de mayor dimensión de la mina, de manera de permitir la circulación segura de camiones de gran tonelaje en ambos sentidos.

F. Pendiente del Suelo del Pit

En muchas operaciones, el suelo de una mina a tajo abierto, se declina para facilitar el drenaje en su superficie por períodos en donde las precipitaciones son mayores o por la afluencia de aguas superficiales. El suelo en una mina a tajo abierto, alcanza un declive del 1% al 2% hasta lograr una velocidad de drenaje suficiente como para evitar cualquier obstáculo o hundimiento en el suelo de la mina. La dirección de la pendiente debería ser de tal forma que el agua escurra libremente hacia el área de trabajo **(Codelco, 2001)**.

G. Bermas o Plataformas: Es la cara superior del banco. Se utiliza para el carguío y para la circulación de los camiones, que coadyuvan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad **(Bustillo y López, 1997)**.

Es la franja de la cara horizontal de un banco, como un borde, que se deja especialmente para detener los derrames de material que se puedan producir al interior del rajo. Su ancho varía entre 8 y 12 m. **(Codelco, 2001)**.

Las bermas sirven como áreas de captación para el material de pérdida que se filtra por las paredes de la mina. Además, sirven como puntos de acceso a lo largo de las paredes de ella. El intervalo de la berma utilizado depende del tamaño del equipo que se emplea para la excavación y el talud de la cara del banco. Si este talud es inferior a 45 grados y el material de pérdida se acumula en forma de bloques, entonces el material tiende a deslizarse más que a caer, condición en la cual, resulta común dejar una berma por cada tres bancos. Bajo condiciones normales, en que el talud es de 75° a 80°, manteniendo una adecuada voladura de control y excelente operación de limpieza a medida que sobresale la cara de cada banco, es común que haya una berma por cada dos a tres levantes.

La práctica de dejar una berma por cada banco, hace que el ángulo total de la pendiente alcance un valor bajo, fundamentalmente si la berma es considerablemente ancha. En el caso de bermas angostas (Ej. 5-8 mts.), las condiciones normales de los pies y las fracturas de crestas, usualmente producen una leve situación de pandeos u ondas en la superficie de la pared, lo que carece de sentido práctico. La mejor estrategia es aumentar el ancho de las bermas para que éstas puedan funcionar en forma uniforme, y luego extender su intervalo, a fin de lograr un ángulo de

pendiente total aceptable. Los anchos de bermas entre los 12 a 18 metros son, por lo general, mejores, ya que permiten un acceso razonable para el transporte de carga y los tractores pesados para la limpieza de la berma **(Peter, 2001)**.

H. Límites finales de la mina: Son aquellas situaciones espaciales hasta las que llegan las excavaciones. El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma.

Los límites en profundidad de una mina a cielo abierto están condicionados fundamentalmente, por la geología del yacimiento y por aspectos económicos derivados de los costes de extracción del estéril para un determinado valor del mineral explotado. La definición de tales límites se ve también influida por motivos de la estabilidad de taludes, por las características geomecánicas del macizo rocoso y por las tensiones producidas por las rocas al crear el hueco e, incluso, por las dimensiones mínimas del espacio de trabajo que es necesario para las máquinas **(Bustillo y López, 1997)**.

I. Talud final de explotación: Es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco anterior y la cabeza del superior **(Bustillo y López, 1997)**.

El diseño de las paredes del pit, debe considerar los parámetros de resistencia del material que conforma las paredes, la orientación de la estructura rocosa, intervalo y ancho de la berma. A menudo, el ángulo de la pendiente total del pit, se rige más por la elección de la altura de un banco en particular, el intervalo de las bermas, su ancho y talud de cara, que por cualquier otra consideración geotécnica.

Es necesario realizar un análisis geotécnico para determinar si está pendiente o ángulo total es seguro de acuerdo a la profundidad de la mina planificada. En algunos casos, este estudio indicará que las pendientes mucho más empinadas, resultarán estables, condición de la cual no se puede sacar ventaja en caso que los parámetros discutidos son determinados por medio de otras consideraciones, véase figura 25 (**Peter, 2001**).

J. Ubicación de las Plantas de Superficie

Las plantas de superficie, incluyen cierta infraestructura, tales como los garajes de mantenimiento, oficinas, chancadoras, sistemas de traspaso de mineral por túneles, plantas procesadoras de mineral, etc. Como regla general, estas plantas deberían mantenerse a cierta distancia fuera de los límites del pit, de tal forma que estén seguras y protegidas de cualquier derrumbe de rocas ocasionado por

voladura o movimiento vibratorio, sirviendo el centro de gravedad como el mejor componente de toda la operación minera.

Si no se planifica inicialmente la explotación de todo el yacimiento hasta alcanzar la mayor profundidad posible, se podría considerar una ubicación a una mayor distancia desde el límite de la excavación y de acuerdo a lo que se proyecta para una futura expansión. Se deberá observar que, para yacimientos muy grandes, es posible justificar económicamente la construcción de algunas plantas dentro del límite definitivo del pit del yacimiento. El ahorro potencial en los costos de operación, sería entonces una compensación de estos costos para reubicar o reemplazar la planta en el futuro. La ubicación de las plantas por las cuales deben circular los camiones de transporte, afectará en gran parte los costos de operación **(Peter, 2001)**.

2.2.3 Carguío y Transporte (Acarreo).

A. Carguío: Consiste en la carga de material (mineral o estéril) del material fragmentado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. La operación de carguío involucra el desarrollo de una serie de funciones que aseguran que el proceso se lleve a cabo con normalidad y eficiencia.

Esta etapa del proceso de la explotación minera se ocupa de definir los sectores de carga, las direcciones de carguío (a frentes de carga, posición de equipos de carguío y **nivel de pisos**) y el destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente (**Codelco, 2001**).

B. Transporte o acarreo: Consiste en el traslado de material mineralizado y/o estéril desde el yacimiento hacia los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril.

Las funciones involucradas en el proceso de transporte son las siguientes: En esta etapa se planifica bien la definición de las rutas de transporte y del destino de los materiales de acuerdo con leyes de clasificación y tonelajes definidas previamente (**Codelco, 2001**).

2.2.4 Equipos de carguío y transporte

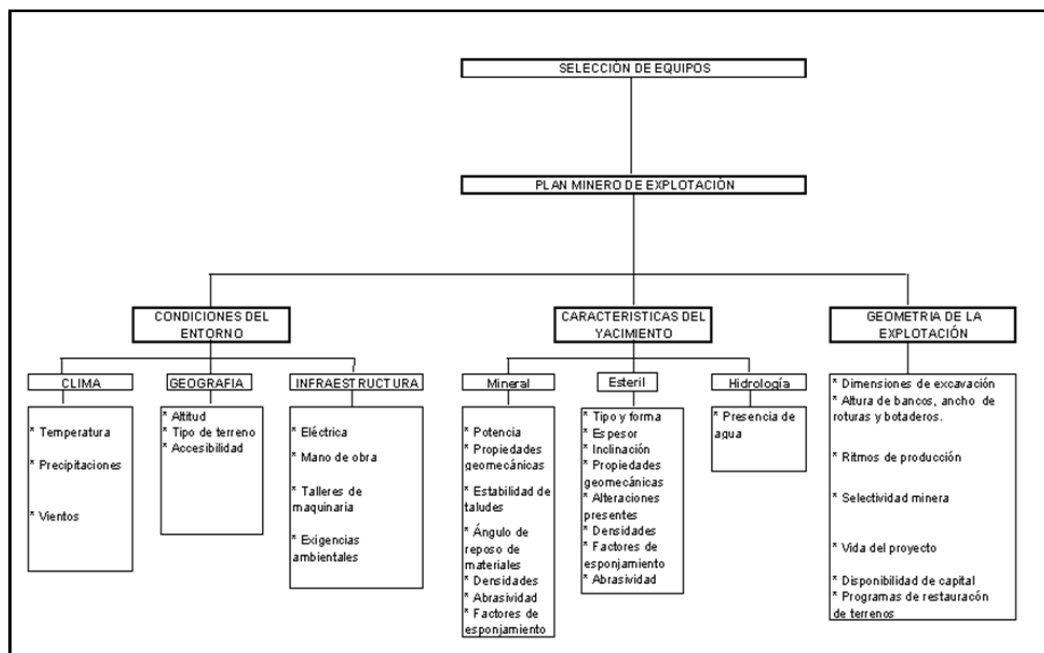
La decisión en cuanto a los tamaños y tipos de equipos a adquirir, es una parte importante para cualquier estudio de factibilidad de una mina. El objetivo es seleccionar los equipos por medio de los que sea posible lograr los objetivos de producción del plan minero, minimizando a la vez los costos operacionales y capitales, y garantizando un medio laboral seguro (**Peter, 2001**).

La selección de los equipos de carguío y transporte se realiza una vez que se ha definido el proyecto minero por explotar, el tipo de minería por desarrollar, ya sea a tajo abierto o subterráneo. Para ello se debe tener en consideración el plan minero, que consiste en una evaluación técnica y económica completa.

La selección de equipos se realiza, entonces, en torno a tres grupos básicos de información: las condiciones del entorno, las características del yacimiento y la geometría de la explotación y sus requerimientos específicos.

El rol primordial en cuanto a los tamaños y tipos de equipos es la determinación de la productividad, selectividad y seguridad (Codelco, 2001).

Figura N°. 01. Diagrama de selección de equipos considerados en un plan de explotación.



En las actuales operaciones mineras, debido al incremento de la mecanización, es cada vez más importante considerar el planeamiento e ingeniería de la selección de un equipo. La gran variedad de equipos mineros disponibles en estos días en el mercado mundial, de diferentes marcas, hace extremadamente difícil la selección de ellos; por lo tanto, es necesario realizar comparaciones y simulaciones teóricas de varias marcas y sistemas de equipos, para determinar el que mejor se adapte y dé los mejores resultados y performances, bajo las condiciones de trabajo de una operación dada (**Leyva, 2006**).

2.2.5 Sistemas de Carguío – Transporte

El carguío y el transporte constituyen las acciones que definen la principal operación en una operación minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o **estéril** que ha sido fragmentado en un proceso de voladura.

En las actividades de gran movimiento de tierra es crucial un diseño eficiente donde la operación de carguío trabaje en forma integrada con los camiones, que en la mayoría de las aplicaciones constituyen un elemento de alto costo en el carguío y transporte. Por lo tanto, estas dos operaciones unitarias las constituiremos en un sistema, ya que se encuentran estrechamente ligadas entre sí.

Para una óptima planificación y operación de minas se consideran todos los factores que afectan los costos y productividad de estos sistemas. Los camiones y el carguío no pueden trabajar solos como una herramienta efectiva de movimiento de tierra, excepto en raras circunstancias.

Los sistemas de carguío y transporte son ampliamente usados hoy en día en las operaciones mineras por su alta flexibilidad para la extracción del material. Los sistemas de transporte y carguío tienen menos restricciones, pero esto no significa que sean económicos. La eficiencia y el costo efectivo de estos sistemas son sensibles a varios diversos elementos, pero cada uno de ellos afecta los costos en un menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costoso en un sistema de transporte y carguío.

No hay un tipo de carguío ideal para todas las aplicaciones. Las palas de cable han dominado el movimiento de tierra de grandes volúmenes debido a su robustez y efectividad de costo, pero las grandes excavadoras hidráulicas han venido ganando cada vez más terreno.

Para volúmenes pequeños predominan las excavadoras hidráulicas y los cargadores frontales, porque en estas aplicaciones el bajo costo de capital y la movilidad son a

menudo un criterio relevante en la optimización del sistema de carguío.

De todos modos, cualquiera sea el tipo de carguío seleccionado, la decisión de usar camiones como la herramienta de transporte es el criterio que determina el esquema global y la economía de la mina.

Y cualquier planificación del uso de camiones y de equipos de carguío debe iniciarse con un conveniente examen de los métodos de transporte (**Hudson, J 2003**).

2.2.5.3 Fundamentos básicos a considerar en un sistema de carguío y acarreo

Un sistema de carguío y acarreo consta de una cantidad específica de: equipo(s) de carguío, de equipos de acarreo y equipos auxiliares o equipos de respaldo, la cual definiremos como flota.

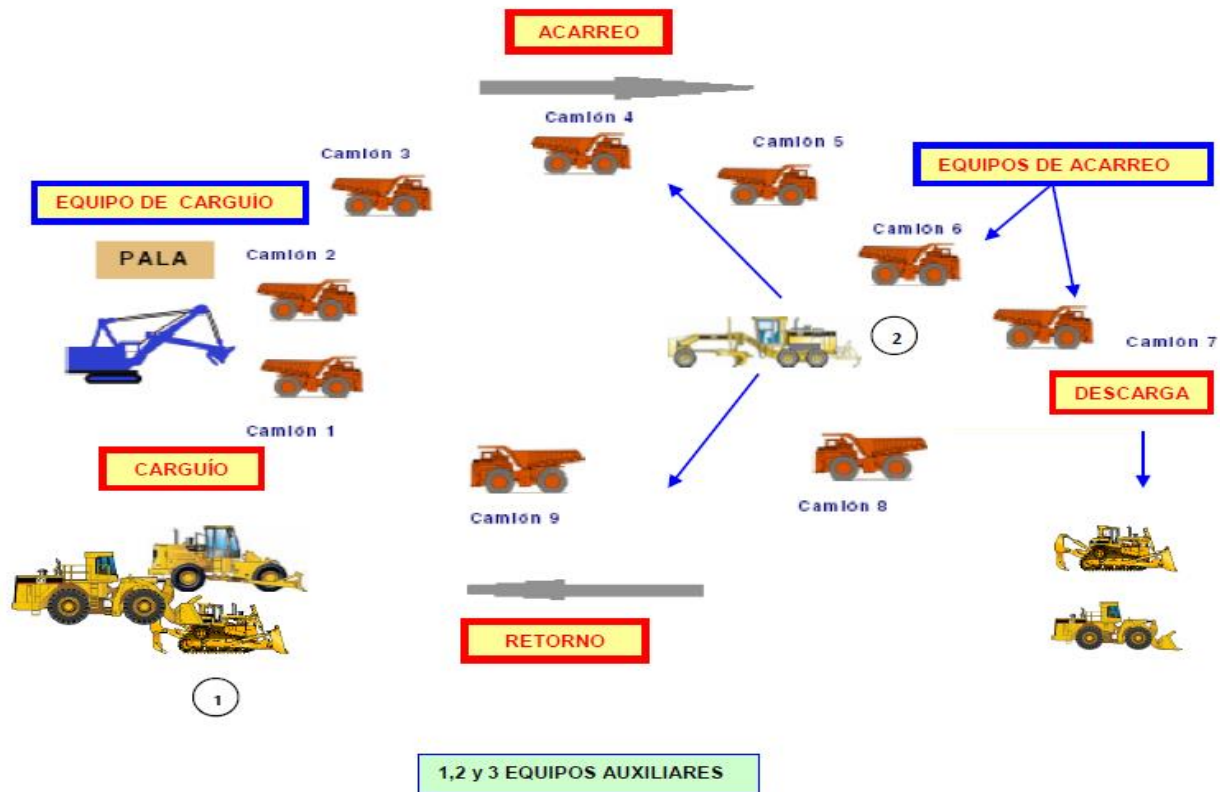
La productividad de la flota y el tiempo necesario para mover una cantidad específica de material está determinada por el número de vehículos de acarreo y equipos de carguío.

“La flota idónea es la flota que puede desplazar el material por menos costo en un periodo definido de tiempo.”

Como primer gran paso es definir los criterios básicos para el sistema de carguío/acarreo luego tener una idea clara y precisa de todos los factores que inciden

en el sistema e carguío y acarreo, es el punto de mayor relevancia en la productividad, esto nos ayudará a tomar decisiones adecuadas mejorando el proceso productivo y reduciendo costos para seguir subsistiendo en el mercado.

Figura N° 02. Sistema de carguío y acarreo con equipos de apoyo o equipos auxiliares.



A. Criterios de un sistema de carguío y acarreo:

La principal regla para el diseño en la moderna ingeniería minera es;

“La maquinaria define el sistema y la geometría del diseño de la explotación”.

Todo proceso de selección de maquinaria analiza un conjunto de criterios denominados tanto básicos como generales, así como otro grupo definido como criterios específicos **(Ortiz, 2002)**.

Se considerarán lo siguientes criterios de operación en el carguío:

- Producción requerida.
- Tamaño, tipo y capacidad del equipo de carga.
- Altura y espaciamiento del banco.
- Diseño de la zona de carguío, requerimientos operacionales: amplitud o espaciamiento de la zona de carguío, nivel de piso.
- Tamaño, altura y tipo de la tolva o camión donde se descarga.
- Tipo y condiciones del material: Abrasión, adhesión, cohesión, ángulo de reposo, compresibilidad. densidad del material, friabilidad, contenido de humedad, higroscopicidad, tamaño de fragmentos, forma de fragmentos, razón de esponjamiento

- Fragmentación y forma de la pila de escombros.
- Restricciones de mezcla del material (selectividad: control de leyes).
- Condiciones climáticas y altitud.
- Disponibilidad y utilización de equipos.
- Equipos auxiliares.
- Ergonomía.
- Experiencia, destreza y capacitación del operador: eficacia del operador.

Los más importantes criterios en el acarreo son:

- Producción requerida.
- Tipo y condiciones del material: Abrasión, adhesión, cohesión, ángulo de reposo, compresibilidad. densidad del material, friabilidad, contenido de humedad, higroscopicidad, tamaño de fragmentos, forma de fragmentos, razón de esponjamiento
- Capacidad y características del equipo de acarreo.
- Diseño de la zona de carguío, requerimientos operacionales: Para facilitar el adecuado posicionamiento, rapidez de posicionamiento y maniobrabilidad de las unidades de carga, y mantener el nivel de piso de la zona de carguío.
- Diseño de la ruta de transporte: Distancia de transporte, pendiente, señales de seguridad y límites de velocidad,

intersecciones, curvas horizontales y verticales (peraltes, radios de curvatura adecuados), vías de alivio, alcantarillas, puntos de bombeo de agua, ubicaciones de descargas (botaderos de material, stock piles, etc.).

- Mantenimiento de la ruta de transporte: Seguridad y productividad se aumentan con caminos duros, lisos y con buena tracción (resistencia a la rodadura), para mantener la velocidad y limiten el desgaste de los neumáticos.
- Condiciones climáticas y altitud (lluvia, neblina, nevada, tormentas eléctricas, etc.).
- Diseño de la zona de descarga: zonas alternativas de descarga: tolvas, parrillas, etc. requerimientos operacionales: amplitud de la zona de descarga, nivel de piso.
- Disponibilidad y utilización de equipos
- Equipos auxiliares.
- Ergonomía.
- Experiencia, destreza y capacitación del operador: eficacia del operador.

Muy importante este último criterio de eficacia del operador tanto en el carguito como en el acarreo, pues el factor humano juega un papel muy importante en la productividad. **(Alva, 2006)**

B. Factores que afectan la productividad y costo en sistema de carguío y transporte

La eficiencia y el costo de efectivo de estos sistemas son sensibles a diversos elementos o factores. Éstos factores deben ser comprendidos a cabalidad por los planificadores de mina, porque cada uno de ellos afecta los costos en un mayor o menor grado. La inadecuada combinación de varios factores, aunque ello parezca insignificante, puede resultar costosa en un sistema de transporte y carguío (**Editec, 2002**).

Los factores son los siguientes:

1. Capacidad y selección del balde del equipo de carguío - productividad de carguío.

La capacidad y selección del balde del equipo de carguío influirán directamente en la productividad de este equipo y en la eficiencia del transporte del sistema en total, véase figura 26.

2. Relación entre la capacidad del equipo de carguío con la capacidad del camión.

El tamaño de la caja del volquete no debe ser ni muy pequeño, ni débil, en comparación con el tamaño del cucharón de la máquina de carga para no destrozarla en poco tiempo o viceversa, véase figura 27 (**Ortiz, 2001**).

3. Fragmentación del material a cargar.

El carguío es el primer cliente de la voladura, es el que se las tendrá que arreglar para manipular el material volado y si este material no cumple con las características apropiadas (granulometría, geometría de la ola de escombros, estado del piso, etc.), la operación del carguío se verá severamente afectada (incremento de costos y daños en equipos), así mismo el transporte será afectado al bajar sus rendimientos (ciclo de carguío mayor) y podrá sufrir daños al ser cargado con material de mayor tamaño que lo ideal.

El grado de éxito de la fragmentación tiene relación directa con la eficiencia y calidad de los procesos que se desarrollarán posteriormente, como son el carguío, transporte y procesamiento del mineral y el vaciado en botaderos del estéril o lastre, véase figura 28 (Codelco, 2001).

4. Acoplamiento del equipo de carguío/ camión (Match Pala / Camión).

Los planificadores mineros definen sistemas de carguío y transporte con un número de flota de camiones adecuado, lo que se conoce como "Match pala/camión". Esta correcta combinación se debe determinar con un enfoque económico, analizando los costos promedio ponderados y también los costos marginales. Las variaciones de flotas de camiones

para un mismo sistema de carguío afectan el match pala/camión.

Operaciones mineras que usan camiones necesitan hacer un acoplamiento con el número y tamaño de las unidades de acarreo a una unidad de carguío propiamente (cargador de ruedas, el pala-excavadora hidráulica, la pala de cable, etc) para proporcionar la mejor compatibilidad de la flota. Optimizando el acoplamiento de la flota minimiza el costo por la unidad de material movida por la flota.

Como las condiciones de transporte son cambiantes (ancho de camino, pendiente, resistencia a la rodadura), debería ser necesario ajustar el número de camiones para optimizar la flota de acoplamiento. La producción de la flota y costo es una herramienta que puede usarse para perfeccionar el acoplamiento de camión/cargador.

Si se desea reducir el coste por m³ o tonelada movida, debemos obtener del equipo de transporte la más alta capacidad de producción. El tiempo de parada, como sucede durante la carga debe mantenerse en el mínimo posible. Como norma general y práctica, se considerará una buena relación cuando se utilicen entre 3 y 6 pases para llenar el equipo de transporte. El tiempo de carga no debe ser tan corto que otra unidad de transporte no se haya situado en la

posición de ser cargada, originando un excesivo tiempo de parada de la máquina de carga. **(Ortiz, 2001).**

5. Pendiente (Declive).

En el diseño de las grandes operaciones mineras uno de los factores importantes es el diseño de las rampas. El planificador debe conocer la tasa máxima de producción de los camiones en las rutas diseñadas. Por lo general, el 50% del total de tiempo de viaje en las rutas empleadas por los camiones es producto de los viajes en las rampas principales.

Se observa que la disminución de la productividad del camión se reduce en promedio en 0.5% por cada aumento en 1% de la pendiente de la rampa principal. Los planificadores deben analizar alternativas de diseño teniendo en cuenta los efectos directos que significa un aumento o bien una disminución en la pendiente de una rampa **(Editec - 2002).**

Es la diferencia en elevación del eje central de la ruta expresado como porcentaje de la distancia horizontal a lo largo de mismo eje. Por ejemplo, una pendiente de -10%, representa una caída vertical de 10 metros en 100 metros horizontales.

Esto se entiende también análogamente para el declive. El recorrido efectivo c se calcula como sigue:

Recorrido para pendiente o declive

$$c = \sqrt{l^2 + h^2} = l \times \sqrt{1 + \left[\frac{p}{100}\right]^2}$$

c = Recorrido en [m]

l = Longitud horizontal de pendiente / declive en [m]

h = Altura vertical de pendiente / declive en [m]

p = Pendiente / declive en [%]

➤ Angulo de pendiente o declive

El ángulo de pendiente o declive α se calcula con:

Angulo de pendiente o declive

$$\tan \alpha = \frac{P}{100} \quad \alpha = \arctan \frac{p}{100} \quad \operatorname{sen} \alpha = \frac{h}{c}$$

$$\alpha = \operatorname{arcsen} \frac{h}{c}$$

6. Pistas de acarreo.

Tanto el tipo de superficie de rodamiento que determina la resistencia a la rodadura de las unidades de acarreo, como la pendiente influencia el factor de resistencia a la gradiente y el ancho de vía en el caso de el transporte hace eficiente y seguro el tráfico de los vehículos, en el caso de las unidades de excavación influencia significativamente tanto en rendimiento como la seguridad operativa.

La distancia de acarreo, resistencia a la rodadura y las pendientes de las vías hacia el destino de los materiales que

se excavan son factores determinantes del tiempo de los ciclos de acarreo y retorno de las unidades de transporte lo cual a su vez influyen en el número de unidades que hay que asignar a cada unidad de excavación. Por lo tanto, el destino del material distinto al mineral es más conveniente cuanto más próximo y de menor diferencia de elevación con relación a la ubicación a la cota de la pala y/o cargador **(Díaz, 1995)**.

El diseño de las pistas debe procurar evitar cambios de pendiente y curvas muy cerradas que ralenticen la velocidad de los camiones, para evitar pérdidas en el proceso de acarreo y limiten el desgaste de los neumáticos.

El ancho de pista ideal es tres veces el ancho de la unidad de transporte.

Pendientes de más del 8 % se traducen en pérdidas de material, aumento del consumo de combustible y alargamiento del ciclo independiente de que el camión vaya cargado o vacío **(García, 2005)**.

Un buen diseño de las pistas de acarreo (Haul roads), deben tener un sistema de drenaje, sistemas de seguridad: bermas de seguridad, señalización adecuada, límites de velocidad y buenas prácticas de operación. **(Alva, 2006)**.

Un buen estado de las vías nos da como resultado mayor productividad y mayor seguridad. El buen estado de las vías se conseguirá con la aplicación de un buen material,

compactación, buen drenaje, control de polvo, ancho adecuado de vías y altura adecuada de bermas, pendiente transversal, cunetas, y su mantenimiento.

7. Filosofía de carguío y reglas de operación

La metodología de carguío estará directamente relacionada con el diseño del área de carguío. Si el diseño permite el suficiente espacio para que el equipo opere, entonces se aplicará una metodología de carguío en ambos lados. Operando la pala en ambos lados se reducen los tiempos de espera de los camiones y, por ende, la productividad de la flota se incrementa.

En el pasado el costo de capital y costo de operación de los equipos de carguío fue mayor en comparación con los costos de camiones. En esas circunstancias, la mayoría de los sistemas tenían camiones esperando en la cola de la pala y era usual tener flotas de camiones sobredimensionadas. Hoy en día no hay grandes diferencias entre camiones y los equipos de carguío, y llegan a ser menos económicos los sistemas donde hay muchos camiones asignados a un equipo de carguío. Más bien es usual tener sistemas subdimensionados en camiones, ya que las ventajas del carguío por ambos lados no son siempre mayores.

Las preguntas fundamentales que se deben hacer los planificadores de mina para emplear la metodología de carguío por ambos lados (Doble reverso).

¿Cuál es el costo marginal de agregar una unidad más de transporte al sistema? El planificador debe comparar sistemas con distintos números de camiones y analizar el efecto del costo marginal por cada unidad de transporte adicional.

¿Son las condiciones operativas aptas para utilizar una metodología por ambos lados? Para esta pregunta el planificador debe evaluar si el diseño de la mina permite en el área de carguío operar la pala en ambos lados.

¿Cuenta el sistema con camiones suficientes para operar por ambos lados? Si el sistema no suministra los suficientes camiones para operar por ambos lados, entonces por defecto estará operando por un solo lado.

Establecer técnicas de Carguío como son:

- La ubicación de la pala en relación al avance de la fase.
- La posición de los camiones cuando están siendo cargados.
- La ruta de transporte de camiones desde las palas

Las técnicas de carguío más apropiadas están en función de.

- Forma del banco y disponibilidad del área de trabajo.
- Requerimientos de control de la ley de mineral.

- Tipo de equipo de carguío y camión.
- Experiencia y capacitación de operadores

Del mismo modo se debe tener claras las reglas de operación en el sistema de carguío y transporte basados en la seguridad y cuidado del Medio Ambiente.

2.2.6 Tiempos de a considerar en un sistema de carguío y transporte (acarreo)

Los tiempos en un sistema de carguío y acarreo están definidos por un ciclo de trabajo. La suma de los tiempos considerados para completar un ciclo corresponde al tiempo del ciclo, que consta de:

Carga: dependerá del equipo de carga y la capacidad de la tolva; evaluando la coincidencia entre el tamaño de la tolva y la capacidad del cucharón del equipo de carga se establece el volumen y el tiempo de carga.

Por lo tanto, el tiempo de carga será el tiempo que tarda un ciclo de carga por el número de cargas totales. Para los equipos de carguío como cargadores se considera al tiempo de carguío con la denominación de tiempo de carga con intercambio, que viene a ser el tiempo que tarda un vehículo de acarreo en obtener la carga útil más el tiempo que tarda en abandonar la zona de carga y en que otro se coloque para cargar.

Acarreo: Parte del ciclo en que un vehículo de acarreo cargado tarda en recorrer hasta el destino del material. Los

tiempos de viaje y retorno dependerán de la potencia del motor, el peso del vehículo, las distancias de acarreo y retorno y las condiciones del camino.

Descarga y Maniobras: El tiempo de descarga depende del tipo de unidad que se usa para el acarreo y la congestión en la zona de descarga. Hay que considerar que en el área de descarga hay otro equipo de apoyo. Los tractores están esparciendo el material y pueden estar trabajando otras unidades de compactación. Las unidades de descarga posterior necesitan estar totalmente quietas durante la descarga, lo cual significa que el camión debe detenerse completamente y avanzar en reversa una determinada distancia. Después de descargar el material, el camión gira y regresa al área de carga.

Siempre hay que tratar de visualizar las condiciones en el área de descarga para estimar el tiempo.

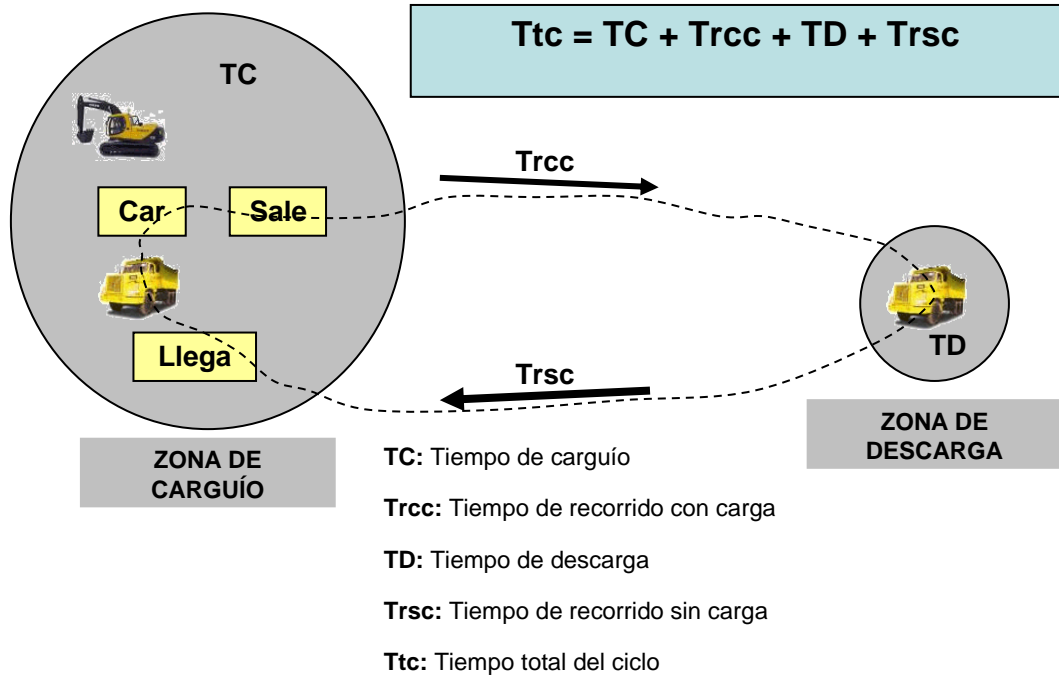
Retorno: Parte del ciclo en el que el vehículo de acarreo retorna vacío para obtener otra carga al a zona de carguío.

El tiempo del ciclo del sistema de carguío y acarreo es la suma de los tiempos de carga, de ida, de descarga y de regreso:

Un ciclo comprende dos tipos de tiempos: tiempo fijo y otro variable. El tiempo fijo corresponde a las maniobras, carga y

descarga, y el tiempo variable es que emplea el equipo en acarrear el material.

Figura N° 03. Tiempos en un sistema de carguío y transporte (acarreo).



2.2.6.3 Tiempos fijos de carga, maniobras, descarga y esperas.

El tiempo de carga de un volquete es función de la capacidad de la excavadora o pala que se utilice y de la duración de las mismas. Este tiempo puede obtenerse, pues, a partir de las expresiones:

$$\text{Tiempo de carga (min)} = \frac{\text{Capacidad del volquete (m}^3\text{)}}{\text{Ritmo teórico de carga (m}^3\text{/s / min)} \times \text{factor de llenado del cazo}}$$

ó

$$\text{Tiempo de carga (min)} = \frac{\text{Capacidad del volquete (ton)}}{\text{Ritmo teórico de carga (m}^3\text{/min)} \times \text{factor de llenado del cazo}}$$

Un método alternativo que se puede emplearse cuando se conoce el ritmo de carga, consiste en multiplicar el número de casos que se necesitan para llenar una unidad de acarreo o volquete por el tiempo de ciclo de cada caso.

$$\text{Tiempo de carga (min)} = \text{Número de casos} \times \text{Tiempo de ciclo de un caso.}$$

El número de casos necesarios se calcula fácilmente dividiendo la capacidad del volquete por la del caso del equipo de carga.

$$\text{Número de cazos} = \frac{\text{Capacidad del volquete}}{\text{Capacidad del cazo}}$$

Los valores con decimales superiores a 0.1 se redondean por exceso hasta completar la unidad, ya que el número de casos debe de ser una cifra entera.

La capacidad del equipo de carga se refiere a la real, por lo que deberá tenerse en cuenta el factor de llenado. Es decir:

$$\text{Capacidad del cazo} = \text{Capacidad nominal del cazo} \times \text{Factor de llenado} \times \text{Densidad material suelto}$$

2.2.6.4 Tiempos Variables

Los tiempos variables de acarreo y retorno se calculan dividiendo la distancia de transporte entre las velocidades medidas en ambos trayectos.

$$\text{Tiempo de transporte (min)} = \frac{\text{Distancia del trayecto de ida (m)}}{\text{Velocidad media cargado (km/hr)} \times 16.66} + \frac{\text{Distancia del trayecto de retorno (m)}}{\text{Velocidad media vacío (km/hr)} \times 16.66}$$

Las velocidades medias se estiman mediante las curvas características proporcionadas por los fabricantes.

2.2.7 Producciones horarias de los volquetes

La producción horaria de un volquete se determina mediante la expresión:

$$P(m^3 s / h) = \frac{60 \times C_v \times E}{T_c}$$

$$P(\text{ton} / h) = \frac{60 \times C_v \times E}{T_c}$$

Donde:

C_v = Capacidad del volquete (m^3s ó ton).

E = Eficiencia de la operación.

T_c = Tiempo del ciclo (min).

El tiempo total de ciclo se obtiene sumando a los tiempos fijos de carga, maniobras, etc., los tiempos invertidos en el trayecto de ida cargado y en el de vuelta vacío.

2.2.8 Equilibrio entre el tamaño de los volquetes y los equipos de carga

Con el fin de desarrollar eficazmente el ciclo de explotación entre las unidades de carga y de transporte, debe de existir entre éstas un cierto equilibrio.

Una regla muy extendida es que el número de casos de material que debe de depositar el equipo de carga sobre la unidad de transporte debe estar comprendido entre 3 - 6. Esta relación de acoplamiento queda justificada por:

- El tamaño de la caja no es demasiado reducido con respecto al del caso, resultando así menores los derrames e intensidad de los impactos sobre la unidad de transporte.
- El tiempo de carga no es demasiado pequeño y, por la tanto, no se produce una mala saturación del equipo de carga.

2.2.9 Dimensionamiento de la flota de volquetes

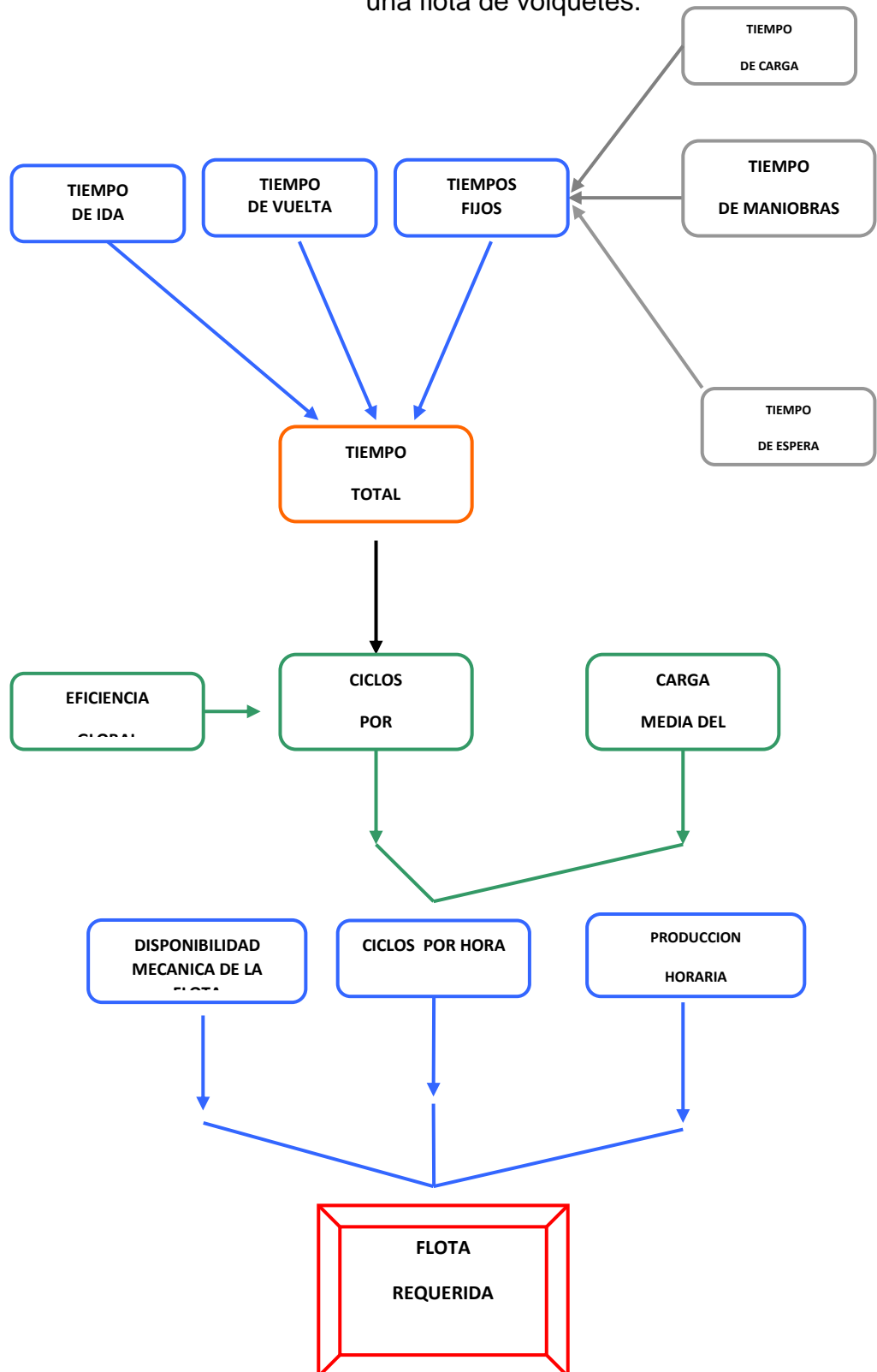
El número de unidades o tamaño de la flota requerido para realizar un trabajo depende de las necesidades de producción.

Este número de volquetes se calcula por la expresión:

$$\text{Número_de_volquetes_necesarios} = \frac{\text{Producción_horaria_necesaria}}{\text{Producción_horaria_por_unidad}}$$

Generalmente, cualquier valor con una parte decimal superior a 0.3 se redondea por exceso hasta completar la unidad. Una cifra inferior a esa será objetivo de un análisis más detallado, pues probablemente incrementando la eficiencia de operación puede suprimirse la necesidad de adquirir otra unidad de transporte. En algunos casos puede plantearse organizar el trabajo con unos relevos mayores en lugar de comprar una unidad extra.

Figura N° 04: Etapas de cálculo para el dimensionamiento de una flota de volquetes.



2.2.10 Factor de acoplamiento entre la flota de transporte y los equipos de carguío.

Factor de acoplamiento o de compatibilidad “**Match Factor**”, es la determinación del número total de volquetes que debe de ser asignado a cada unidad de carga.

N = Número total de volquetes.

n = Número total de unidades de carga.

T = Tiempo del ciclo de cada volquete.

t = Tiempo de ciclo de cada caso.

x = Número de volquetes por unidad de carga.

p = Número de casos necesarios para cargar un volquete.

El cociente entre el tiempo total del ciclo total de la unidad de acarreo, “**T**”, y el tiempo de carga de ésta, “**p*t**”, da el número de las unidades de acarreo necesarias, “**x**”, por cada unidad de carga.

1.- Número de volquetes necesarios.

$$x = \frac{T}{p \cdot t}$$

Si se multiplica esta expresión por el **número de equipos de carga “n”**, se tiene:

$$x \cdot n = \frac{T \cdot n}{p \cdot t}$$

Como “x . n” es el número de volquetes, resulta:

$$N.p.t = n.T$$

$$\frac{N.p.t}{n.T} = 1$$

Al primer miembro de esta expresión se denomina “**Factor de Acoplamiento**”.

$$F.A. = \frac{N.p.t}{n.T}$$

Pero la curva de producción real va siempre por debajo de la teórica, y se necesitarán más volquetes si se quiere llegar a obtener la producción máxima de la unidad de carga, lo que es debido a varias causas:

- Volquetes de diferentes capacidades o distinto estado de conservación.
- Estrechamiento en zonas de carga, descarga y pistas de transporte.
- Espaciamiento entre volquetes.

Por ello es preciso marcar un objetivo, ya que son dos posibilidades existentes:

- Máxima producción (Condicionada por el tiempo limitado de la operación minera).
- Mínimo coste (Limitación de tipo económico).

Naturalmente, lo equipos que persiguen estos fines, no coinciden.

Así, para un $FA = 1$, el acoplamiento es perfecto. Si es menor que 1, existirá un exceso de la capacidad de carga, y por lo tanto, la eficiencia de transporte es del 100% mientras que la eficiencia de carguío es menor.

Por lo contrario, si el Factor de Acoplamiento es mayor de 1, la eficiencia de la carga es del 100% y la eficiencia de transporte será menor.

Se puede afirmar que normalmente, el costo mínimo se obtiene para valores del Factor de Acoplamiento próximos a la unidad, pero por debajo de ella, en caso de no ser un número exacto el de los volquetes necesarios; tan solo en el caso de que la fracción que queda supere a las 90 centésimas puede ser menos costoso superar el equipo de carga.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

2.3.1 Banco

Los recortes horizontales del piso a lo largo de los cuales se realiza el minado en una mina de tajo abierto. A medida que la mina progresa hacia niveles más bajos, se deja bancos de seguridad en las paredes para que capturen cualquier roca que caiga desde arriba.

2.3.2 Botadero

Una pila de roca o mineral rotos en la superficie de la tierra.

2.3.3 Cuerpo de mineral

Una concentración natural de material valioso que se puede extraer y vender con una ganancia.

2.3.4 Depósito

Un cuerpo mineralizado que se ha delimitado físicamente con suficiente perforación, excavación de zanjas y/o trabajos subterráneos y que se ha encontrado contiene una ley promedio suficiente de metal o metales para garantizar la exploración y/o los gastos de desarrollo. Un depósito como éste no califica como un cuerpo de mineral comercialmente minable, ni como uno que contenga reservas de mineral, hasta que se hayan resuelto los factores legales, técnicos y económicos finales.

2.3.5 Depósito mineral o material mineralizado

Un cuerpo mineralizado subterráneo que ha sido interceptado por un número suficiente de huecos de perforación espaciados estrechamente y/o muestreo subterráneo para sustentar un tonelaje o ley de mineral suficientes como para garantizar la futura exploración o desarrollo. Los depósitos minerales o los materiales mineralizados no califican como una reserva de mineral minable comercial (las reservas probables o probadas), tal como se describe de acuerdo con las normas de la

Comisión, hasta que se concluya un estudio de factibilidad integral económico, técnico y legal en base a los resultados de las pruebas.

2.3.6 Desbroce

El proceso de remoción de la roca sobreyacente al depósito mineral para exponer el mineral.

2.3.7 Explotación

Actividades relacionadas con un depósito mineral que empiezan en el punto en que se puede estimar de manera razonable que existen reservas económicamente recuperables y que, en general, continúan hasta que la producción comercial empiece.

2.3.8 Mina de tajo abierto

Una mina que está enteramente en la superficie. También se le llama de corte abierto o a cielo abierto.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis General

El número de volquetes óptimo en la ruta de mineral banco 330 hacia el PAD 18 con distancia 2.6 km en el tajo Seductora es de 13 unidades de acarreo (volquetes FM – 12 VOLVO).

2.4.2 Hipótesis Específicos

2.4.2.1 La capacidad máxima instalada de los equipos de carguío y acarreo en la operación del tajo Seductora será superior a 700 TM/hr

2.4.2.2

2.4.2.3 Con la implementación del estudio se reducirá el costo unitario de carguío mayo a 5% del costo total.

2.4.2.4 Con el presente estudio identificaremos las pautas de eficiencia tanto en el carguío como el acarreo a su máxima capacidad instalada en el tajo Seductora.

2.5 . IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Mediante el Factor de Acoplamiento

2.5.3 VARIABLE DEPENDIENTE

Número Óptimo de Volquetes

2.5.4 VARIABLE INTERVINIENTE

- ✓ Tajo Seductora
- ✓ Cía. Minera Santa Rosa S.A. - Comarsa

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación es de tipo descriptivo ya que después de obtener los resultados con el método usado describiremos Número Óptimo de Volquetes

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de nuestra investigación será transversal, ya que se analizará los datos los resultados obtenidos en una solo monitoreo de volquetes y cargador frontal.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población y Muestra

Población

La población estará representada por el área total de las operaciones Compañía Minera Comarsa.

Muestra

La muestra está representada de manera aleatoria y por ser una operación inefectiva el Tajo Seductora.

3.4 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación se realizará mediante el siguiente procedimiento:

3.4.1 IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

A fin de evaluar el área de estudio se realizará los siguientes pasos:

- ✓ Reconocimiento de campo del área de estudio.

3.4.2 MONITOREO DE OPERACIONES

- ✓ Monitoreo de operaciones de los volquetes y cargador frontal

3.5 UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO:

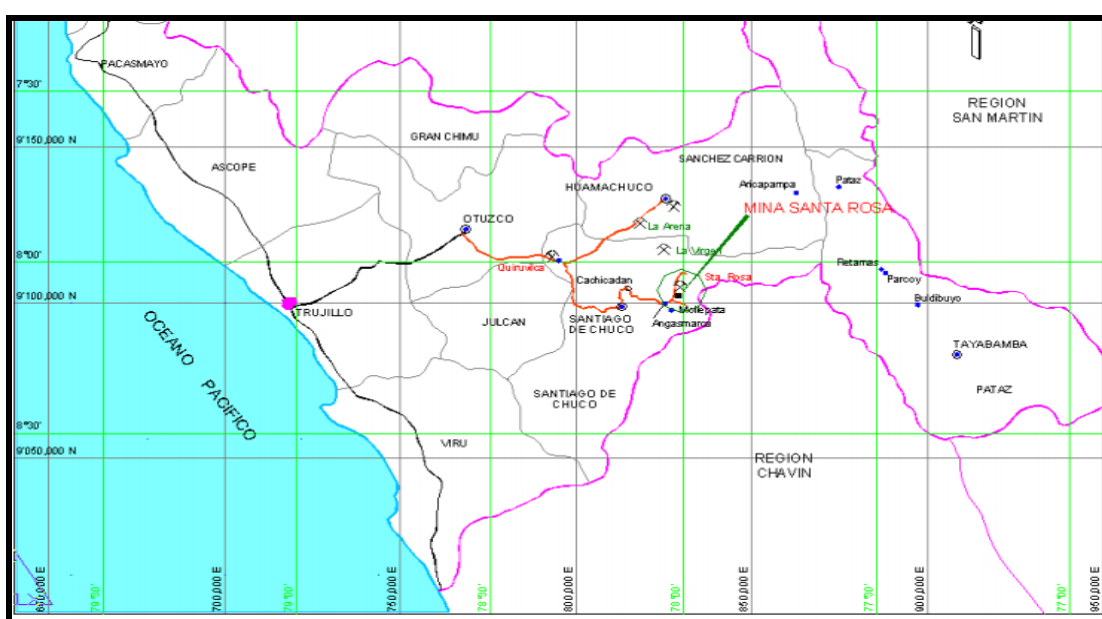
El proyecto se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental del Norte del Perú, en el Paraje denominado Pampa Larco a 3,500 m.s.n.m. al Noreste del Distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de la Libertad (ver el mapa de ubicación).

Se desarrollan sus operaciones mineras que consisten en la explotación de un yacimiento de óxidos de oro y plata que se encuentran diseminados. Las operaciones en esta mina se vienen realizando desde el año 1994, las cuales consisten en el minado a

tajo abierto utilizando métodos convencionales de perforación y voladura, carguío con excavadoras hidráulicas y acarreo en camiones tipo volquete, para la extracción del mineral aurífero llevado hacia los Pads, de lixiviación, mientras que el material estéril o sin valor es transportado en camiones hasta una zona de almacenamiento de desmontes o botaderos. El mineral aurífero es depositado por etapas en los Pads, de lixiviación, los cuales se encuentran impermeabilizados con una geomembrana de polietileno de alta densidad; sobre la cual se instalan los sistemas de drenaje compuestos por una red de tuberías corrugadas perforadas para después proceder con el llenado de mineral bajo la forma de pilas o rumas; posteriormente mediante el uso de un sistema de bombeo ubicado en la planta de procesos y los sistemas de riego presurizado instalados sobre la superficie del pad de lixiviación se realiza la aplicación y distribución de la solución lixivante en la pila de mineral; finalmente por percolación se obtiene una solución pregnant o rica, la cual es enviada hacia las pozas de almacenamiento , desde las cuales se bombea la solución hacia la planta de procesos en donde se encuentran los circuitos de adsorción, los cuales contienen carbón activado capaces de retener las partículas de oro y plata disueltas en la solución rica; para después , mediante un proceso de electro deposición de obtenga un concentrado catódico que se somete a fundición, obteniéndose como producto final de oro y plata. En la

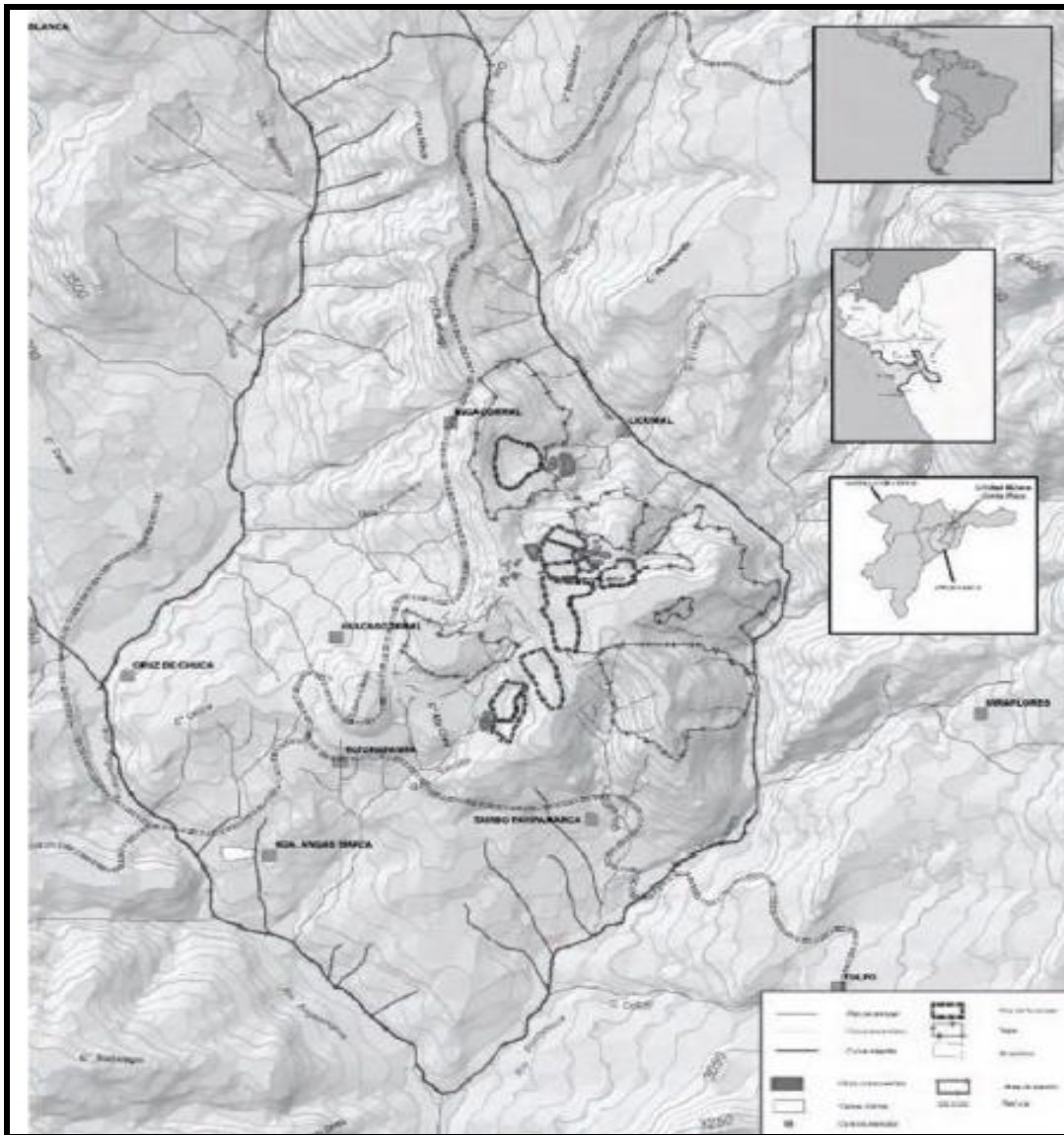
etapa de lixiviación es en donde se utilizan los sistemas de riego presurizado, tanto goteo como aspersión, para realizar la aplicación y distribución uniforme de la solución lixiviante la cual contiene cianuro diluido capaz de separar el oro soluble contenido dentro las pilas de mineral, durante un periodo de lixiviación de aproximadamente 50 días. Para lograr esto la solución cianurada es bombeada desde los tanques de solución pobre o barren hacia los pads de lixiviación, superficie del mineral apilado, para luego toda la solución percolada sea colectada por un sistema de tuberías de drenaje enterradas que envían la solución con oro lixiviado a las pozas pregnant.

MAPA N° 01: Plano de Ubicación de la Zona de Investigación



Fuente: Elaboración Propia

MAPA N° 02: Ubicación Específica del Área de Investigación



El Proyecto se desarrolla en las coordenadas UTM son las siguientes:

TABLA N° 01: Coordenadas UTM de la Concesión COMARSA

Vértice	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
V-1	829005	9104152	3510
V-2	828001	9104272	3501
V-3	828325	9105302	3520
V-4	827512	9101996	3570

Fuente: Elaboración Propia

3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 TÉCNICAS

- ✓ **Entrevistas:** Entrevista a los operarios de volquetes y Cargador Frontal
- ✓ **Visita de Campo:** Visitas de Campo durante 1 mes

3.6.2 INSTRUMENTOS

- ✓ GPS
- ✓ Formularios
- ✓ Fichas de Observación.
- ✓ Cámara Fotográfica

3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.7.1 PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ Ordenamiento y codificación de datos.
- ✓ Tabulación.
- ✓ Análisis e interpretación.

3.7.2 DESARROLLO DE LA TESIS

3.7.2.1 Materiales

3.7.2.1.1 Material de Estudio (Universo o Población).

Se cuenta con el siguiente equipo para la operación, estos pertenecen a terceros bajo la supervisión de Mina Santa Rosa:

Tabla N° 02. Equipos de Perforación – Voladura.

EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	TIPO	CAP. / POT.
DM 45 HP	6	INGERSOLL RAND	Perforadora	500
C. FABRICA	2	KENWORTH	Camión Fábrica	420

Fuente: Compañía Minera Comarsa.

Tabla N° 03. Equipos de Carguío

EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	TIPO	CAPACIDAD m3
PC 600 LC 7	9	KOMATSU	Excavadora	3.80
365 CL	3	CATERPILLAR	Excavadora	5.00
365 BL	1	CATERPILLAR	Excavadora	5.00
345 BL	4	CATERPILLAR	Excavadora	3.80
980 G	4	CATERPILLAR	Cargador Frontal	5.00
980 H	1	CATERPILLAR	Cargador Frontal	5.00

Fuente: Compañía Minera Comarsa.

Tabla N° 03. Equipos de Acarreo.

EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	TIPO	CAPACIDAD m ³ /HP
FM 12	120	VOLVO	Volquete	15/420

Fuente: Compañía Minera Comarsa.

Tabla N° 04. Equipos Auxiliares.

EQUIPO	CANTIDAD	MARCA	TIPO
WA 470	1	KOMATSU	Cargador Frontal
966G	3	CATERPILLAR	Cargador Frontal
966H	2	CATERPILLAR	Cargador Frontal
L150C	2	VOLVO	Cargador Frontal
L150E	4	VOLVO	Cargador Frontal
D6H.	1	CATERPILLAR	Tractor
D6D	1	CATERPILLAR	Tractor
D6G	1	CATERPILLAR	Tractor
D6R – II	3	CATERPILLAR	Tractor
D65E	1	KOMATSU	Tractor
D8R	7	CATERPILLAR	Tractor
D8T	3	CATERPILLAR	Tractor
160H	2	CATERPILLAR	Motoniveladora
140H	2	CATERPILLAR	Motoniveladora
675 GD	1	KOMATSU	Motoniveladora
720 ^a	1	CHAMPION	Motoniveladora
CSS533	2	INGERSOLL RAND	Rodillos
CS 533	2	CATERPILLAR	Rodillos
NL-10	6	VOLVO / SCANIA	Cisternas
WB 93R	4	KOMATSU	Retroexcavadoras

Fuente: Compañía Minera Comarsa.

3.7.2.1.2 Muestras

1. Equipo de carguío: 980G – II

Tabla N° 05. Características técnicas del cargador frontal 980G – II

CARACTERISTICAS CARGADOR 980 G – II	
Descripción	Cargador sobre ruedas
Modelo	980G – Serie II
Marca	CATERPILLAR
Potencia al volante neta.	224,00 KW / 300HP
Masa	29,40 t
Longitud (L)	9,58 m
Anchura (a)	3,53 m
Altura (A)	3,75 m
INFORMACIÓN GENERAL	
Vía (V)	2.44 m
Distancia entre ejes (E)	3,70 m
Chasis: Articulado	A
Dimensiones de los neumáticos estándar	26.5x25
Velocidad máx. AD/AT	37/43 km/h
MOTOR	
Marca	CATERPILLAR
Tipo	3406 T
Clasificación de RPM del motor	2100 rpm/min
CUCHARA ESTÁNDAR	
Capacidad	5.0 m ³
Anchura	3.53 m
Carga de basculación estática	24,0 tn

Fuente: *Compañía Minera Comarsa.*

2. Equipo de transporte (acarreo): Volvo FM 12.

Tabla N° 06. Características técnicas del volquete VOLVO FM – 12

CARACTERISTICAS VOLQUETE VOLVO FM 12	
Descripción	Volquete
Modelo	FM – 12
Marca	VOLVO
Potencia al volante neta.	420 HP
Masa	15.00 tn
Longitud (L)	6.735 m
Anchuro del eje trasero	2.530 m
Altura (A)	2.993 m
INFORMACIÓN GENERAL	
Sistema de tracción	6 x 4
Peso Máximo 3 ejes	23.0 tn

Motor	
Marca	VOLVO
Tipo	D12D – 420
Potencia máxima	1500 - 1800 rpm
Tolva	
Marca/Modelo	Fameca - Semiroquera
Peso de tolva	5.0 tn
Capacidad de tolva	15 m3
Dimensiones de los neumáticos	12.00 x 20
Cantidad	10 uni

Fuente: Compañía Minera Comarsa.

3.7.2.1.3 Materiales, equipos y herramientas:

A. Materiales

- Útiles de oficina (Lapiceros, portaminas, correctores)
- Cronómetros.
- 01 cinta métrica de 50 m
- 02 calculadoras.
- 02 libretas de campo.
- Costos Ejecutados de operaciones Mina – 2007: Costos unitarios de carguío y acarreo.
- Reportes de campo diario.

B. Equipos:

- 01 cámara digital
- Computadora personal.
- PDA'S.

C. Herramientas informáticas del proceso de datos

- Hoja de cálculo MS Excel 2013.
- Software Fleet Production & Cost Analysis vs 3.04r (FPC). Caterpillar INC.

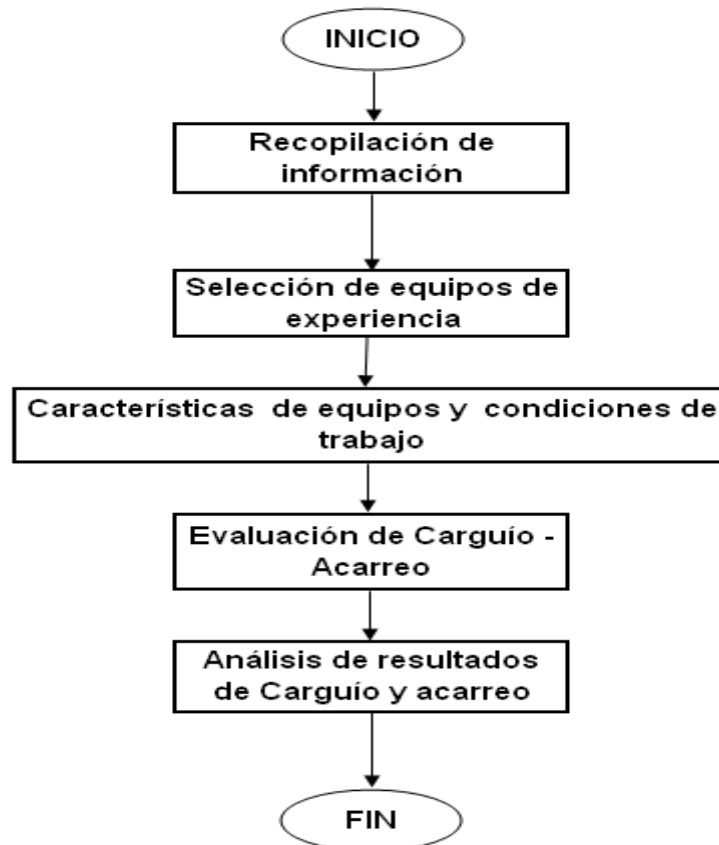
- Software, ProDig V5.0 de Blast Dynamics.

3.7.3 MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

3.7.3.3 Método

La metodología para el proceso del desarrollo del proyecto es descrita mediante el flujograma de procesos, que se presenta a continuación.

Flujograma N° 01: flujograma de procesos que se siguió en la investigación



Fuente: Elaboración Propio

3.7.4 PROCESAMIENTOS DE EXPERIENCIAS

1. Recopilación de Información

En esta etapa se recolectó todo tipo de información correspondiente a los equipos de carguío y acarreo los que conforman el global de maquinarias de movimiento de tierras; como son: información histórica y datos reales de campo.

Actualmente en la Mina Santa Rosa, el ciclo total y el número de volquetes requeridos en un frente de operación lo determina el Área de Control de Equipos. El tiempo del ciclo total y el dimensionamiento de la flota de volquetes requeridos se obtienen de acuerdo a monitoreos de campo diarios e información histórica en condiciones similares en los frentes de trabajo por cada Tajo.

2. Selección de equipos de experiencia.

En esta etapa se seleccionaron los equipos que tienen una gran incidencia en la producción total de la operación de minado, se determinó las unidades de acarreo: FM12 - VOLVO y el cargador frontal: 980G II - CATERPILLAR por su mayor versatilidad y con menos restricciones que otros equipos en la operación.

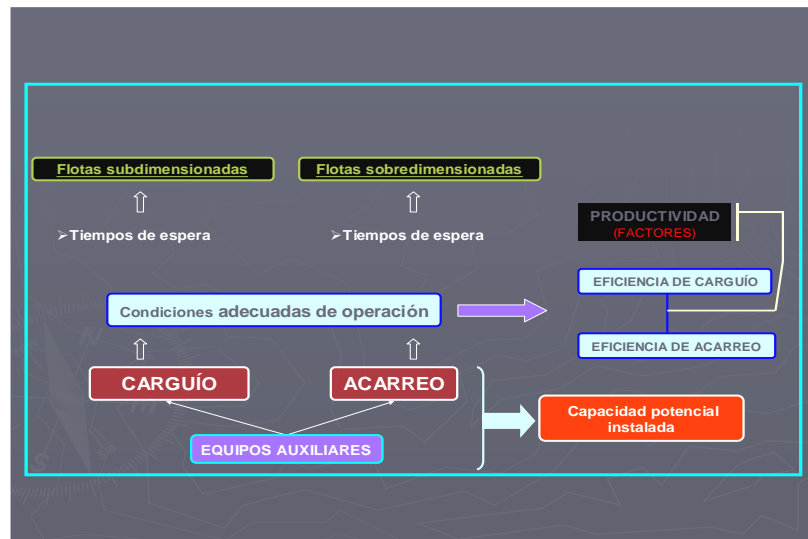
3. Características de equipos y condiciones de trabajo.

Se continuó con la determinación de las características de los equipos: cargadores y volquetes usados en la operación, características del material a mover y los factores que influyen en el ciclo total de carguío y acarreo y condiciones de trabajo.

4. Evaluación de Carguío – Acarreo

En esta etapa se consideró la evaluación de la capacidad instalada de nuestras flotas, tanto sus costos y producciones.

Figura N° 05: Evaluación de equipos de Carguío – Acarreo



5. Análisis de resultados de Carguío y acarreo.

Teniendo como punto de partida el procedimiento anterior se procedió a analizar la flota piloto del banco 330 - proyecto SE07169. Tajo Seductora con sus respectivos datos de campo: Producción real de 853.97 TM/hr con ciclo total de acarreo de 21 minutos,

14 unidades y con rendimiento promedio de 35.86 viajes / hora, se obtendrá la producción real y la producción potencial por hora de los equipos de carguío y acarreo y se aplicará la metodología del factor de acoplamiento para lograr obtener el número adecuado de unidades.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE CUADROS Y GRÁFICOS ESTADÍSTICOS

Luego de haber realizado un análisis de las diversas flotas de movimiento de tierras se muestran a continuación los resultados de aquellos que fueron representativos para el presente estudio.

4.1.1 Resultados del análisis del banco 330 - proyecto

SE07169. Tajo Seductora:

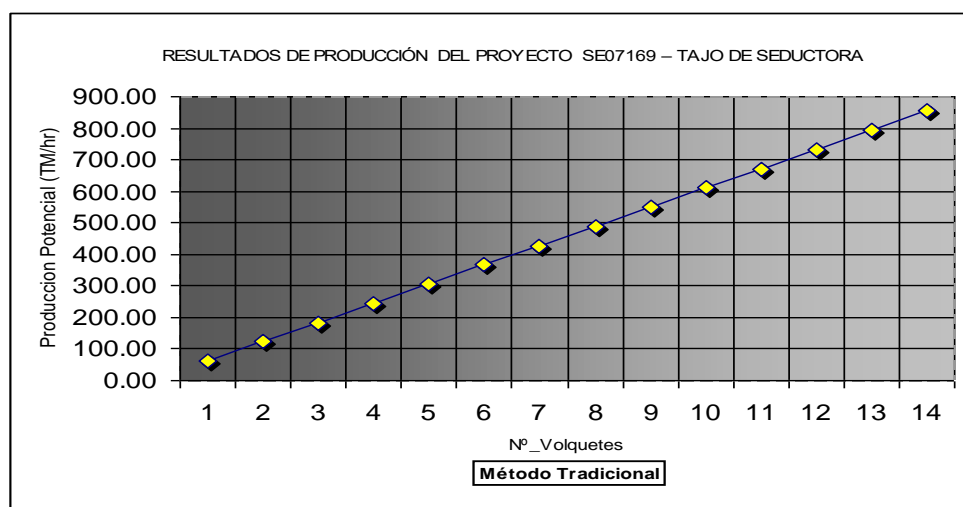
4.1.1.1 Resultados de Producción real:

Los valores de la producción total en el proyecto SE07169 – Tajo Seductora, se muestran en la tabla 07 y en la figura N° 06.

Tabla N° 07. Producción (TM/hr) de la flota en el proyecto SE07169
– Tajo Seductora.

PRODUCCIÓN TM / hr					
PRODUCCIÓN REAL	Proyecto	Equipo Carguío	Nº Volquetes	T.T.C.	TM/hr
	SE 07169	980G II	1	21.0	61.00
	SE 07169	980G II	2	21.0	122.00
	SE 07169	980G II	3	21.0	182.99
	SE 07169	980G II	4	21.0	243.99
	SE 07169	980G II	5	21.0	304.99
	SE 07169	980G II	6	21.0	365.99
	SE 07169	980G II	7	21.0	426.99
	SE 07169	980G II	8	21.0	487.98
	SE 07169	980G II	9	21.0	548.98
	SE 07169	980G II	10	21.0	609.98
	SE 07169	980G II	11	21.0	670.98
	SE 07169	980G II	12	21.0	731.97
	SE 07169	980G II	13	21.0	792.97
	SE 07169	980G II	14	21.0	853.97

Figura N° 06. Resultados de producción (TM/hr) de la flota.

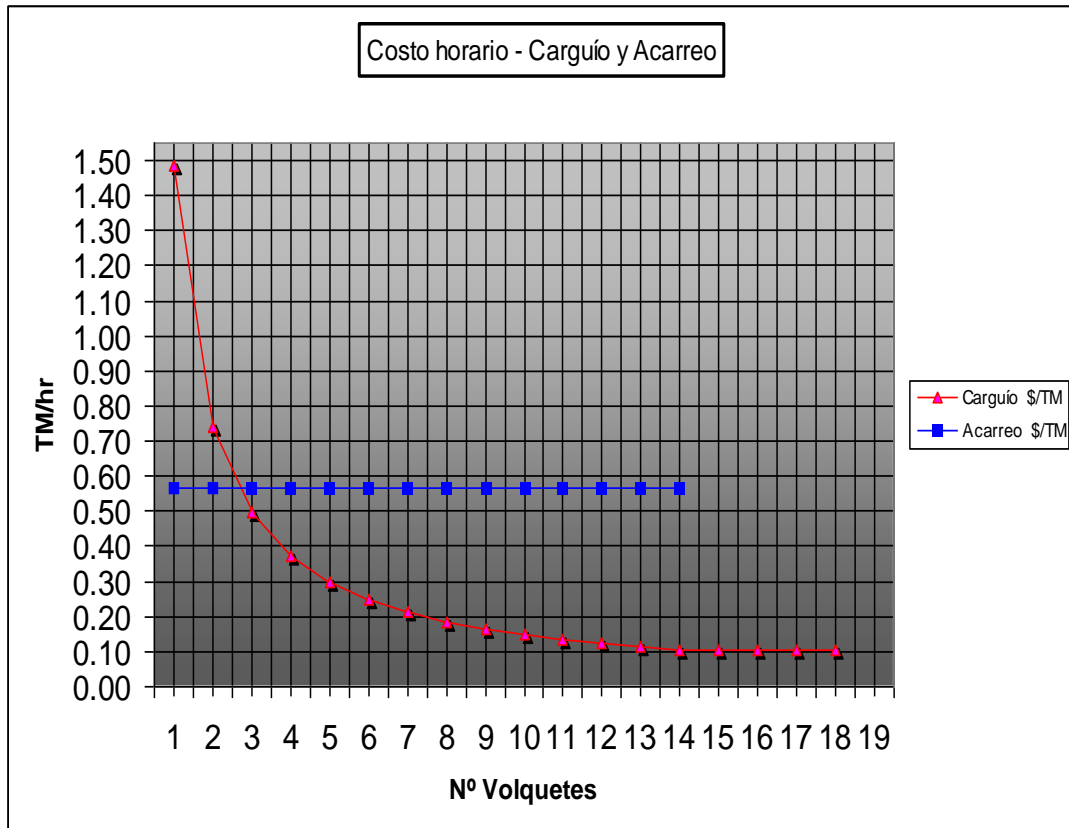


Los valores del costo unitario de **carguío y acarreo** por Tonelada métrica que se obtuvo en el banco 330 - proyecto SE07169 – Tajo Seductora, se muestran a continuación en la tabla 08 y figura N° 07.

Tabla 08. Costos de carguío y acarreo en el proyecto SE07169 – Tajo Seductora.

COSTO UNITARIO TM / hr				
Proyecto	Equipo Carguío	Nº Volquetes	Carguío \$/TM	Acarreo \$/TM
SE 07169	980G II	1	1.4853	0.5672
SE 07169	980G II	2	0.7426	0.5672
SE 07169	980G II	3	0.4951	0.5672
SE 07169	980G II	4	0.3713	0.5672
SE 07169	980G II	5	0.2971	0.5672
SE 07169	980G II	6	0.2475	0.5672
SE 07169	980G II	7	0.2122	0.5672
SE 07169	980G II	8	0.1857	0.5672
SE 07169	980G II	9	0.1650	0.5672
SE 07169	980G II	10	0.1485	0.5672
SE 07169	980G II	11	0.1350	0.5672
SE 07169	980G II	12	0.1238	0.5672
SE 07169	980G II	13	0.1143	0.5672
SE 07169	980G II	14	0.1061	0.5672

Figura N° 07. Costo Unitario (TM/hr) de la flota en el proyecto SE07169 – Tajo Seductora.



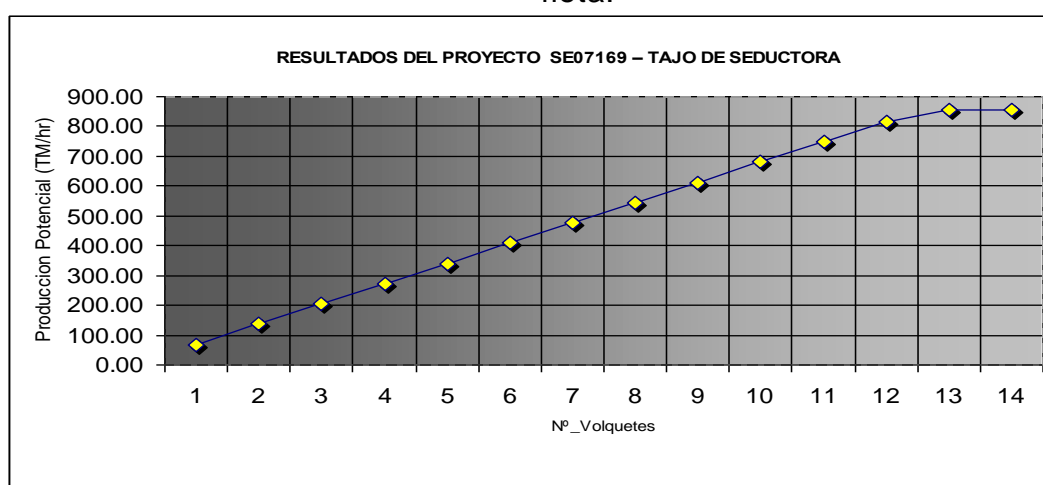
4.1.1.2 Producción potencial:

Se muestran a continuación los valores de producción potencial en el banco 330 - proyecto SE07169, Tajo Seductora, se muestran en la tabla N° 09 y figura N° 08.

Tabla N° 09. Producción potencial (TM/hr) de la flota en el proyecto SE07169 – Tajo Seductora.

PRODUCCIÓN TM / hr					
PRODUCCIÓN POTENCIAL	Proyecto	Equipo Carguío	Nº Volquetes	T.T.C.	TM/hr
	SE 07169	980G II	1	21.0	68.04
	SE 07169	980G II	2	21.0	136.08
	SE 07169	980G II	3	21.0	204.12
	SE 07169	980G II	4	21.0	272.16
	SE 07169	980G II	5	21.0	340.20
	SE 07169	980G II	6	21.0	408.24
	SE 07169	980G II	7	21.0	476.28
	SE 07169	980G II	8	21.0	544.32
	SE 07169	980G II	9	21.0	612.36
	SE 07169	980G II	10	21.0	680.40
	SE 07169	980G II	11	21.0	748.44
	SE 07169	980G II	12	21.0	816.48
	SE 07169	980G II	13	21.0	853.97
	SE 07169	980G II	14	21.0	853.97

Figura N° 08: Resultados producción potencial (TM/hr) de la flota.



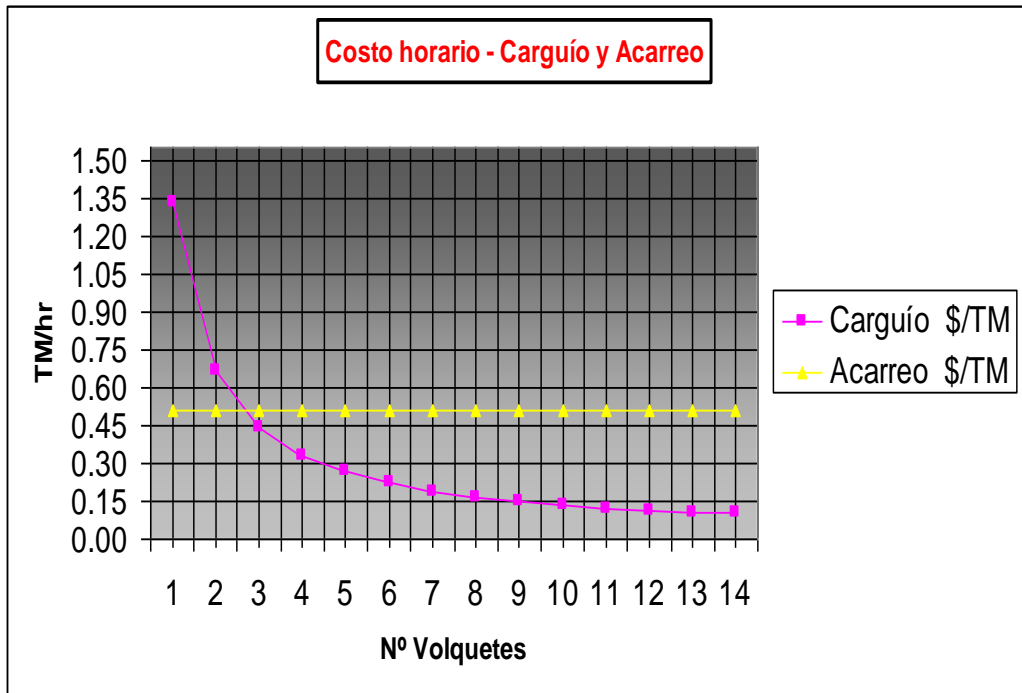
Los valores del costo unitario de **carguío y acarreo** por Tonelada métrica que se obtendrá con la capacidad potencial

en el proyecto SE07169 – Tajo Seductora se muestran a continuación en la tabla 10 y en la figura N° 09.

Tabla N° 10. Costos de carguío y acarreo con la capacidad potencial en el proyecto SE07169 – Tajo Seductora.

COSTO UNITARIO TM / hr				
Proyecto	Equipo Carguío	N° Volquetes	Carguío \$/TM	Acarreo \$/TM
SE 07169	980G II	1	1.3316	0.5085
SE 07169	980G II	2	0.6658	0.5085
SE 07169	980G II	3	0.4439	0.5085
SE 07169	980G II	4	0.3329	0.5085
SE 07169	980G II	5	0.2663	0.5085
SE 07169	980G II	6	0.2219	0.5085
SE 07169	980G II	7	0.1902	0.5085
SE 07169	980G II	8	0.1664	0.5085
SE 07169	980G II	9	0.1480	0.5085
SE 07169	980G II	10	0.1332	0.5085
SE 07169	980G II	11	0.1211	0.5085
SE 07169	980G II	12	0.1110	0.5085
SE 07169	980G II	13	0.1061	0.5085
SE 07169	980G II	14	0.1061	0.5085

Figura N° 09. Costo Unitario (TM/hr) – Producción Potencial de la flota.



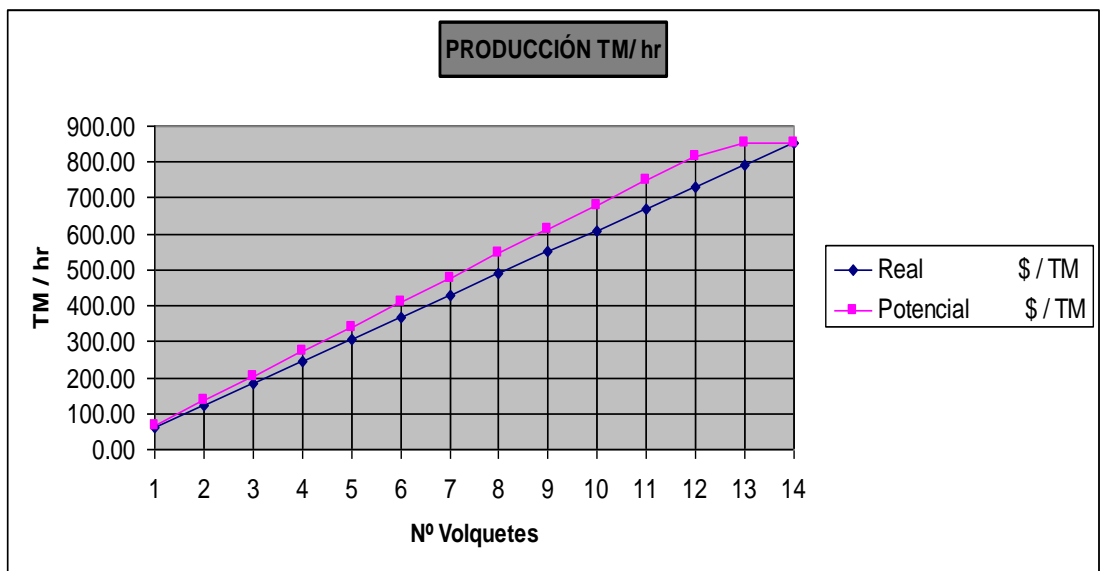
4.1.1.3 Comparación de producción real - producción potencial del banco 330 proyecto SE07169:

En la tabla 11 y en la figura N° 10, se muestra una comparación entre producción real por hora y la producción potencial por hora de las unidades de acarreo.

Tabla N° 11. Comparación de producción real - producción potencial del banco 330 proyecto SE07169.

Equipo Carguío	Nº Volquetes	P. Real TM/hr	P. Potencial TM/hr
980G II	1	61.00	68.04
980G II	2	122.00	136.08
980G II	3	182.99	204.12
980G II	4	243.99	272.16
980G II	5	304.99	340.20
980G II	6	365.99	408.24
980G II	7	426.99	476.28
980G II	8	487.98	544.32
980G II	9	548.98	612.36
980G II	10	609.98	680.40
980G II	11	670.98	748.44
980G II	12	731.97	816.48
980G II	13	792.97	853.97
980G II	14	853.97	853.97

Figura N° 10. Resultados de Producción real - Producción Potencial de la flota.



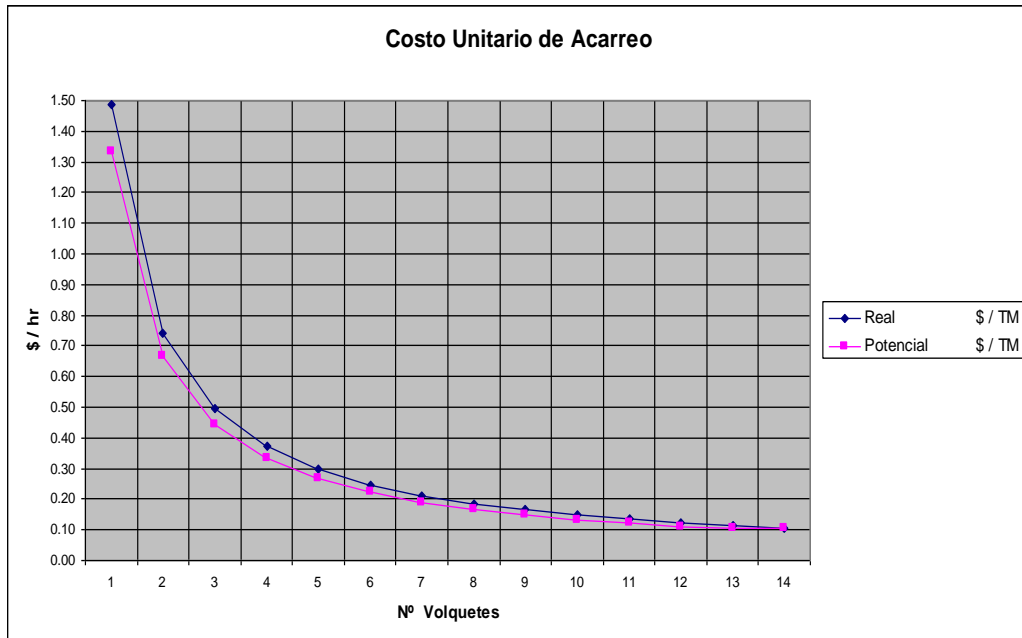
4.1.1.4 Comparación de costos unitarios de carguío de producción real - producción potencial del banco 330 proyecto SE07169:

En la tabla N° 12 y en la figura N° 11, se muestra una comparación del costo unitario de carguío entre producción real por hora y la producción potencial por hora.

Tabla N° 12. Comparación de costo unitario de carguío de la producción real - producción potencial del banco 330 proyecto SE07169:

Equipo Carguío	N° Volquetes	Real \$ / TM	Potencial \$ / TM
980G II	1	1.4853	1.3316
980G II	2	0.7426	0.6658
980G II	3	0.4951	0.4439
980G II	4	0.3713	0.3329
980G II	5	0.2971	0.2663
980G II	6	0.2475	0.2219
980G II	7	0.2122	0.1902
980G II	8	0.1857	0.1664
980G II	9	0.1650	0.1480
980G II	10	0.1485	0.1332
980G II	11	0.1350	0.1211
980G II	12	0.1238	0.1110
980G II	13	0.1143	0.1061
980G II	14	0.1061	0.1061

Figura N° 11. Resultados del costo unitario de carguío de la Producción real - Producción Potencial.



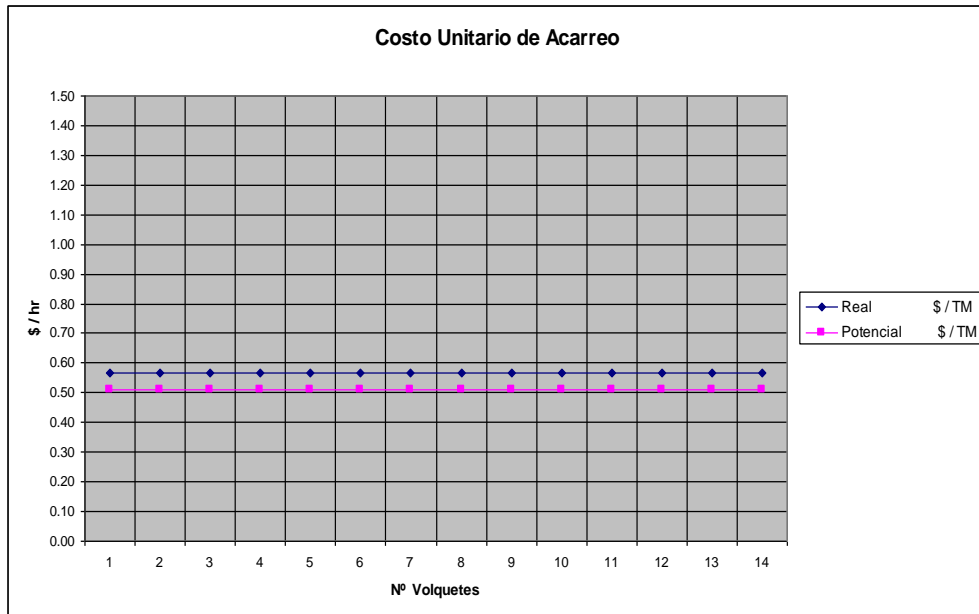
4.1.1.5 Comparación de costos unitarios de acarreo de producción real - producción potencial del banco 330 proyecto SE07169:

En la tabla N° 13 y en la figura N° 12 se muestra una comparación del costo unitario de acarreo entre producción real por hora y la producción potencial por hora.

Tabla N° 13. Comparación de costo unitario de acarreo de la producción real - producción potencial del banco 330 proyecto SE07169:

Equipo Carguío	Nº Volquetes	Real \$ / TM	Potencial \$ / TM
980G II	1	0.5672	0.5085
980G II	2	0.5672	0.5085
980G II	3	0.5672	0.5085
980G II	4	0.5672	0.5085
980G II	5	0.5672	0.5085
980G II	6	0.5672	0.5085
980G II	7	0.5672	0.5085
980G II	8	0.5672	0.5085
980G II	9	0.5672	0.5085
980G II	10	0.5672	0.5085
980G II	11	0.5672	0.5085
980G II	12	0.5672	0.5085
980G II	13	0.5672	0.5085
980G II	14	0.5672	0.5085

Figura N° 12. Resultados del costo unitario de acarreo de la Producción real - Producción Potencial.



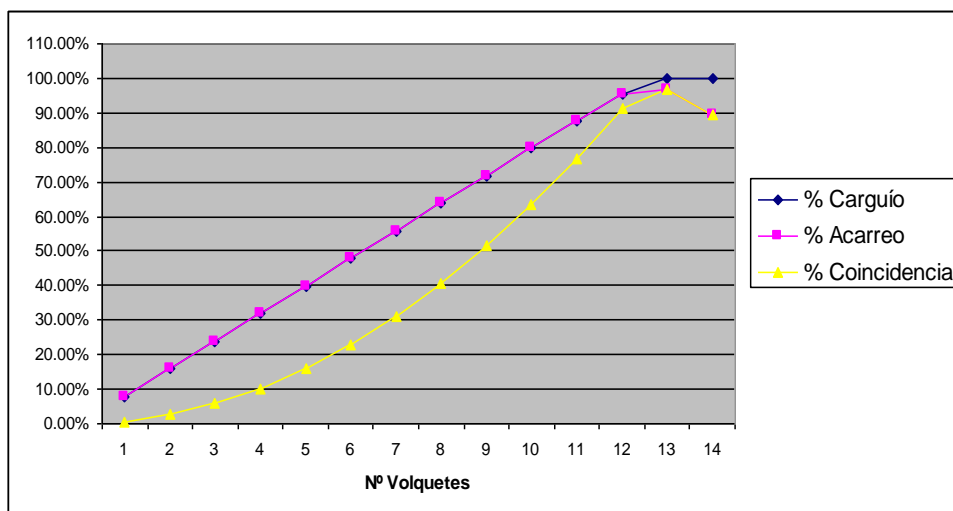
4.1.2 Determinación del número de volquetes para del banco 330 proyecto SE07169:

En la tabla N° 14 y en la figura N° 13 se determinó el número adecuado de unidades a través del Factor de Acoplamiento.

Tabla 14. Determinación del número de unidades del banco 330 proyecto SE07169 – Tajo Seductora.

Nº Cam.	T.T.C.	C.C.	Producción real TM/hr	F.A.	Producción Potencial TM/hr	% Carguío	% Acarreo	% Coincidencia
1	21.0	1.67	61.00	7.97%	68.04	7.97%	7.97%	0.63%
2	21.0	1.67	122.00	15.93%	136.08	15.93%	15.93%	2.54%
3	21.0	1.67	182.99	23.90%	204.12	23.90%	23.90%	5.71%
4	21.0	1.67	243.99	31.87%	272.16	31.87%	31.87%	10.16%
5	21.0	1.67	304.99	39.84%	340.20	39.84%	39.84%	15.87%
6	21.0	1.67	365.99	47.80%	408.24	47.80%	47.80%	22.85%
7	21.0	1.67	426.99	55.77%	476.28	55.77%	55.77%	31.11%
8	21.0	1.67	487.98	63.74%	544.32	63.74%	63.74%	40.63%
9	21.0	1.67	548.98	71.71%	612.36	71.71%	71.71%	51.42%
10	21.0	1.67	609.98	79.67%	680.40	79.67%	79.67%	63.48%
11	21.0	1.67	670.98	87.64%	748.44	87.64%	87.64%	76.81%
12	21.0	1.67	731.97	95.61%	816.48	95.61%	95.61%	91.41%
13	21.0	1.67	792.97	103.58%	853.97	100.00%	96.55%	96.55%
14	21.0	1.67	853.97	111.54%	853.97	100.00%	89.65%	89.65%

Figura N° 13. Resultados para determinar el número de unidades.



4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados logrados a través de la aplicación del factor de acoplamiento a traído consigo determinar el número necesario de volquetes.

En las mismas condiciones de operación como es TC y CC se observa en la tabla N° 14 que la producción real con 14 volquetes es 853.97 TM/hr con un factor de acoplamiento de 111.54 %, esta misma producción se obtuvo con 13 volquetes, con un factor de acoplamiento de 103.58 % que hemos definido como producción potencial en nuestro estudio.

Aplicando la teoría del factor de acoplamiento: si el Factor de Acoplamiento es mayor de 100%, la eficiencia de la carga es del 100% y la eficiencia de transporte será menor o viceversa. Por lo tanto en el presente trabajo con 13 unidades se obtiene una eficiencia del carguío del 100% y una eficiencia del acarreo del 96.55 %.

En el transporte se usó como patrón el costo del transporte (producción real) 0.5672 en el trabajo realizado se obtuvo 0.5085 \$/TM logrando disminuir en un 10.35% en base al costo operativo.

Para complementar: los resultados obtenidos en cuanto a costo unitario en el sistema de carguío y acarreo se obtuvo: 0.6146 \$/TM comparando con el resultado de la producción real de 0.6733 \$/TM, que equivale a un 8,7% de ahorro con una unidad menos en la flota.

4.3 EVALUACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis fue determinada de la siguiente expresión:

“El número de volquetes óptimo en la ruta de mineral banco 330 hacia el PAD 18 con distancia 2.6 km en el tajo Seductora es de 13 unidades de acarreo (volquetes FM – 12 VOLVO)”.

Concluida nuestra investigación podemos mencionar que parte de nuestra hipótesis es válida, ya que se pudo constatar que la aplicando la teoría del factor de acoplamiento: si el Factor de Acoplamiento es mayor de 100%, la eficiencia de la carga es del 100% y la eficiencia de transporte será menor o viceversa. Por lo tanto, en el presente trabajo con 13 unidades por ello reiteramos que nuestra hipótesis es válida.

CONCLUSIONES

Concluida la investigación llego a determinar lo siguiente:

- ✓ Se determinó que la capacidad máxima de los equipos de carguío fue de 853.97 TM/hr y del equipo de acarreo 68.04 TM/hr.
- ✓ Se obtuvo que el número óptimo de volquetes fue de 13 unidades en la ruta mineral del banco 330 del tajo seductora.
- ✓ Se redujo el costo unitario del sistema de carguío y acarreo en la producción potencial en un 8,7% con respecto a la producción real.
- ✓ Se logró obtener una eficiencia en el carguío de 100% y en acarreo un 96.55%.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación llego a determinar las siguientes recomendaciones:

- ✓ Realizar un análisis del equipo, material a excavar, su fragmentación y eficiencias de operadores, para estandarizar el tiempo de carguío.
- ✓ Mantener las zonas de carguío, descarga con las dimensiones adecuadas tanto para el equipo de carga como para los volquetes, así como las vías de acarreo en buen estado y seguras, que permitan circular a nuestras unidades de acarreo a velocidades óptimas.
- ✓ Capacitación del personal con guías operativas claras a la operación, con el principio que la operación de carguío y acarreo es un sistema integral.
- ✓ Se sugiere se establezca una comunicación efectiva y la definición de conceptos básicos del proceso de carguío y acarreo entre varios grupos involucrados con las operaciones como son: operadores y supervisores.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Bustillo Revuelta, M. y López Jimeno, C. (1997), Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones mineras, 1era edición , Gráficas Arias Montano S.A., Madrid – España.

Peter N. C. (2001), Topics in Open Pit Mining Engineering. Capítulos 1, 2, 3 y 4. Apuntes del curso. IMM-2012, Santiago de Chile – Chile.

Caterpillar, Inc, (2001), FPC versión 3.5, Fleet Productions and Cost. Colorado – E.E.U.U.

Gómez de las Heras, J y López Jimeno, C. (1995), Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto, 2era edición, Cartografía Madrid – España.

Cherné Tarilonte, J. y González Aguilar, A, MOVIMIENTO DE TIERRAS. Construcción Industrial 5º Ingeniería Industrial, pag. 7.

Rojas, L. (1995), Selección de equipo y maquinaria para minería superficial – Minera Yanacocha. Seminario: Selección de Equipo y Maquinaria en la Industria Minera.

Díaz Chávez, J. (1995), Estimado de flota para tajo abierto. Seminario: Selección de Equipo y Maquinaria en la Industria Minera.

Pando, W. (2003), Fleet Match como herramienta de gestión. Minera Yanacocha S.R.L.

Caterpillar (2000), "Manual de Rendimiento", edición 31, Caterpillar, Illinois – EE.UU.

Aranibar Loayza, J. (2005), Criterios en la selección de equipos. 5to Congreso Nacional de Minería, Huancayo – Perú.

Alva Núñez, Ronal Iván (2006), Optimización del Sistema de Carguío y Acarreo en Comarca, 6to Congreso Nacional de Minería, Trujillo – Perú.

Instituto de Capacitación Minera (2006), Curso de carguío y acarreo, Lima – Perú.

Estudios Mineros del Perú SAC (2007), Manual de Minería, , Lima – Perú.

García Ovejero, R. (2005), Laboreos en Canteras y Graveras de Áridos – Carga y Transporte, Caterpillar-Finanzauto, España.

Ortiz de Urbina, F. y Herrera Herbert, H. (2001), Curso de Evaluación y Planificación Minera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas - Cátedra de Laboreo de Minas, Madrid - España.

Ortiz de Urbina, F. y Herrera Herbert, H. (2002), Curso de Laboreo I, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas - Cátedra de Laboreo de Minas, Madrid - España.

Leyva, Rommel (2006), Curso de carguío y acarreo (2006) – Instituto de Capacitación Minera, Lima - Perú.

Mtra. Rosa Beatriz Placeres Espadas, Lic. Irma P. Balderas Rosas.

Mtro. Hobart Barrientos Oviedo (20 de Agosto de 2009). Manual

Para la Elaboración de Tesis y Trabajos de Investigación. Puebla, México.

Universidad San Martín de Porres (2016). Manual para la Elaboración de las Tesis y los Trabajos de Investigación. Lima Perú.

Francisco Juan José Viola (2010). Elaboración de tesis: la crisis necesaria. Ciudad de Camaguey Argentina. Mayo-ago.

Páginas de Internet:

Páginas de Internet:

CODELCO - Corporación Nacional de Cobre de Chile (2001), Chile

<https://www.codelcoeduca.cl/index2.html>.

Editec - Runge Latin America (2002), Santiago - Chile.

<http://www.editec.cl/mchilena/Dic2002/Articulo/planificacion.htm>.

Hudson, J. Runge Latin America Ltda (2003), Santiago - Chile.

<http://www.editec.cl/mchilena/dic2003/Articulo/informe.htm>

Cómo estructurar una tesis

<http://blog.udlap.mx/blog/2014/10/comoestructurarunatesis/>

Guía para la Elaboración de Tesis y Consultorio Gramatical

<https://books.google.com.pe/books?id=Y8xuOpGL-doC&pg=PA54&lpg=PA54&dq=elaboraci%C3%B3n+de+tesis&source=bl&ots=al6PpjF-ag&sig=05kJDDVxPYeqaE3Hr607Yi86ggc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi8u4bZvJLZAhUiyFkKHfhuDX44ChDoAQhIMAk#v=onepage&q=elaboraci%C3%B3n%20de%20tesis&f=false>

Pasos para elaborar una tesis

http://biblioteca.usil.edu.pe/docs/GB-VA-002%20Guia%20para%20presentacion%20de%20proyectos%20e%20informes%20de%20tesis%20USIL_May13.pdf

Como elaborar un proyecto de tesis

<https://es.slideshare.net/alzamoradelosgodos/como-elaborar-un-proyecto-de-tesis>

ANEXOS

ANEXO N° 01
IMÁGENES ADICIONALES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA



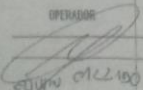
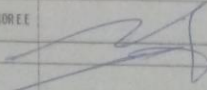
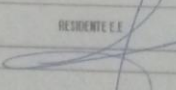
RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN EL TAJO SEDUCTORA



REPORTE DIARIO DE MOVIMIENTO DE VOLQUETE

MUNA	SANTA ROSA	EMPRESA	COMBUSTIBLE		
TECNA	03-Ac-19	KILOMETROS	KILOMETRAJE	1	
TIEMPO	2:4	INICIAL	2019.30		3/4
CORREO EMPRESA	WJA-545	FINAL	2019.58		Full

DE	MUNA	HORA	CORREO	ZONA	LABOR	LABOR	MS	GLS	OBSERVACIONES
N	INICIO	FINAL	ACTIVO		INICIAL	FINAL	TRABAJADOS	CONDUCTIBIL	
1	6:30	7:00	9		OTC	OTC			
2	7:00	7:15	7		OTC	OTC			Largo aumento
3	7:15	7:20	9		OTC	OTC			
4	7:20	7:25	5		OTC	OTC			cb
5	7:25	7:30	21		OTC				
6	7:30	7:50	1		OTC	OTC			
7	7:50	7:55	26		OTC	OTC			
8	7:55	7:59	3		OTC	OTC			
9	7:59	8:26	4		OTC	OTC			
10	8:26	8:30	34		OTC	OTC			also Volquete descargue.
11	8:30	8:52	6		OTC	OTC			
12	8:52	9:00	1		OTC	OTC			
13	9:00	9:20	20		OTC	OTC			
14	9:20	9:25	3		OTC	OTC			
15	9:25	10:00	4		OTC	OTC			
16	10:00	10:02	6		OTC	OTC			
17	10:02	10:30	1		OTC	OTC			
18	10:30	10:45	30		OTC	OTC			
19	10:45	11:50	27		OTC	OTC			Volquete Inoperativo
20	11:50	13:15	13		OTC	OTC			
21	13:15	13:50	4		OTC	OTC			
22	13:50	13:55	6		OTC	OTC			
23	13:55	14:50	1		OTC	OTC			
24	14:50	15:30	38		OTC	OTC			Notas de Shuttle, extracción y Bosque Alexander con Asfaltos
25	15:30	15:30	10		OTC	OTC			

OPERADOR:  0122100
 SUPERVISOR E.E.: 
 RESIDENTE E.E.: 

ACTIVIDADES OPERATIVAS	
1	TRABAJOS DE OBRAS
2	TRABAJOS DE OBRAS
3	TRABAJOS DE OBRAS
4	TRABAJOS DE OBRAS
5	TRABAJOS DE OBRAS
6	TRABAJOS DE OBRAS
7	TRABAJOS DE OBRAS
8	TRABAJOS DE OBRAS
9	TRABAJOS DE OBRAS
10	TRABAJOS DE OBRAS
11	TRABAJOS DE OBRAS
12	TRABAJOS DE OBRAS
13	TRABAJOS DE OBRAS
14	TRABAJOS DE OBRAS
15	TRABAJOS DE OBRAS
16	TRABAJOS DE OBRAS
17	TRABAJOS DE OBRAS
18	TRABAJOS DE OBRAS
19	TRABAJOS DE OBRAS
20	TRABAJOS DE OBRAS
21	TRABAJOS DE OBRAS
22	TRABAJOS DE OBRAS
23	TRABAJOS DE OBRAS
24	TRABAJOS DE OBRAS
25	TRABAJOS DE OBRAS
26	TRABAJOS DE OBRAS
27	TRABAJOS DE OBRAS
28	TRABAJOS DE OBRAS
29	TRABAJOS DE OBRAS
30	TRABAJOS DE OBRAS
31	TRABAJOS DE OBRAS
32	TRABAJOS DE OBRAS
33	TRABAJOS DE OBRAS
34	TRABAJOS DE OBRAS
35	TRABAJOS DE OBRAS
36	TRABAJOS DE OBRAS
37	TRABAJOS DE OBRAS
38	TRABAJOS DE OBRAS
39	TRABAJOS DE OBRAS
40	TRABAJOS DE OBRAS
41	TRABAJOS DE OBRAS
42	TRABAJOS DE OBRAS
43	TRABAJOS DE OBRAS
44	TRABAJOS DE OBRAS
45	TRABAJOS DE OBRAS
46	TRABAJOS DE OBRAS
47	TRABAJOS DE OBRAS
48	TRABAJOS DE OBRAS
49	TRABAJOS DE OBRAS
50	TRABAJOS DE OBRAS
51	TRABAJOS DE OBRAS
52	TRABAJOS DE OBRAS
53	TRABAJOS DE OBRAS
54	TRABAJOS DE OBRAS
55	TRABAJOS DE OBRAS
56	TRABAJOS DE OBRAS
57	TRABAJOS DE OBRAS
58	TRABAJOS DE OBRAS
59	TRABAJOS DE OBRAS
60	TRABAJOS DE OBRAS
61	TRABAJOS DE OBRAS
62	TRABAJOS DE OBRAS
63	TRABAJOS DE OBRAS
64	TRABAJOS DE OBRAS
65	TRABAJOS DE OBRAS
66	TRABAJOS DE OBRAS
67	TRABAJOS DE OBRAS
68	TRABAJOS DE OBRAS
69	TRABAJOS DE OBRAS
70	TRABAJOS DE OBRAS
71	TRABAJOS DE OBRAS
72	TRABAJOS DE OBRAS
73	TRABAJOS DE OBRAS
74	TRABAJOS DE OBRAS
75	TRABAJOS DE OBRAS
76	TRABAJOS DE OBRAS
77	TRABAJOS DE OBRAS
78	TRABAJOS DE OBRAS
79	TRABAJOS DE OBRAS
80	TRABAJOS DE OBRAS
81	TRABAJOS DE OBRAS
82	TRABAJOS DE OBRAS
83	TRABAJOS DE OBRAS
84	TRABAJOS DE OBRAS
85	TRABAJOS DE OBRAS
86	TRABAJOS DE OBRAS
87	TRABAJOS DE OBRAS
88	TRABAJOS DE OBRAS
89	TRABAJOS DE OBRAS
90	TRABAJOS DE OBRAS
91	TRABAJOS DE OBRAS
92	TRABAJOS DE OBRAS
93	TRABAJOS DE OBRAS
94	TRABAJOS DE OBRAS
95	TRABAJOS DE OBRAS
96	TRABAJOS DE OBRAS
97	TRABAJOS DE OBRAS
98	TRABAJOS DE OBRAS
99	TRABAJOS DE OBRAS
100	TRABAJOS DE OBRAS

CONTEO DE VOLQUETES



ANEXO N°2

FORMATO DE CAMPO

REPORTE DIARIO DE MOVIMIENTO DE VOLQUETE

MINA	EMPRESA	COMBUSTIBLE
FECHA	HOROMETRO	KILOMETRAJE
TURNO	INICIAL	FINAL
CODIGO EQUIPO	FINAL	

ITEM	HORA INICIO	HORA FINAL	CODIGO ACTIVIDAD	ZONA	LABOR INICIAL	LABOR FINAL	M3 TRASLADADOS	GLS COMBUSTIBLE	OBSERVACIONES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									

OPERADOR	SUPERVISOR E.E	RESIDENTE E.E

ACTIVIDADES OPERATIVAS	
1	TRASLADO DE EQUIPO
2	BASEADO DE CARGA
3	ABASTECIMIENTO DE CARGA
4	TRASLADO DE CARGA
5	CHEQUEO Y FIRMA DE OPERADOR DE RETRO
6	INSTALACION DE EQUIPO
7	CAPACITACION
8	COLOCADO DE BLOQUEO DE AREA
DEMORAS PLANIFICADAS	
9	INGRESO DE PERSONAL
10	SALIDA DE PERSONAL
11	REPARO DE GUARDIA
12	INSPECCION DE EQUIPO
13	REFRIGERIO
14	LIMPIEZA / LAVADO DE EQUIPO
15	ENGRASE
16	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE
17	INSPECCION DE AREA DE TRABAJO
DEMORAS OPERATIVAS	
18	FALTA LIMPIEZA DE VIA
19	FALTA CANTONEO DE AREA
20	FALTA VENTILACION
21	ESPERA DE ORDEN
22	FALTA INSTALACIONES
23	FALTA DE ILUMINACION
24	ESPERA DE AREA
25	CAMBIO DE LABORADOR
26	ESPERA DE RETROSCAVADORA
27	VIA INTERRUPTIDA TRANSITO
28	ATASCAMIENTO / PIEDRA EN LA LLANTA
29	VOLVIO INOPERATIVO
30	ESPERANDO TURNO PARA CARGAR
31	FALTA DE OPERADOR
32	RETROSCAVADORA LENTA
33	RETROSCAVADORA INOPERATIVA
34	ESPERANDO TURNO PARA DESCARGAR
36	FALTA DE INSUMOS / ACCESORIOS
37	OTRAS DEMORAS OPERATIVAS
ACTIVIDADES NO OPERATIVAS	
38	MANTENIMIENTO CORRECTIVO FALLA MEC.-ELECT.
39	MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO
40	MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO
41	EQUIPO EN STAND BY

Página 1