

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación de equipos de carguío y transporte de
mineral para el cálculo óptimo del número de
camiones, Minera San Cristóbal S.A.A.**

Alcides Basilio Romero Huaranga

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Ing. Julio Fredy Porras Mayta
Asesor

AGRACECIMIENTO

A los docentes de la E.P.A. de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental por la formación integral en valores y conocimientos impartidos con esmero y dedicación.

A la empresa por la facilidad a los datos para el desarrollo de la investigación.

Bach: Alcides Romero Huarínga

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres Sra. Justina Huarínga Meza y Sr. Basilio Romero Mendoza, por ser los guías de mi vida, educarme con cariño y ser el apoyo incondicional en mi vida.

Bach: Alcides Romero Huarínga

INDICE GENERAL

AGRACECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA.....	4
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Problema general.....	15
1.1.2 Problemas específicos.....	16
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificación.....	17
1.3.1 Justificación práctica.....	17
1.3.2 Justificación metodológica.....	17
1.4 Hipótesis y descripción de variables	17
1.4.1 Hipótesis general	17
1.4.2 Hipótesis específicas	18
1.4.3 Variables	18
CAPITULO II	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes del problema	19
2.2 Bases teóricas	27
2.2.1 Carguío y transporte	27
2.2.2 Características de transporte y carguío	29
2.2.3 Medios de transporte	29
2.2.4 Ciclos de operación son	32
2.2.5 Rendimiento y flota de camiones	33
2.2.6 Índices de disponibilidad y utilización de equipos	34
2.2.7 Costos	36
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPITULO III	39
METODOLOGIA.....	39
3.1. Métodos y alcances de la investigación.....	39
3.1.1 Método general	39
3.1.2 Tipo de investigación	39
3.1.3 Nivel de investigación	39
3.2 Diseño de investigación	40

3.3 Población y muestra	40
3.3.1 Población	40
3.3.2 Muestra.....	40
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	40
3.4.1Técnicas de recolección de datos	40
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos	41
CAPITULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Generalidades de la unidad minera	42
4.1.1 Ubicación y accesibilidad	42
4.2. Producción mina	55
4.3. Plan operativo de la unidad minera	66
4.3.1 Plan de minado	66
4.3.2 Carguío.....	77
4.3.3 Transporte de mineral hacia la planta de tratamiento.....	77
4.3.4 Número de camiones para mineral y desmonte.....	78
4.3.5 Ciclo de operación de los camiones.....	78
4.3.6 Rendimiento y flota de camiones	78
4.3.7 Índices de disponibilidad y utilización de equipos.....	80
4.3.8 Costos	82
4.4. Discusión de resultados	83
CONCLUSIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	89

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Extracción de mina.....	56
Tabla N° 2 PROGRAMA DE PRODUCCION PRESUPUESTO 2021 - POR METODO DE EXPLOTACION	58
Tabla N° 3 PROGRAMA DE PRODUCCION PRESUPUESTO 2021 - POR ESTUCTURA	60
Tabla N° 4 PROGRAMA DE AVANCE DEL PRESUPUESTO 2021 - POR FASE	63
Tabla N° 5 PROGRAMA MAYO 2021	64
Tabla N° 6 Producción mineral mensual – diaria	66
Tabla N° 7 Producción desmonte mensual – diaria	66
Tabla N° 8 Cuadro Rutas internas – MSCR x nivel.....	67
Tabla N° 9 Cuadro Rutas hacia superficie – MSCR.....	68
Tabla N° 10 Cuadro transporte diario de mineral a la planta de tratamiento	77
Tabla N° 11 Distancia y tiempo de recorrido.....	78
Tabla N° 12 MATRIZ DE CONSISTENCIA	90

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración N° 1 Plano geológico regional.....	45
Ilustración N° 2 Zona de carguio Nv 1170.....	69
Ilustración N° 3 Zona de carguio Nv 1270.....	70
Ilustración N° 4 Zona de carguio Nv 1320.....	71
Ilustración N° 5 Ruta superficie Huaripampa	72
Ilustración N° 6 Caracteristicas tecnicas Camión Volvo FMX.....	73
Ilustración N° 7 Caracteristicas tecnicas Camión Volvo FMX.....	74
Ilustración N° 8 Ficha tecnica Camión Volvo FMX.....	75

RESUMEN

La presente tesis se planteó como objetivo general: Efectuar la evaluación de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Nv. 1320 zona III, Minera San Cristóbal S.AA.. – 2020, para lo cual la hipótesis general a contrastar fue: La evaluación de los tiempos efectivos y de demoras de los equipos de carguío y transporte de mineral influirá directamente en el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III, Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020.

El método general de la investigación fue el científico, tipo aplicado, nivel explicativo, de diseño cuasi experimental; la población estuvo al traslado del mineral, la muestra conformada por un Scoop de 6 yd y 15 camiones (13 operativos; 2 en stand by).

Producto de la investigación se concluyó que: De la evaluación efectuada al transporte de mineral se establece que para un transporte eficiente se necesita 19 camiones, 17 en operaciones y 2 para las contingencias, en la actualidad la empresa cuenta con una flota de 15 camiones de los cuales trece se encuentran operativamente y 2 equipos para contingencias, se debe de resaltar que parte de la solución es que los camiones transporten las 30 toneladas para las cuales está diseñada, otro factor es el control de la granulometría del mineral.

Palabras claves: Equipos de carguío y transporte, cálculo óptimo del número de camiones.

ABSTRACT

The present thesis was proposed as a general objective: To carry out the evaluation of the mineral loading and transport equipment for the optimal calculation of the number of trucks, Nv. 1320 zone III, Minera San Cristóbal S.A.A. - 2020, for which the general hypothesis to be tested was: The evaluation of the effective times and delays of the mineral loading and transport equipment will directly influence the optimal calculation of the number of trucks, Nv 1320 zone III, Minera San Cristóbal S.A.A. - 2020.

The general method of the investigation was the scientific one, applied type, explanatory level, of quasi-experimental design; The population was at the transfer of the mineral, the sample made up of a Scoop of 6 yd and 15 trucks (13 operating; 2 in stand-by).

As a result of the investigation, it was concluded that: From the evaluation carried out to the transport of ore, it is established that for efficient transport 19 trucks are needed, 17 in operations and 2 for contingencies, at present the company has a fleet of 15 trucks of of which thirteen are operatively and 2 teams for contingencies, it should be noted that part of the solution is for trucks to transport the 30 tons for which it is designed, another factor is the control of the mineral granulometry.

Keywords: Loading and transportation equipment, optimal calculation of the number of trucks.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada: “Evaluación de equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, minera San Cristóbal S.A.A.”

Partió de la problemática: que dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y transporte de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento, el propósito del carguío y transporte es retirar el material disparado de los diferentes frentes de trabajo y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, lo cual se puede resumir en la siguiente secuencia:

Preparación de la zona de trabajo.

Posicionamiento de equipos.

Retirar el material volado desde la frente de trabajo (carguío).

Traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.

Transporte del material a su lugar de destino (planta, acopio, botaderos, etc.).

Descarga del material.

Retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que se requiere su retorno).

La secuencia se cumple hasta que haya sido retirado el material requerido del frente. Este proceso productivo es el más influyente en los costos de operación (45% al 65% del costo mina), por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física (material, equipos, mantención,

disponibilidad e insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores y jefes de turno, etc.).

El carguío y transporte implica algunas relaciones específicas con otras fases del proceso.

En la unidad minera se presenta el problema que los camiones destinados para el transporte de mineral muchas veces se encuentran realizando colas para el proceso de carguío, en otras oportunidades sufren retazos en el transporte del mineral, estos casos por citar; estas malas practica vienen repercutiendo en el cumplimiento de metas de producción de la unidad minera; en tal sentido se hace necesario realizar una investigación con la finalidad de obtener el óptimo en el número de camiones.

La investigación se desplegó en cuatro capítulos, los contenidos son los siguientes:

En el capítulo I titulado: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO se da a conocer el planteamiento y formulación del problema dando seguido del problema general y específico, así mismo se exponen tanto los objetivo general y específico consecutivamente se resalta la justificación practica y metodológica; para finalizar este capítulo se muestran la hipótesis general, especifica y las variables de esta investigación.

El capítulo II titulada MARCO TEÓRICO, se da a conocer los antecedentes nacionales e internacionales, seguida de las bases teóricas y la definición de términos básicos de la investigación.

El capítulo III denominada METODOLOGÍA propuesta para la metodología de la investigación, se presentan el método general, tipo, nivel, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV cuyo título es RESULTADOS Y DISCUSIÓN, se muestran los datos que se lograron en la investigación.

Últimamente se dan a conocer las conclusiones recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach: Alcides Romero Huaranga

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y transporte de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento, el propósito del carguío y transporte es retirar el material disparado de los diferentes frentes de trabajo y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino, lo cual se puede resumir en la siguiente secuencia:

Preparación de la zona de trabajo.

Posicionamiento de equipos.

Retirar el material volado desde la frente de trabajo (carguío).

Traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.

Transporte del material a su lugar de destino (planta, acopio, botaderos, etc.).

Descarga del material.

Retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que se requiere su retorno).

La secuencia se cumple hasta que haya sido retirado el material requerido del frente. Este proceso productivo es el más influyente en los costos de operación (45% al 65% del costo mina), por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, tanto en la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad e insumos, etc.), como en la parte humana (operadores, mantenedores y jefes de turno, etc.).

El carguío y transporte implica algunas relaciones específicas con otras fases del proceso. Veamos de qué se trata.

En la unidad minera se presenta el problema que los camiones destinados para el transporte de mineral muchas veces se encuentran realizando colas para el proceso de carguío, en otras oportunidades sufren retazos en el transporte del mineral, estos casos por citar; estas malas practica vienen repercutiendo en el cumplimiento de metas de producción de la unidad minera; en tal sentido se hace necesario realizar una investigación con la finalidad de obtener el óptimo en el número de camiones.

1.1.1 Problema general

¿Cuáles son los resultados de la evaluación de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020?

1.1.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?
- b) ¿Cuál es el volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?
- c) ¿Cuál es la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?
- d) ¿Cuáles son los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Efectuar la evaluación de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones
- b) Calcular el volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones

- c) Calcular la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones
- d) Estimar los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

Con la evaluación del transporte de acarreo de mineral se podrá establecer en número de volquetes que cumplan eficientemente el transporte y de esta manera se podrá solucionar el problema que se presenta en el Nv. 1320 zona III en la Minera San Cristobal S.A.A. – 2020.

1.3.2 Justificación metodológica

Con el propósito de la obtención de datos de campo el investigador hará uso de metodologías propias, estas metodologías podrán ser empleadas para otras investigaciones que presenten un similar enfoque.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis general

La evaluación de los tiempos efectivos y de demoras de los equipos de carguío y transporte de mineral influirá directamente en el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020

1.4.2 Hipótesis específicas

- a) Los cálculos del tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral influyen directamente para el cálculo óptimo del número de camiones
- b) El volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden en el cálculo óptimo del número de camiones
- c) La determinación de la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden para el cálculo óptimo del número de camiones
- d) Los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden para el cálculo óptimo del número de camiones

1.4.3 Variables

➤ Variable Independiente (X)

Carguío y transporte

Indicadores:

- Tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte
- Volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte
- Velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte
- Costos del carguío y transporte
- Costos de los equipos de carguío y transporte

➤ Variable dependiente (Y)

- Número de camiones

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Según (1) En su investigación sobre “Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento”, teniendo como objetivo general de esta tesis es estudiar los beneficios que podría traer la utilización de prioridades de atención en el proceso de carga de camiones en minería a cielo abierto, cuando la flota de transporte disponible es heterogénea en términos de capacidad, y por consecuencia, en costos operacionales.

Los objetivos específicos son:

- ✓ Desarrollo de un modelo analítico de dimensionamiento de flota de camiones que represente las características del proceso de carguío y

transporte en minería cielo abierto bajo condiciones operacionales en estado de régimen.

- ✓ Analizar los efectos sobre los resultados del modelo al incluir el fenómeno de congestión de camiones a través de la utilización de una variable aleatoria.
- ✓ Analizar los efectos de operar con composiciones de flotas homogéneas y heterogéneas en cada ciclo de transporte; y, los efectos sobre los resultados del modelo al aplicar diferentes disciplinas de atención de carga de camiones cuando la flota de vehículos es heterogénea.
- ✓ Analizar la utilización de una disciplina de atención FCFS (en inglés first come-first served), y una disciplina con prioridad de atención, para un determinado tipo de camión que compone la flota.
- ✓ Evaluar el resultado del modelo al resolver diferentes ciclos de un sistema de forma independiente y de forma simultánea.

Sus conclusiones fueron:

- ✓ En esta tesis se propone un modelo analítico que permite dimensionar la flota de transporte para el proceso de carguío y transporte en minería a cielo abierto. Este modelo mejora el estado de la práctica, donde se utiliza comúnmente el método del factor de acoplamiento (MFA) o en inglés Match Factor.
- ✓ En relación al modelo MFA, se obtienen diversas conclusiones. La principal de éstas es la sobrestimación de los rendimientos calculados para una determinada flota homogénea de camiones. Estos rendimientos equivalen a la capacidad máxima teórica de la flota de

transporte. Por otra parte, las aleatoriedades propias de los procesos de carguío y transporte son excluidas de la modelación, por lo cual, los efectos de la congestión entre camiones no son considerada. Adicionalmente, con modelo MFA no es posible estimar tamaños de flotas heterogéneas de forma directa, ni tampoco el análisis de diferentes políticas de atención en el punto de carga. Por último, la resolución del problema de dimensionamiento de la flota es independiente entre cada ciclo pala – camión.

- ✓ Por otra parte, entre las principales características del modelo analítico propuesto en esta investigación se encuentra la flexibilidad del modelo para escoger entre diferentes tipos de configuraciones de camiones (homogénea o heterogénea) al momento de dimensionar el tamaño de la flota. Adicionalmente, permite escoger entre dos políticas de atención de camiones en el punto de carga. La primera de ellas FCFS (first come- first served) y la segunda, con prioridades de atención sin interrupciones (nonpreemptive priority) para un determinado tipo de camión cuando la flota es heterogénea.
- ✓ En general, el modelo analítico desarrollado en esta investigación permite la estimación del tamaño de flota requerido para cumplir una determinada demanda al mínimo costo en términos de tiempos perdidos por esperas en cola. Los rendimientos calculados por el modelo analítico, se consideran como rendimientos efectivos, en términos de que las aleatoriedades asociadas a las tasas de llegadas de los camiones y las aleatoriedades del proceso de carga son

incluidas en la modelación (congestión en el punto de carga). Otras fuentes de aleatoriedad no se excluyen de la modelación.

- ✓ En relación a la composición de la flota de camiones, no es posible afirmar que una flota homogénea de camiones es superior a una flota heterogénea en términos de costos y rendimientos, según la definición de éstos últimos en esta investigación. De igual forma, no es posible afirma lo contrario. Luego, la composición óptima de la flota depende de los tipos de camiones disponibles y de los diversos factores que componen el ciclo de carguío y transporte.
- ✓ Para una determinada flota homogénea, al momento de comparar los rendimientos obtenidos a través del modelo analítico y el modelo MFA, se observan diferencias que pueden diferir entre un 4,8% y un 8,7% en el valor de las toneladas por hora transportadas estimadas. Es evidente, que los menores rendimientos se obtienen con el modelo analítico producto de los efectos de la congestión.
- ✓ Para el caso de flotas heterogéneas, para una muestra de 100 tamaños de flotas diferentes, se observa que la inclusión de aleatoriedad en la tasa de llegada, como en el proceso de carga, reduce la capacidad teórica de la flota en un promedio de un 11,6% con un intervalo de confianza del 3,6% con un 95% de confiabilidad.
- ✓ En relación a las prioridades de atención, el modelo analítico permite concluir que la utilización de prioridades de atención genera beneficios positivos cuando la flota es heterogénea. En particular, cuando la flota se compone por camiones de 150 toneladas y 240 toneladas de capacidad y, una demanda máxima del sistema de 4.000 toneladas por

hora, al utilizar una política de prioridad se obtienen beneficios en el rendimiento en torno a un 2% a 3% en promedio, cuando la flota está compuesta por un 40% de camiones de la clase prioritaria (camiones de 240 toneladas).

- ✓ En los dos escenarios que se plantean para el primer experimento de un ciclo de carguío y transporte, con utilizaciones de palas de un 80% y 98% respectivamente, se obtienen beneficios en términos de rendimientos y costos al momento de utilizar una política de prioridades. Adicionalmente, se obtiene que la flota heterogénea genera costos inferiores en un 8,3% y, 10,4% respectivamente, en comparación a la solución homogénea de mínimo costo que satisface la demanda requerida por la pala.
- ✓ Finalmente, al resolver el problema de dimensionamiento a través de un enfoque de sistema, es decir para todos los ciclos de forma simultánea, se pueden generar beneficios de un 19,6% en promedio en términos de tiempos perdidos por espera, en comparación al enfoque de resolución del problema a través de ciclos independientes. Adicionalmente, en términos de tamaño de flota, no existe diferencias significativas entre ambos enfoques.
- ✓ Como extensiones a esta investigación se propone la inclusión de diversos factores relacionados a cada tipo de camión que compone la flota: costos de inversión, velocidades de operación, entre otros. Por otra parte, la inclusión de la restricción de presupuesto en el modelo del dimensionamiento de la flota, como también parámetros de costos variables. Finalmente, se propone la inclusión de factores asociados a

las tasas de falla, que pueden tener un impacto en el tamaño de la flota al momento de la planificación.

Según (2) En su investigación sobre “Optimización de las distancias de transporte mediante la ubicación y diseño de botaderos en Minera Antucoya”, cuyo objetivo general fue: Optimizar las distancias de transporte de minera Antucoya mediante el análisis de la ubicación y diseños de sus botaderos actuales, proponer alternativas adicionales a las existentes y/o rediseñando las actuales soluciones.

Los objetivos específicos son:

- ✓ Generar alternativas de diseño de botaderos.
- ✓ Calcular las horas de transporte para las alternativas y poder comparar con el caso base 2016.
- ✓ Evaluar técnica y económicamente, mediante un modelo simplificado, las alternativas generadas, y así recomendar la mejor para que sea implementada.
- ✓ Proponer alternativas de stocks que cumpla con los tonelajes actuales proyectados para estos.

Se concluye que:

- ✓ Se generaron tres alternativas factibles para diseño de botaderos, obteniendo con los tres diseños mejoras respecto a los resultados del CB 2016, que era el punto de comparación para diseñar.
- ✓ Luego de evaluar técnicamente las alternativas generadas, se decide dejar fuera la alternativa 3, principalmente por las razones siguientes:
 - No respeta el límite de línea base, por lo de que si se quiere implementar se requerirían permisos adicionales a los actuales.

- El ahorro en horas y flota de transporte está por debajo de las demás alternativas, por lo que en vista del punto anterior no es una buena opción.

✓ Se generaron dos propuestas para stocks, en función del diseño recomendado para los botaderos, es decir, la alternativa. Ambas alternativas cumplen con los tonelajes requeridos para los stocks de alta y baja ley, y sus resultados en relación a las horas, flota, OPEX y CAPEX

✓ Para trabajos futuros se recomienda incorporar los equipos de carguío como variable a modificar dado que para este caso se mantuvieron fijos. Esto es, incorporar a las variables horas y costos los equipos de carguío, para de esta manera saber si una menor o mayor flota de carguío entrega mejores resultados que los que se tiene actualmente.

✓ Se ve a lo largo de la investigación que se cumplieron los objetivos planteados al inicio de esta y se entregaron a minera Antucoya las recomendaciones para la modificación de los diseños de los botaderos

Según (3) En su investigación sobre “Dimensionamiento de flota de camiones para el aumento de producción a 1 090 000 BCM en la Mina Colquijirca – Tajo Norte para el año 2016”, con el objetivo general de: Determinar técnicamente y económicamente la flota de acarreo para el incremento de la producción a 1 090 000 BCM en la mina Colquijirca Tajo Norte – Consorcio Pasco Stracon GyM.

Los objetivos específicos son:

- ✓ Calcular rendimientos de los equipos de carguío y acarreo.
- ✓ Toma de tiempos en el ciclo de carguío y acarreo.

✓ Calcular costos unitarios.

Producto de su investigación concluye que:

✓ Se logró obtener los siguientes rendimientos promedios en volquetes que son 21,2 BCM/h y 19, 1 BCM/h en desmote y mineral respectivamente, cuyos rendimientos están dentro de los estándares de los equipos. En el caso de los camiones mineros se pudo tener 79.5 BCM/h que también está dentro de los preestablecido.

✓ Se calculó los siguientes tiempos de ciclo promedios los cuales son 26,9 min y 27,3 min a cancha de transferencia y botadero respectivamente. Y para los camiones mineros el tiempo promedio es 22,1 min a botadero ya que es el único destino que tiene.

✓ Se concluye que el cálculo de los costos unitarios son los siguientes 2,4 US\$/BCM y 2,7 US\$/BCM en acarreo de desmote y mineral respectivamente. El costo unitario en los camiones es de 2,3 US\$/BCM.

Según (4) En su investigación sobre: "Cálculo de camiones para el transporte de mineral y desmote en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.", cuyo objetivo general fue: Medir la cantidad idónea de camiones, teniendo en cuenta los tiempos y las distancias, en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

Los objetivos específicos son:

✓ Minimizar los tiempos muertos de las palas y los camiones en el proceso de carguío y transporte.

✓ Calcular el número idóneo de camiones con relación a cada pala dependiendo del ciclo de transporte.

Sus conclusiones son:

- ✓ El número total de camiones para el 2017 fue de dieciocho (18), para desmonte y mineral. Es factible medir las operaciones del ciclo de transporte – carguío y en base a ese cálculo obtener el número adecuado de camiones para la operación.
- ✓ Si el número de camiones fueran menor al que se necesita entonces la excavadora tendría tiempos muertos y el costo por tener la pala sin trabajar
- ✓ La presente tesis sirve como una ayuda para el estudio de factibilidad de la mina sirviendo para el cálculo del número de camiones, en la actualidad existen programas que ayudan a calcular este número, pero se desconoce el modo en el que trabaja internamente.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Carguío y transporte

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

“En las faenas mineras 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 conjunto del sistema de carguío y transporte”. (4 pág. 28)

Los equipos de carguío pueden separarse en:

➤ Unidades discretas de carguío

Palas, cargadores frontales, retroexcavadoras

➤ **Máquinas de flujo continuo**

“Como es el caso de dragas permiten remover la sobrecarga en minas de carbón y luego ir extrayéndolos mantos de carbón de manera selectiva y los excavadores de balde que realizan una operación continua de extracción de material y que se utilizan principalmente en minería de material blando o remoción de sobrecarga no consolidada”.

“En minería a cielo abierto, uno de los equipos de carguío más utilizado es la pala eléctrica o hidráulica ya que son de bajo costo por unidad de producción (costo unitario), pueden manejar grandes volúmenes de material, son flexibles debido a que cada modelo puede combinarse con varios modelos de camiones.

Asimismo, requieren de grandes volúmenes de material volado porque tienen poca movilidad para trabajar en varias frentes al mismo tiempo. Los Cargadores frontales son la alternativa al uso de palas eléctricas o hidráulicas. Una de las mayores ventajas son su movilidad y la posibilidad de manejar grandes volúmenes de material (los cucharones más grandes superan las 40 yd³)”.

“Estos equipos deben maniobrar para descargar en el camión y para acceder a la frente de trabajo, a diferencia de las palas con base fija, que rotan en torno a la misma. Los cargadores permiten mayor flexibilidad en la producción pues pueden desplazarse con relativa facilidad y rapidez de una frente de trabajo a otra, utilizan combustible por lo que el costo unitario es mayor que una pala. Se utilizan en mediana y gran minería, tanto para minerales industriales

como metálico. Con relación a la selección de equipos de transporte en minería a cielo abierto, el más utilizado es el uso de camiones, los cuales pueden desplazarse libremente por cualquier camino. Los camiones mineros están especialmente diseñados para su utilización en minería y pueden acarrear sobre 350 toneladas de material en cada ciclo, lo que genera un bajo costo de operación. Otra consideración importante es bajo costo de capital, versatilidad en el incremento o decremento de la flota, autonomía y mejor match factor con los equipos de carguío". (4 pág. 29)

2.2.2 Características de transporte y carguío

En la actualidad existe una variedad de medios para el acarreo y transporte del mineral y desmonte, de los cuales podemos citar los siguientes por:

- ✓ Trenes
- ✓ Camiones
- ✓ Fajas transportadoras
- ✓ Moto tráiler
- ✓ Tractores
- ✓ Hidráulico o por red de tuberías
- ✓ Izaje inclinado
- ✓ Chimeneas
- ✓ Túneles, entre otros

2.2.3 Medios de transporte

A) Locomotoras

Características principales son:

- Un tren se usa en tajos poco profundos
- Gradiente 0.5 - 1.5%
- Distancia mayor a de 3 km
- Alta producción
- Costo menor por tonelada que los camiones
- Frecuencia mínima de movilidad
- ✓ Costo de mantenimiento de vías es mayor
 - Cargar y transportar de cualquier material
 - Alto costo de inversión
- ✓ Se resume en lo siguiente:
 - Grandes volúmenes de producción
 - Largas distancias
 - Bajo costo
- ✓ La vía férrea cumple especificaciones de ingeniería como:
 - Alto costo de inversión
 - No se aplica para pendientes mayores de 3%
 - Transportar cualquier material

B) Volquetes

Las características principales son:

- Buenas carreteras para minimizar los costos de llantas
- Para pendientes altas
- Limitadas económicamente para distancias de 4 km
- Son móviles y flexibles

C) Fajas transportadoras

Sus características principales son:

- Transporte de alto volumen
- Distancias largas
- Bajo costo
- Difíciles y costosas para moverlas
- Alto costo de inversión
- Transportar en pendientes hasta 40%
- Transporte de material fragmentado a tamaños pequeños para dar una buena vida a la faja

D) Mototrallas (Scraper)

Sus características principales son:

- Carreteras en buen estado para minimizar los costos de neumáticos
- Rápidos
- Económicos para distancias de 1.6 km”
- Gran movilidad
- Para transporte de materiales suaves y fáciles de romper; materiales hasta 24 pulgadas de tamaño”. (4 pág. 32)

E) Tractores

Sus características principales son:

- Económicamente para distancias cortas cerca de 500 pies
- Mayor tracción sobre terrenos duros, suaves, húmedos por orugas
- Combinación para sistemas de carguío y transporte
- Adecuada combinación entre los medios de carguío y transporte en función a sus capacidades, así como: (4 pág. 32)

- Pala – tren
- Pala – camión
- Pala – camión – tren
- Pala – camión – faja transportadora

2.2.4 Ciclos de operación son

A) Ciclo camiones ciclo trenes

- Carguío - carguío
- Transporte - transporte
- Descarga - descarga
- Retorno - retorno
- Aparcamiento – aparcamiento

B) Ciclo de operación de los camiones.

$$T_{\text{ciclo}} = t_c + t_t + t_d + t_r$$

$$T_{\text{ciclo}} = t_f + t_v$$

Donde:

Tc: tiempo de carga

Tt: tiempo de transporte

Td: tiempo de descarga

Tr: tiempo de retorno o regreso

Tf: tiempo fijo: tiempo de carga, descarga, otras demoras

Tv: tiempo variable: tiempo de transporte y retorno. (4 pág. 34)

C) Factores que afectan el performance de los camiones.

“Los factores que afectan en la performance de los camiones son”:

- Propiedades de material a transportar
- Fuerza de jale o tipo

- La tracción
- Resistencia de rodamiento (rr)
- Resistencia a la pendiente (rp)
- Resistencia al viento (aire)
- Condiciones de altura y temperatura
- Aceleración
- Ciclo de operación
- La eficiencia de trabajo (combinado la eficiencia de operación)

D) Estos factores se agrupan en dos:

a) Factores para producción.

- Buena fragmentación
- Propiedades del material
- Condiciones mecánicas, eléctricas del equipo
- Habilidad del operador y su eficiencia.

b) Factores de acarreo.

- Capacidad de la unidad
- Distancia de acarreo
- Condiciones de la carretera (pendiente compensada)
- Factores climatológicos, etc. (4 pág. 35)

2.2.5 Rendimiento y flota de camiones

A) Cálculo de producción horario de camiones

$$\frac{\text{ton}}{\text{hr}} = \frac{\text{N}^\circ \text{ ciclos}}{\text{hora}} * \frac{\text{capacidad}}{\text{ciclo}} * \text{factor de llenado} * \text{eficiencia combinada}$$

B) Camiones requeridos

$$N^{\circ} \text{ Camiones} = \frac{\frac{\text{producción requerida}}{\text{hora}}}{\frac{\text{Producción camión}}{\text{hora}}}$$

C) Flota total

$$\text{Tamaño de flota} = \frac{N^{\circ} \text{ de camiones requerido}}{\text{disponibilidad \%}}$$

D) Número de camiones por Scoop

$$N^{\circ} \text{ de camiones/Scoop} = \frac{60 * \text{ciclo de trabajo por camión}}{\text{ciclo de scoop} * N^{\circ} \text{ pases}}$$

2.2.6 Índices de disponibilidad y utilización de equipos

A) Disponibilidad mecánica (DM)

“Mide el tiempo que el equipo está mecánica y eléctricamente operativo”

“Es el índice que evalúa la eficiencia del mantenimiento, muestra el porcentaje para ser usado”; se calcula mediante:

$$DM = \frac{Hp - (Mp + Rme) * 100}{Hp}$$

$$DM = \frac{\text{Horas disponibles}}{\text{Horas programadas}}$$

Donde:

Hp: horas programadas para operar el equipo

Mp: horas de mantenimiento preventivo

Rme: horas de reparaciones mecánicas y eléctricas. (4 pág. 36)

B) Disponibilidad del equipo (DE)

“Mide el tiempo de trabajo que realiza el equipo. Es el rendimiento de la operatividad, descontando las demoras fijas”. Su fórmula es:

$$DE = \frac{Hp - (Mp + Rme * Do + Od) * 100}{Hp}$$

$$DE = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Horas programadas}}$$

Donde:

Do: “demoras operativas (accidentes, derrumbes, traslado, equipo)”

Od: “otras demoras (falta repuestos, herramientas y charlas de seguridad)”

C) Utilización efectiva del equipo (UE).

“Es el rendimiento neto de la operatividad del equipo. Llamado utilización neta o real del equipo”. Su fórmula es:

$$UE = \frac{Hp - (Mp + Rme * Do + Od + Df) * 100}{Hp}$$

$$UE = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Horas programadas}}$$

Donde:

Df: “demoras fijas (ordenes, marcación tarjeta, vestuarios, refrigerio, etc.)”

2.2.7 Costos

A) Costos de transporte por camiones

“Los costos de transporte por camiones” son:

- “Costo por llantas 40%”
- “Costo de mantenimiento 30%”
- “Costo de lubricantes y combustibles 20%”
- “Labor y operador 10%”

B) Costos de explotación

- Arrastre 40%
- Sostenimiento 25%
- Carga 20%
- Perforación – voladura 15% (4 pág. 38)

2.3. Definición de términos básicos

➤ Acarreo

Es el traslado de materiales, a un almacén o depósito de forma provisional para luego enviado a un destino. El acarreo de material consiste en llevar hasta un transporte el cualquier tipo de materiales con la finalidad de ser entregados o depositados en un lugar determinado.

➤ Carguío

Constituye una de las etapas que forma parte del proceso de explotación, se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento, ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad.

➤ **Costo de extracción**

El costo de extracción, determinante para la industria minera, es el que representa el precio a costo de la materia prima que se procesa en la planta de beneficio. Esta cuenta de naturaleza deudora, se obtiene por la suma de los tres elementos del costo: materiales, mano de obra y gastos indirectos.

➤ **Flota de transporte**

Se denomina flota de transporte a un conjunto de vehículos destinados a transportar mercancías o personas y que dependen económicamente de la misma empresa.

➤ **Load Haul Dump**

Un LHD (Load Haul Dump) es un equipo de carga, transporte y descarga, diseñado especialmente para el manejo de material en minera subterránea ubicado en posición perpendicular al eje longitudinal del equipo.

➤ **Pendiente**

Magnitud que indica la inclinación de la superficie de una carretera con relación a la horizontal. Dicho valor corresponde a la tangente trigonométrica del ángulo que forman el plano de la carretera y el plano horizontal.

➤ **Scraper**

Se conoce como scraper aquellas páginas web que se componen de contenidos que obtienen de copiar literalmente, el contenido que otros publican; un proceso automático que se hace obtenido contenido de los

feed RSS o copiando el código HTML de las entradas de otras webs y que se utilizan para hacer relevante un sitio.

➤ **Transporte**

Es la operación por la que se traslada el mineral arrancado hasta el exterior de la mina. El transporte dentro de una mina puede ser continuo, discontinuo o una mezcla de ambos. El transporte continuo utiliza medios de transporte que están continuamente en funcionamiento.

➤ **Transporte minero**

La concesión de transporte minero da lugar al transporte masivo y continuo de productos de minería entre uno o más centros mineros y un puerto, una planta de beneficio o una refinería, o en uno o más tramos de estos trayectos. Es una concesión de plazo indefinido.

➤ **Vida útil de camiones mineros**

El profesor Manuel Reyes-Jara, ingeniero civil matemático, PhD(c) en Ingeniería de Minas de la Universidad de Chile, comenta que para tener un primer acercamiento a la importancia de estos equipos es necesario saber que “un camión grande en minería cuesta actualmente en torno a US\$ 4 millones, demora al menos dos años

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Métodos y alcances de la investigación

3.1.1 Método general

El método general que se empleará en la investigación será el científico, cuya finalidad es interpretar hechos reales para buscar las alternativas de la solución a los problemas identificados en la unidad minera, aplicando los conocimientos de las investigaciones básicas.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo al lineamiento es aplicado, ya que su finalidad es resolver problemas que se presentan en la unidad minera.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, el propósito consiste en explicar los resultados las causas de la demora en el carguío y

transporte de mineral el cual repercute en la producción de unidad minera.

3.2 Diseño de investigación

El trabajo de investigación es cuasi experimental y de corte longitudinal, debido que la variable independiente será manipulada para establecer el movimiento óptimo tanto en carguío como en el transporte los cuales influyen para el cumplimiento de las metas planteadas en la producción.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por los equipos de carguío y transporte destinados al traslado del mineral, siendo los siguientes:

Un scoop de 6 yd

15 camiones (13 operativos; 2 en stand by)

3.3.2 Muestra

La muestra censal está conformada por los equipos de carguío y transporte destinados al traslado del mineral, siendo los siguientes:

Un Scoop de 6 yd

15 camiones (13 operativos; 2 en stand by)

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

- Observación directa
- Entrevista
- Encuesta
- Revisión bibliográfica

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de observación experimental
- Ficha entrevista personalizada
- Ficha de encuesta sistematizada
- Revisión libros, normas y reglamentos

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Generalidades de la unidad minera

4.1.1 Ubicación y accesibilidad

➤ Ubicación

La mina San Cristóbal, políticamente está ubicada en el distrito de Yauli, provincia del mismo nombre, del departamento de Junín Geográficamente se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú; a 110 Km. en línea recta, de la ciudad de Lima (ver imagen 6).

➤ Limites

- Lado norte, con la unidad de producción Carahuacra
- Lado sureste, con la Unidad de Producción de Andaychagua
- Lado este, con la Comunidad Campesina de Huayhuay
- Lado sur, con la laguna de Páncar
- Lado oeste, con la laguna de Pomacocha

➤ **Sus coordenadas geográficas son:**

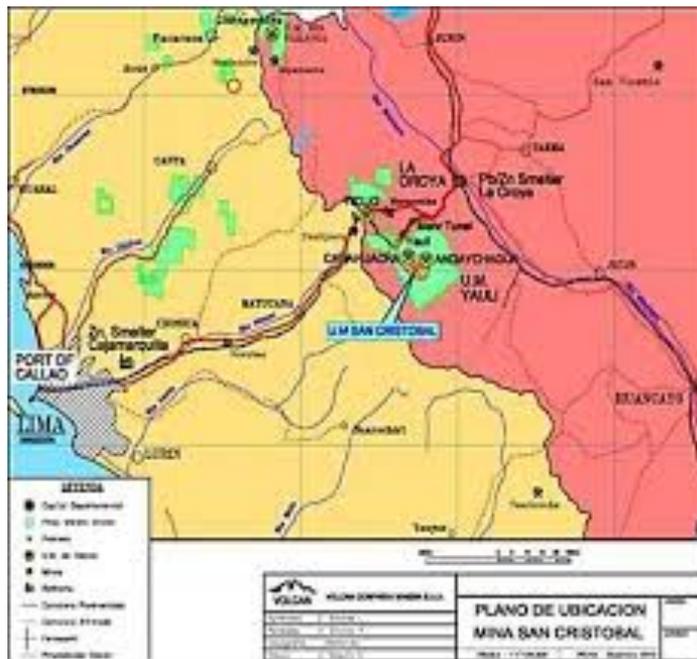
76° 05' 00" de longitud Oeste 11° 43' 00" de latitud Sur.

Coordenadas UTM: Zona: 18 L Norte: 8 780 225,37 m

Este: 344 384, 38 m

Elevación: 4700 msnm

Imagen: N° Ubicación proyecto Unidad San Cristóbal



➤ **Acceso**

La altitud promedio del distrito es de 4,700 m. sobre el nivel del mar. La unidad minera San Cristóbal es accesible, por medio de la carretera central, cerca de la localidad de Pachachaca, sale el ramal de 20 kilómetros que conduce a San Cristóbal; cabe resaltar que el ferrocarril central cuenta con una estación en Yauli.

A) Geología local

El domo de Yauli consiste en una “ventana estructural” situada en los Andes centrales donde existen importantes operaciones polimetálicas

como las de Volcán. Los distritos mineros de Morococha y San Cristóbal, ubicados en Yauli y considerados de clase mundial, presentan mineralogías relacionadas a sistemas epitermales polimetálicos, cuerpos de reemplazamiento y sistemas de vetas polimetálicas, así como mineralización relacionada a pórfidos y skarns, lo cual indica el gran potencial del área.

B) Geología regional

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte Sur-Oeste de una amplia estructura regional de naturaleza domática que abarca íntegramente los distritos de San Cristóbal y Morococha, conocida como el Complejo Domal de Yauli (Imagen N° 3), que representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intra - cordillerana de formaciones Mesozoicas.

El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excélsior y el superior por el grupo Mitú; el Excélsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte oeste del domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el Este; el Mitú aflora en la mayor parte del domo. El margen está constituido por las formaciones mesozoicas: grupo Pucará, grupo Goyllarisquizga, grupo Machay y formación Jumasha. Cuerpos intrusivos y capas extrusivas testifican la actividad ígnea en la zona.

C) Geología económica

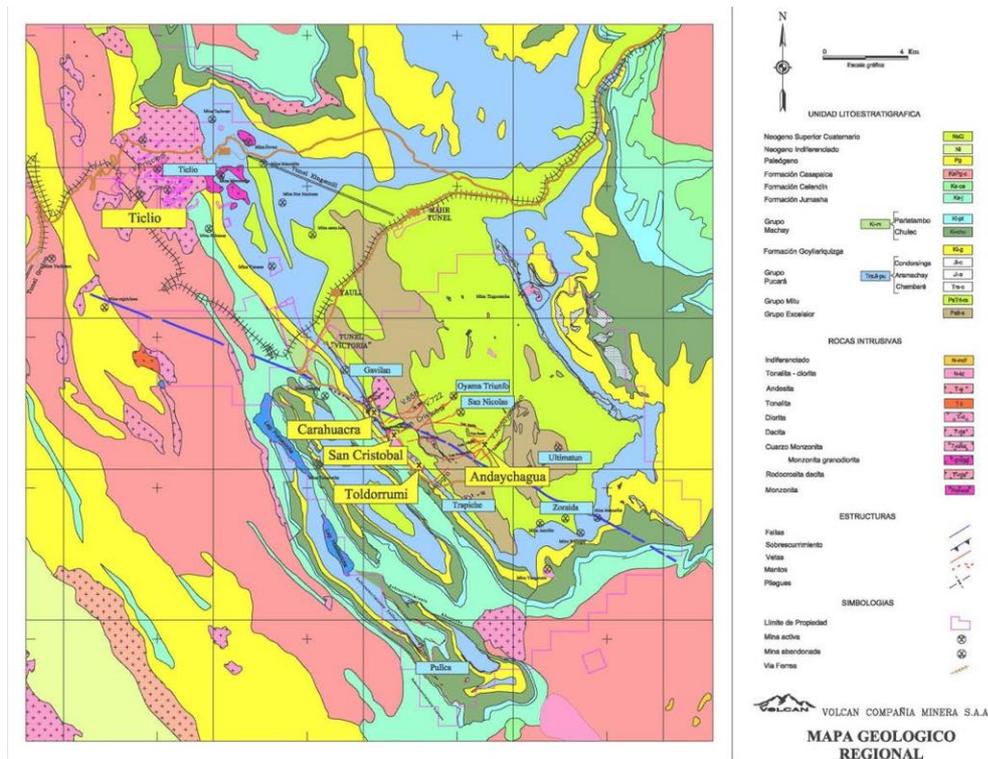
La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente en las rocas calizas y filitas. Después de la última etapa del

plegamiento "quechua" y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización.

Soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos.

Los minerales económicos que se explotan en la Mina San Cristóbal son: Galena, Esfalerita, Tetraédrica y calcopirita en menor cantidad y como ganga están representados el Cuarzo, piritita, Calcita y filita.

Ilustración 1 Plano geológico regional



D) Estratigrafía

En el área de San Cristóbal, la estratigrafía se extiende desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior.

a) Grupo Excélsior (Silúrico – Devónico)

Las rocas más antiguas que afloran en el área son las del grupo Excélsior y forman el núcleo del Anticlinal Chumpe. La potencia de este grupo es desconocida, sin embargo, J.V. Harrison (1943) determinó la potencia de 1800 m para la secuencia equivalente en los alrededores de Tarma. Este grupo está formado predominantemente por filitas (lutitas metamorfoseadas) con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles (crinoideos); todo el conjunto está intensamente plegado, con la formación de una esquistosidad sub paralela a los planos axiales de los pliegues.

Mineralización en este grupo es reconocida, principalmente en filones, además de la descrita por H.W. Kobe, que reconoce dos tipos; una tipa manto en la mina Ultimátum de Fe, Zn, Pb, Ag; y la otra estrictamente estrato-ligada ubicada en el anticlinal Ultimátum, de Ni, Co, As (Sb), Fe, S.

b) Grupo Mitú (Pérmico)

Discordantemente sobre las rocas del grupo Excélsior yacen una serie de volcánicos, constituidos por derrames andesíticos, y dacíticos, brechas, aglomerados y tufos, formando una serie variada que localmente es conocida como volcánicos Catalina; hacia el techo de esta serie volcánica, particularmente hacia el NE aparece una serie Vulcano sedimentaria con conglomerados y areniscas.

La mineralización en este grupo es ampliamente reconocida a lo largo de todo el Domo de Yauli, siendo principalmente en la forma de filones y diseminada.

Debido a su naturaleza irregular la potencia total del grupo Mitu es muy variable, al oeste de la mina San Cristóbal la potencia de los volcánicos Catalina es aproximadamente 800 metros. La edad del grupo Mitu fue considerado como del Carbonífero superior (Mc Laughlin 1940) y posteriormente asignada al Pérmico.

c) Grupo Pucara (Triásico Superior - Liásico)

Un conjunto de facies calcáreas denominado Grupo Pucará reposa en marcada discordancia sobre el grupo Mitú; este conjunto está dividido en tres formaciones: Chambará, Aramachay, y Condorsinga (en el área sólo existiría la parte superior del Aramachay, y Condorsinga); estando íntimamente relacionado a la mineralización económica del área. A continuación, se realiza una caracterización estratigráfica de ese grupo que fue descrita por varios geólogos

➤ Formación Chambará (Triásico superior)

En la base figura una serie terrígena seguida por otra calcárea constituida por calizas, calizas dolomíticas, dolomitas, separadas por capas calcáreo arcillosas y tufos de algunos centímetros; las rocas calcáreas tienen un color gris claro variando a negro, que parece ligado a un porcentaje creciente de materia orgánica. Brechas intra formaciones monogénicas están presentes, aunque raras veces.

➤ **Formación Aramachay (Liásico: hetangiano - Sinemuriano)**

Está representada por pizarras limosas que predominan, seguidas de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas; las calizas se presentan en bancos de 20 a 50 centímetros, frecuentemente lenticulares, o en nódulos discoídalos de hasta un metro de diámetro; se nota también capas vulcano- detríticas. El conjunto tiene un tinte negro y una pátina bruno-lilácea muy característica.

➤ **Formación Condorsinga (Liásico Toarciano)**

Es casi exclusivamente calcárea, las calizas que la componen en su mayor parte son oolíticas o bioclásticas, ellas contienen chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro, de grano fino a medio, son comunes. Las calizas varían de color gris claro a gris oscuro, son de grano fino, hay zonas donde están fuertemente brechadas.

La mineralización en este grupo es ampliamente conocida en la región central del Perú; en la zona, mantos que se emplazan al techo de la Aramachay y base de la Condorsinga tienen potencias variables desde unos cuantos centímetros hasta varios metros; la mineralogía está constituida principalmente por esfalerita, hematita, minerales de plata, carbonatos como siderita, rodocrosita etc.

d) Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior)

Sobre el grupo Pucará yace en discordancia paralela el grupo Goyllarisquizga, el cual se depositó en dos fases sucesivas. La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito climático semiárido mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas. Durante la segunda fase hay un cambio brusco respecto a la primera, depositándose areniscas medianas hasta muy gruesas y niveles conglomeráticos con troncos de árboles actualmente silicificados, en un ambiente húmedo e importante actividad ígnea evidenciada por Sills de basalto. En San Cristóbal, su potencia alcanza 100 metros. El grupo Goyllarisquizga ha sido atribuido al Cretácico inferior- Valanginiano - Aptiano.

e) Grupo Machay (Cretácico Medio)

➤ Formación Chúlec

Originalmente descrita por Mc Laughlin (1924) como el miembro inferior del grupo Machay, fue elevada al nivel de formación por Benavides (1956). Esta formación totalmente carbonatada, litológicamente está conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada.

Toda la serie en su conjunto está intensamente bioturbada.

En potencia varía desde 250 m justo al SO de Morococha a 350 m en Carahuacra. La base de la formación Chúlec está considerada como la base del primer horizonte calcáreo arriba de las areniscas cuarzosas del grupo Goyllarisquizga y data del Albiano medio.

➤ **Formación Pariatambo**

Definida por Mc Laughlin (1924) como el miembro superior del grupo Machay, ahora se considera una formación separada. Esta formación fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margo-caliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy pronunciado. Los niveles claros son mudstones con "packstones" calcáreo-dolomíticos algunas veces ligeramente siltosos. Los bancos oscuros son margas calcáreo-dolomíticas muy bituminosos. Toda esta formación depositada en una plataforma relativamente profunda y aislada contiene numerosos amontéis poco fragmentados y restos de peces. El tope, está marcado por la aparición de sílex que se halla a veces en tal cantidad que llega a formar bancos decimétricos con dolomitas intercaladas. Las variaciones de espesor son pequeñas, entre 50 y 75 m; encontrándose los extremos en Morococha con 15 m y en San Cristóbal con 130 m, además en este último también se presenta una decena de metros de areniscas finas intercaladas en la

parte media de la formación. La fauna de esta formación es Albiana superior e incluye *Inoceramus* y *Exogyra* (Wilson, 1963).

➤ **Formación Jumasha**

Concordantemente sobre la formación Pariatambo se encuentra la formación Jumasha. Litológicamente, es la más homogénea de las formaciones cretácicas expuestas en el Domo de Yauli. Consiste casi enteramente de una serie carbonatada dolomítica, masiva y poco fosilífera con escasos lentes de areniscas y sílex, depositada en una plataforma ligeramente confinada y de poca profundidad.

Los amonites encontrados pertenecen al Albiano superior Turoniano.

f) Intrusivos

En el área de San Cristóbal, ocurren dos tipos de intrusivos: ácidos y básicos.

➤ **Intrusivos ácidos**

Las rocas intrusivas ácidas están representadas en el área por stocks de monzonita cuarcífera, diorita cuarcífera y diques de alaskita ubicados a lo largo o cerca de la zona axial del anticlinal de Chumpe.

Los stocks más importantes en el área son: el intrusivo Carahuacra y el intrusivo Chumpe; el primero es un stock de 1.5 kilómetros de largo por 1,0 kilómetro de ancho, que aflora en la parte NO del área de San Cristóbal, en contacto con las filitas del grupo Excelsior y los volcánicos Catalina; el intrusivo

Chumpe forma el pico más alto en el área de San Cristóbal y se emplaza a lo largo de la zona axial del anticlinal que lleva su nombre.

Una serie de diques irregulares, paralelos, con buzamientos verticales, conocidos localmente como diques de alaskita, se encuentran instruyendo filitas del grupo Excélsior a lo largo de la zona axial del anticlinal de Chumpe; estos diques están asociados en profundidad con el intrusivo de Chumpe; petrográficamente los diques son granitos porfiríticos.

➤ **Intrusivo básicos**

Intrusivos de carácter básico han sido encontrados en la región de Andaychagua, así como cerca del intrusivo Carahuacra; los del área de Carahuacra son diques de diabasa, que se ubican casi perpendicularmente al eje del anticlinal; en Andaychagua, en los volcánicos Catalina, ocurre una intrusión de gabro tipo "pipe" de forma elipsoidal, su tamaño es de 70 x 250 metros.

Además, se debe mencionar los cuellos y diques de basalto que atraviesan las formaciones, posiblemente se trata de extrusiones/intrusiones de edad variable, que podría ser la fuente de los Sills en Pucará, Goyllar y Machay.

g) Estructuras geológicas

➤ **Plegamiento**

La estructura regional dominante es el Domo de Yauli, que se extiende longitudinalmente en aproximadamente 35 kilómetros,

desde San Cristóbal hasta Morococha, y transversalmente 10 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N 40° O; es asimétrico, su flanco este buza entre 30° y 40° mientras su flanco oeste buza entre 60° y 80°; está conformado por varios anticlinales y sinclinales, de los cuales los anticlinales más importantes son el de Chumpe y el de Yauli (Ultimátum); sus ejes tienen un rumbo que varía entre N 35° y 40° O. El anticlinal Chumpe está en el extremo oeste, su flanco occidental tiene un buzamiento de 55° al SO, mientras que el oriental buza 30° al NE; el núcleo de este anticlinal está formado por rocas del grupo Excélsior; el flanco occidental está compuesto por calizas Pucará y areniscas Goyllarisquizga; en el flanco oriental se extienden las rocas del grupo Mitú por varios kilómetros y sobre éstas las del grupo Pucará. Es considerado como el extremo suroeste del Domo de Yauli, donde la mayor acción del plegamiento ha tenido lugar. Dos periodos principales de tectónica son reconocidos en la región; el primero del Pérmico inferior, denominado Tectónica Tardihercinica, que dio lugar a un intenso plegamiento de las filitas Excélsior; el segundo periodo denominado Tectónica Andina, que plegó principalmente las rocas mesozoicas, comenzó a fines del Cretácico y continuó durante el principio y mediados del Terciario, reconociéndose tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los Andes; el "Peruano" a fines del Cretácico, y antes de la deposición de las capas rojas; el "Incaico" a

principios del Terciario, fue el más intenso y a él siguió un período de actividad ígnea; y finalmente el "Quechua" a mediados del Terciario.

➤ **Fracturamiento**

El fracturamiento en el área de San Cristóbal, parece ser el resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas que dieron lugar a la formación del Domo de Yauli. Probablemente a fines del Cretácico, plegamiento "Peruano" fuerzas de compresión de dirección NE – SO comenzaron a formar el anticlinal Chumpe, a medida que las fuerzas de compresión aumentaban de intensidad durante el plegamiento "Incaico", los estratos inferiores de caliza resbalaron sobre los volcánicos subyacentes, dando lugar a la formación de repetidas fallas inversas acompañadas de pliegues de arrastre (Los sobre escurrimientos y fallas inversas encontrados al oeste de San Cristóbal, en las calizas del grupo Pucará, pueden pertenecer a este sistema, Szekely 1967). Fuerzas tensionales al cesar momentáneamente las compresivas dieron lugar a la formación de fracturas longitudinales paralelas al eje del anticlinal Chumpe, las cuales fueron posteriormente rellenadas por los diques de alaskita que ocurren en el núcleo de dicho anticlinal. Al seguir actuando las fuerzas de compresión dio lugar a la formación de fracturas de cizalla de rumbo E - O; la veta principal San Cristóbal y la veta Virginia al pasar a las filitas, veta Prosperidad. Durante el Plegamiento "quechua", el anticlinal Chumpe

continúo siendo afectado por fuerzas de compresión, además de la intrusión de los stocks de monzonita cuarcífera, produjeron un levantamiento y arqueamiento del anticlinal, lo cual produjo fracturas de tensión; Virginia, Ferramina, San Cristóbal, Catalina, Polonia, en la zona de los volcánicos.

h) Ocurrencia de la mineralización

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales.

Después de la última etapa del plegamiento "Quechua" y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos; sin embargo es necesario aclarar que en los últimos años se trata de explicar el origen de los mantos como exhalativo sedimentario (mineralización Jurásica), que se emplazaría en forma conjunta a la deposición de las calizas, mediante el aporte de mineral a partir de grifones; y el de los cuerpos como un sistema mixto entre ambos (mineralización Jurásica-Terciaria).

4.2. Producción mina

La mina Ticlio de la Compañía Minera Volcán Cía. Minera, tiene un programa para mayo de 29.420 TMS como extracción (949 tpd) y como tratamiento 26,845 TMS, la cual se realiza por campañas en la Planta Victoria conjuntamente con las minas Carahuacra y San Cristóbal.

La distribución de la producción se da en las 2 zonas principales de la mina: zona Este y zona Oeste.

En la mina se aplican los siguientes métodos de explotación:

- SLS, Bench & Fill Avoca
- Over Cut and Fill, con la variante Breasting.
- Avance en mineral

El programa de avances horizontales y rampas para mayo es de 577 m, con un avance diario de 19 m y están distribuidos en 2 etapas:

- Desarrollo 266 m.
- Preparación 310 m.

El cual será ejecutado por la empresa JRC.

Tabla N° 1 Extracción de mina

Extracción Mina

MINA	PLAN	% Zn	% Pb	% Cu	Oz Ag	VPT	%PRD
UP_TICLIO	29,420	5.35	0.90	0.33	2.23	162	100%

Extracción Mina por Zona

ZONA	PLAN	% Zn	% Pb	% Cu	Oz Ag	VPT	%PRD
Oeste	16,920	7.52	1.42	0.25	2.30	204	58%
Este	12,500	2.40	0.21	0.44	2.13	107	42%
Mayo	29,420	5.35	0.90	0.33	2.23	162	100%

Extracción Mina por Estructura

ZONA	PLAN	% Zn	% Pb	% Cu	Oz Ag	VPT	%PRD
Vt. Ramal techo	22,130	6.58	1.16	0.30	2.31	187	75%
VT. Kelly	2,800	1.93	0.10	0.28	1.12	70	10%
VT. Kelly_1	1,290	0.34	0.05	0.15	3.99	86	4%
Vt. 839	3,200	1.84	0.22	0.64	1.92	104	11%
Mayo	29,420	5.35	0.90	0.33	2.23	162	100%

Extracción Mina por Método

ZONA	PLAN	% Zn	% Pb	% Cu	Oz Ag	VPT	%PRD
SLS	9,610	8.42	1.70	0.24	2.44	225	33%
Subnivel	14,010	3.91	0.48	0.33	2.21	132	48%
OCF_Breasting	5,800	3.71	0.63	0.46	1.91	132	20%
Mayo	29,420	5.35	0.90	0.33	2.23	162.48	100%

Avance por Fase

FASE	AVANCE
DESARROLLO	266
PREPARACION	310
EXPLOTACION	0
EXPLORACION	0
TOTAL_AV	577
OCF_Breasting	177
TOTAL AV + OCF	753
DESARROLLO_VERT	48
TOTAL	801

Avance por Zona

ZONA	AVANCE
OESTE	324
Avance	272
OCF	52
ESTE	430
Avance	305
OCF	125
TOTAL	753

Extracción Mina por Estructura

ESTRUC.	AVANCE
V.KELLY	57
VT	
RAMAL	603
TECHO	
V. 839	24
V.KELLY	
_1	16
V.839	55
TOTAL	753



Tabla N° 2 PROGRAMA DE PRODUCCION PRESUPUESTO 2021 - POR METODO DE EXPLOTACION

Método De Minado	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total general
OCF													
TMS	18,221	22,954	15,013	8,312	19,293	15,584	19,870	18,341	13,598	17,176	21,055	10,315	199,731
Zn %	5.52	5.15	6.98	6.63	5.35	5.57	5.63	5.43	6.08	5.93	6.03	6.10	5.78
Pb %	1.25	1.24	1.97	1.36	1.38	1.17	1.60	1.33	1.60	1.10	1.41	1.38	1.39
Cu %	0.16	0.11	0.13	0.12	0.14	0.13	0.10	0.11	0.20	0.07	0.27	0.22	0.14
Ag oz/t	2.70	1.20	1.69	1.90	1.41	1.14	1.77	1.70	1.19	1.92	1.56	2.66	1.70
VPT \$/t	113	93	129	120	100	98	107	102	112	106	116	123	108
SLS													
TMS	1,297	0	7,649	9,619	4,012	8,578	2,154	5,697	2,231	7,431	1,694	4,816	55,179
Zn %	3.56	0.00	4.21	3.17	2.83	3.75	3.35	4.51	5.28	3.65	1.67	3.84	3.69
Pb %	0.80	0.00	0.72	0.42	0.27	0.40	0.34	0.58	0.53	0.51	0.27	0.57	0.49
Cu %	0.32	0.00	1.37	1.16	1.95	2.34	1.82	1.68	1.06	1.19	1.62	1.57	1.54
Ag oz/t	1.08	0.00	2.42	4.01	5.46	6.24	5.71	5.55	3.91	3.69	5.25	4.07	4.39
VPT \$/t	76	0	138	126	165	201	169	179	150	132	134	154	152
SN													
TMS	6,482	4,080	2,423	8,427	3,540	937	2,995	1,044	9,182	1,144	1,002	9,619	50,875
Zn %	2.73	2.32	5.17	3.97	2.04	4.34	5.19	3.27	3.68	0.92	3.36	3.16	3.38
Pb %	0.29	0.51	1.04	0.44	0.33	0.71	0.77	1.07	0.43	0.13	0.42	0.30	0.45
Cu %	1.10	0.82	0.72	1.61	0.70	0.16	0.14	0.18	1.82	0.89	1.57	1.51	1.24
Ag oz/t	3.88	2.09	3.30	5.66	1.46	0.51	0.28	0.98	5.82	1.77	5.82	5.03	4.06

VPT \$/t	116	86	134	169	71	74	83	68	175	65	161	148	133
Total TMS	26,000	27,034	25,085	26,359	26,845	25,100	25,020	25,082	25,011	25,750	23,750	24,750	305,785
Total Zn %	4.73	4.72	5.96	4.52	4.53	4.90	5.38	5.13	5.13	5.05	5.61	4.52	5.00
Total Pb %	0.99	1.13	1.50	0.73	1.08	0.89	1.40	1.15	1.08	0.88	1.29	0.80	1.07
Total Cu %	0.41	0.21	0.57	0.98	0.48	0.89	0.26	0.47	0.87	0.43	0.43	0.99	0.58
Total Ag oz/t	2.92	1.34	2.07	3.87	2.03	2.86	1.93	2.55	3.14	2.43	2.01	3.86	2.58
Total VPT \$/t	112	92	132	138	106	132	110	118	139	112	119	139	120



Tabla N° 3 PROGRAMA DE PRODUCCION PRESUPUESTO 2021 - POR ESTRUCTURA

Estructura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total general
V. Ramal Techo													
													274,84
TMS	24,703	25,612	16,608	24,875	23,775	23,461	20,387	22,488	22,241	25,348	22,330	23,012	0
Zn %	4.79	4.67	6.65	4.54	4.00	5.04	4.96	4.96	5.11	4.98	5.35	4.28	4.90
Pb %	1.00	1.14	1.90	0.76	1.09	0.92	1.10	1.04	1.07	0.87	1.07	0.66	1.03
Cu %	0.42	0.21	0.37	0.99	0.49	0.88	0.26	0.50	0.93	0.43	0.43	1.04	0.58
Ag oz/t	3.04	1.34	1.95	4.01	2.08	2.93	2.02	2.76	3.39	2.46	2.03	4.07	2.69
VPT \$/t	114	91	136	140	100	135	102	118	143	111	114	138	120
V. Escondida													
TMS		249	833			842	2,885	1,151	1,156	242		1,081	8,438
Zn %		2.83	4.23			4.49	5.30	5.95	6.22	6.79		6.79	5.49
Pb %		0.56	0.81			0.75	0.79	0.77	0.87	1.09		1.09	0.84
Cu %		0.18	0.22			0.17	0.12	0.10	0.13	0.21		0.21	0.15
Ag oz/t		0.15	0.19			0.33	0.23	0.25	0.29	0.36		0.36	0.26
VPT \$/t		51	74			76	83	91	97	111		111	88
V. Julisa													
TMS	1,297		3,792	1,484			111						6,683
Zn %	3.56		3.71	4.08			2.32						3.74
Pb %	0.80		0.52	0.29			0.30						0.52
Cu %	0.12		1.43	0.68			0.74						1.00
Ag oz/t	0.69		2.54	1.62			1.51						1.96
VPT \$/t	65		133	98			76						111

V. Techo						
TMS		1,638	1,443	1,420	657	5,158
Zn %		11.00	7.10	9.71	9.25	9.33
Pb %		6.21	3.08	4.82	5.56	4.87
Cu %		0.44	0.21	0.30	0.30	0.32
Ag oz/t		3.79	1.22	1.81	2.41	2.35
VPT \$/t		249	139	197	203	198
V. Reemplazamiento						
TMS	1,173		1,445			2,618
Zn %	6.20		6.60			6.42
Pb %	1.23		1.15			1.19
Cu %	0.14		0.12			0.13
Ag oz/t	1.56		1.53			1.54
VPT \$/t	111		115			113
C. Ariana						
TMS	1,060	1,267		160		2,487
Zn %	13.71	13.01		13.51		13.35
Pb %	0.94	1.07		1.07		1.01
Cu %	0.23	0.22		0.22		0.22
Ag oz/t	1.16	1.25		1.26		1.22
VPT \$/t	208	200		207		204
V. Kelly 1						
TMS	1,200	358	797			2,355
Zn %	1.21	0.96	0.96			1.09
Pb %	0.08	0.07	0.07			0.07
Cu %	1.75	1.78	1.78			1.76
Ag oz/t	3.50	3.59	3.59			3.54

VPT \$/t				117		116		116					117	
V. Principal														
TMS				1,592									1,592	
Zn %				3.41									3.41	
Pb %				1.47									1.47	
Cu %				0.06									0.06	
Ag oz/t				2.76									2.76	
VPT \$/t				83									83	
V. Kelly														
TMS													1,075	
Zn %													4.46	
Pb %													0.66	
Cu %													0.84	
Ag oz/t													1.80	
VPT \$/t													114	
C. Marisol														
TMS													539	
Zn %													4.94	
Pb %													2.67	
Cu %													0.08	
Ag oz/t													1.48	
VPT \$/t													104	
Total TMS	26,000	27,034	25,085	26358.5	7	26,845	25,100	25,020	25,082	25,011	25,750	23,750	24,750	305,785
Total Zn %	4.73	4.72	5.96	4.52		4.53	4.90	5.38	5.13	5.13	5.05	5.61	4.52	5.00
Total Pb %	0.99	1.13	1.50	0.73		1.08	0.89	1.40	1.15	1.08	0.88	1.29	0.80	1.07
Total Cu %	0.41	0.21	0.57	0.98		0.48	0.89	0.26	0.47	0.87	0.43	0.43	0.99	0.58
Total Ag oz/t	2.92	1.34	2.07	3.87		2.03	2.86	1.93	2.55	3.14	2.43	2.01	3.86	2.58

Total VPT \$/t	111.75	91.89	132.12	138.00	105.77	132.47	109.59	117.78	138.77	111.75	119.23	139.03	120.42
----------------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Tabla N° 4 PROGRAMA DE AVANCE DEL PRESUPUESTO 2021 - POR FASE

FASE	Ener	febr	Marz	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Set	Oct	Nov	Dic	2021
DESARROLLO m	174	207	211	143	139	140	112	171	134	168	200	153	1,951
EXPLOTACION m	136	68	20	0	0	20	169	0	225	26	25	227	915
PREPARACION m	14	52	229	304	148	85	18	59	50	128	198	20	1,304
EXPLORACIÓN m	20	20	20	20	14	20	8	0	0	0	0	0	122
AVANCE HORIZONTAL	344	346	480	467	301	265	306	230	408	322	423	399	4,291
DESARROLLO_VERTICA L	82	77	3	14	62	33	13		23	21	13	10	350
Chimeneas	7	33	3	14	14	33	13	0	23	21	13	10	183
Rease Boring	75	44	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	167
METROS TOTAL 2021	426	424	482	481	362	298	319	230	431	343	436	409	4,641



Tabla N° 5 PROGRAMA MAYO 2021

PROGRAMAS	Bget	PLAN	DIF (PLAN - Bget)
Extracción			
TMS	26,845	29,420	2,575
% ZND	4.53	5.35	0.82
% PBD	1.08	0.90	-0.18
% CUD	0.48	0.33	-0.16
OZ AGD	2.03	2.21	0.18
Tratamiento			
TMS	26,845	26,845	0
% ZND	4.53	5.35	0.82
% PBD	1.08	0.90	-0.18
% CUD	0.48	0.33	-0.16
OZ AGD	2.03	2.21	0.18
VPT	106	167	61.42
Concentrado			
Conc. Zinc	2,142	2,627	485
Conc. Plomo	476	386	-90
Conc. Cobre	352	212	-140
Recuperación			
Zinc (%)	92.5%	94.2%	1.7%
Plomo (%)	82.0%	83.0%	1.0%
Cobre (%)	73.0%	64.7%	-8.3%
Plata (%)	86.8%	88.5%	1.7%
Finos			
Zinc (TM)	1,125	1,352	227
Plomo (TM)	238	202	-36
Cobre (TM)	95	57	-38
Plata (Oz)	47,382	52,505	5,123
Precios			
Zn (US\$ / Tms)	2,050.0	2,050.0	0
Pb (US\$ / Tms)	1,800.0	1,800.0	0

Cu (US\$ / Tms)	6,000.0	6,000.0	0
Ag (US\$ / Oz)	17.0	17.0	0
Valorización (\$)			
Zinc (\$)	2,305,521	2,771,265	465,744
Plomo (\$)	428,103	362,862	-65,241
Cobre (\$)	570,062	341,937	-228,124
Plata (\$)	805,486	892,579	87,092
\$	4,109,172	4,368,644	259,471
Avance			
Explotación (m)	0	0	0
Desarrollo (m)	139	266	127
Preparación (m)	148	310	162
Exploración (m)	13	0	-13
	300	577	277
Desarrollo V (m)	62	48	-14
	361	624	263

4.3. Plan operativo de la unidad minera

4.3.1 Plan de minado

La mina Ticlio de la compañía minera Volcán Cía. minera, tiene un programa para los diferentes meses; para el análisis de la presente investigación se toma en cuenta la producción de mensual de los meses:

Tabla N° 6 Producción mineral mensual – diaria

Mes	Producción mensual (t)	Producción diaria (t/d)
Enero	28600.00	953.33
Febrero	29737.40	991.25
Marzo	27593.50	919.78
Abril	28994.90	966.50
Mayo	29529.50	984.32
Total	144455.30	4815.18
Promedio	28891.06	963.04
Días trabajados	30	

Tabla N° 7 Producción desmonte mensual – diaria

Mes	Producción mensual (m ³)	Producción diaria (m ³ /d)
Enero	11792.45	393.08
Febrero	11875.55	395.85
Marzo	11287.89	376.26
Abril	11578.63	385.95
Mayo	11888.59	396.29
Total	58423.11	1947.44
Promedio	11684.62	389.49
Toneladas	30964.25	1032.14 (t)
Días trabajados	30	

*Densidad desmonte 2.65 t/m³

Tabla N° 8 Cuadro Rutas internas – MSCR x nivel

RUTAS INTERNAS - MSCR x Nivel

NIVEL	Nivel Destino	Dist. (KM)	Dist. (KM) Topo.	DIF. (m)
1220	920	4.70	3.75	-950
	1170	3.15	1.10	-2,046
	1220	1.99	1.40	-588
	1270	4.43	3.24	-1,192
Total 1220		14.27	9.50	-4,775
1270	920	3.98	3.60	-381
	1020	6.66	5.80	-860
	1070	4.70	4.40	-300
	1170	18.98	18.17	-815
	1220	28.62	17.53	-9,690
	1270	20.91	12.03	-8,885
Total 1270		83.85	61.52	-20,931
1320	1120	3.20	2.38	-825
	1170	5.05	4.64	-409
	1270	3.00	2.03	-367
Total 1320		11.25	9.05	-1,601
Total general		109.37	80.06	-27,307

PUNTOS DE CARGUÍO (MODIFICADOS)

Punto Antiguo	=	Pto misma posición
PC_52	=	PC_83
PC_69	=	PC_84
PC_22	=	PC_81
PC_53	=	PC_86
PC_52	=	PC_83
PC_67	=	PC_87

Tabla N° 9 Cuadro Rutas hacia superficie – MSCR

RUTAS hacia SUPERFICIE - MSCR

N°	PC_ORIGEN	Nivel Origen	PC_DESTINO	Dist. (KM) Topo.
114	PC_67	1320	BM. RP-995	6.79
115	PC_67	1320	EM_780	5.13
116	PC_67	1320	EM_960	5.07
117	PC_68	1320	BM. RP-995	6.75
118	PC_68	1320	EM_780	5.09
119	PC_68	1320	EM_960	5.03
120	PC_69	1320	BM. RP-995	7.14
121	PC_69	1320	EM_780	5.47
122	PC_69	1320	EM_960	5.41
123	BM. RP-995	SUP.	CN_CANCHA-600	0.26
124	CANCHA 600 (PLAT.1)	SUP.	CANCHA 700 (PLAT.2)	0.80
125	BM. RP-995	SUP.	BD_HUARIPAMPA	2.49
126	BM. RP-995	SUP.	BD_ANTERIOR(Ruta 4)	0.45
127	BD_HUARIPAMPA	SUP.	PLANTA VICTORIA	12.71
128	TAJO CARAHUACRA NORTE	SUP.	CN_CANCHA-600	2.42
129	TAJO CARAHUACRA NORTE	SUP.	CANCHA 700	1.87
130	CN_CANCHA-600	SUP.	PLANTA VICTORIA	12.97
131	CANCHA 700	SUP.	CANCHA 700	0.17
132	CANCHA 700	SUP.	PLANTA VICTORIA	13.65
133	PLANTA SOLITARIA	SUP.	TAJO CARAHUACRA NORTE	2.39
134	PLANTA BETONMAC	SUP.	TAJO CARAHUACRA NORTE	3.08
135	TAJO CARAHUACRA NORTE	SUP.	PLANTA VICTORIA	12.04
136	VELO DE NOVIA	SUP.	BD_HUARIPAMPA	
137	TUNEL DE INTEGRACION	SUP.	BD_HUARIPAMPA	
138	BD_HUARIPAMPA	SUP.	OVALO	
139	TOLDORRUMI	SUP.	TAJO TOLDORRUMI	
140	TOLDORRUMI	SUP.	BD_HUARIPAMPA	
141	CANCHA 700 (PLAT.2)	SUP.	PLANTA VICTORIA	10.60
142	PLANTA VICTORIA	SUP.	PLANTA MARH TUNEL	10.03
Total general				137.82

Ilustración N° 2 Zona de carguio Nv 1170

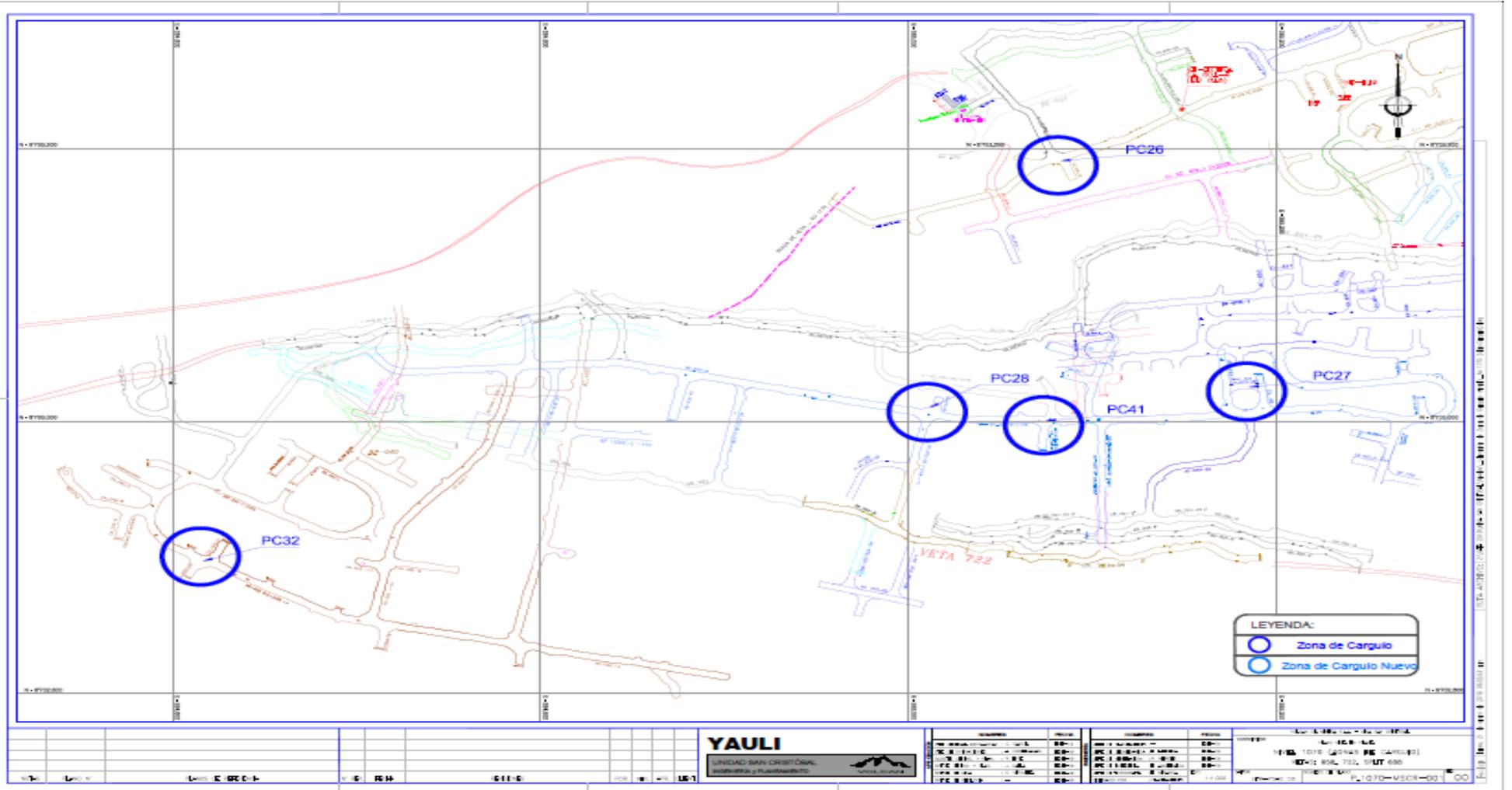


Ilustración N° 3 Zona de carguio Nv 1270

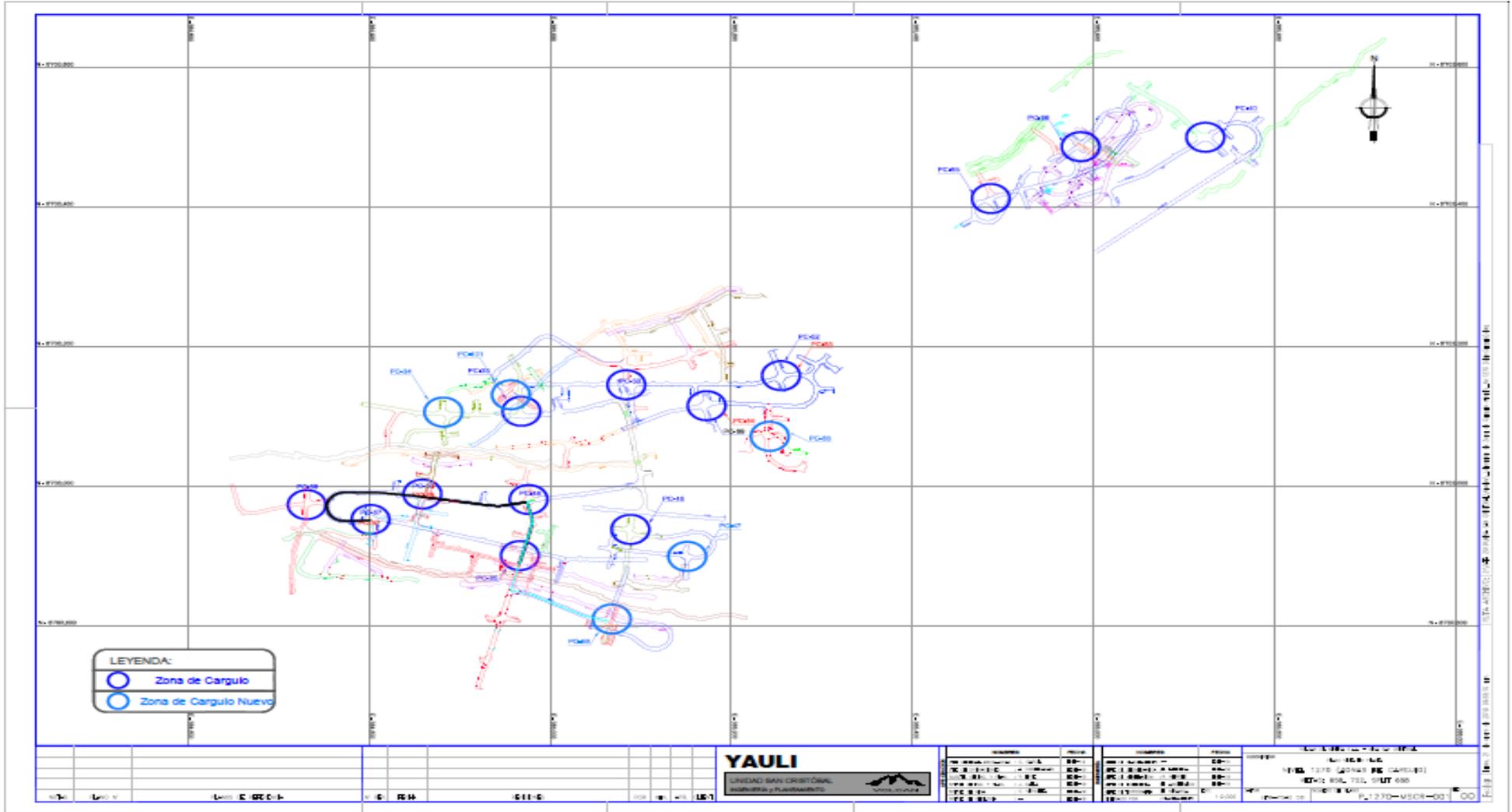


Ilustración N° 5 Ruta superficie Huaripampa

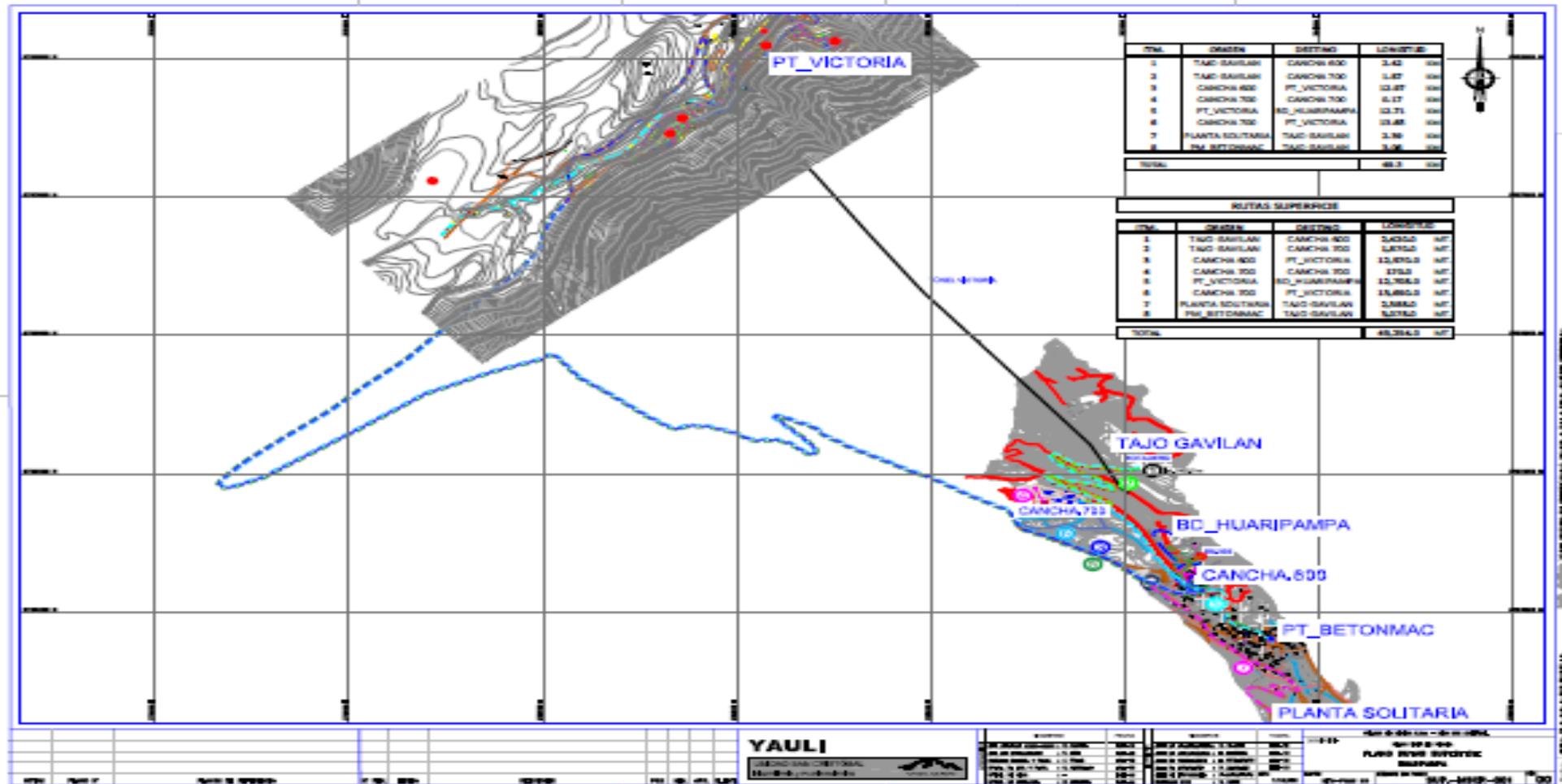


Ilustración N° 6 Características técnicas Camión Volvo FMX

VOLVO FMX



Ilustración N° 7 Características técnicas Camión Volvo FMX

VISIÓN GENERAL

Conozca más de cerca el nuevo Volvo FMX

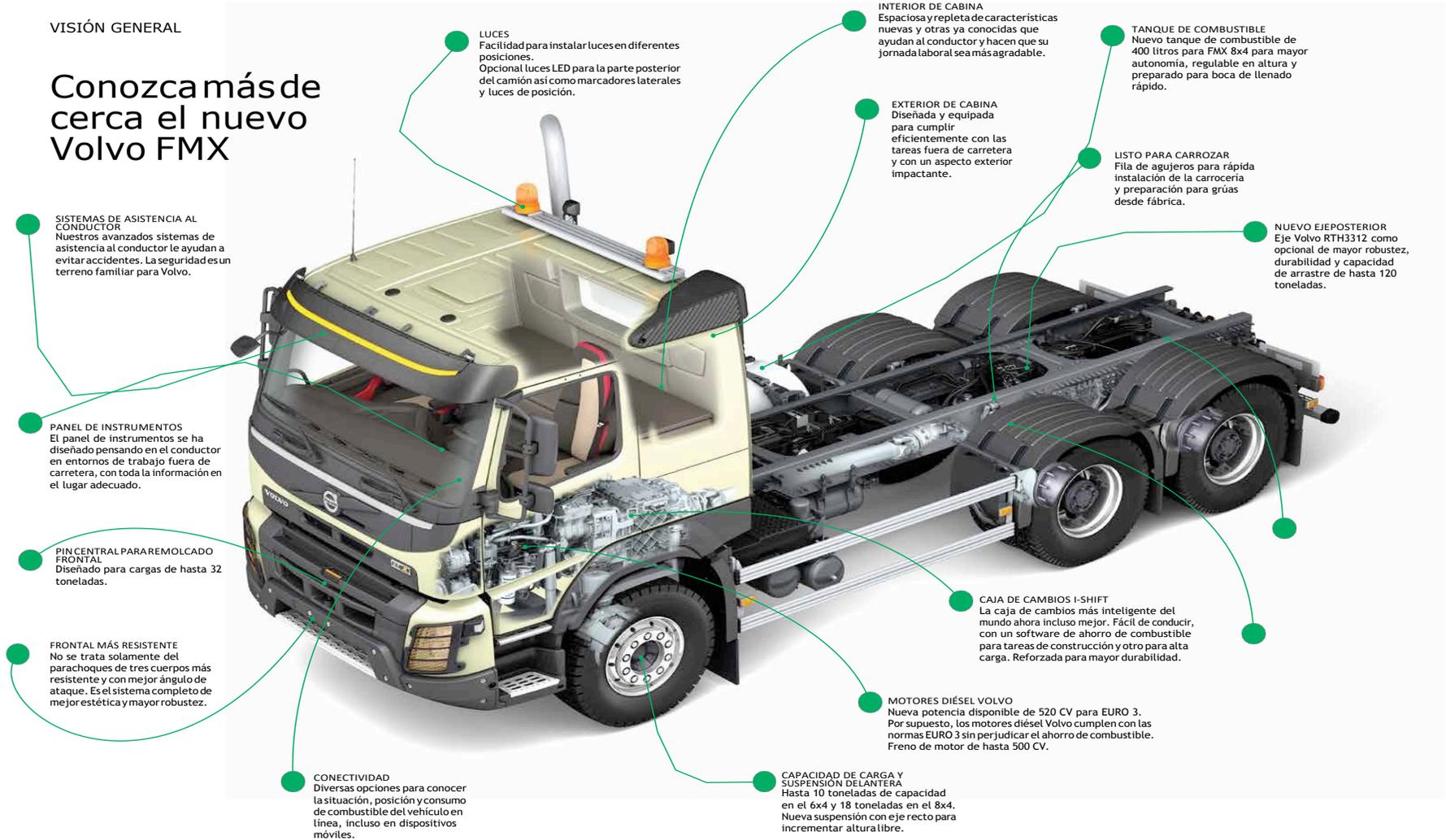


Ilustración N° 8 Ficha tecnica Camión Volvo FMX

FICHA TÉCNICA DEL FMX

Síguenos en:



FÓRMULA RODANTE	4x2 RÍGIDO	4x4 RÍGIDO	6x4 TRACTO	6x4 RÍGIDO	6x6 TRACTO	6x6 RÍGIDO	8x4 RÍGIDO
Distancia entre ejes	3700 4300 4600 4900	3700 4300 4600 4900	3200 3600	3700 4300 4600 4900 5200 5600	3600	3700 4300 4600	4350 4600 4900 5100 5600
Radio de giro (mm)	6700 7600 8100 8500	6700 7600 8100 8500	7000 7600	7800 8700 9100 10000 10500 11200	7600	7800 8700 9100	9500 9900 10400 10800 11600
Capacidad eje delantero (kg)	8000	8000	8000	9000 / 10000	8000	9000 / 10000	18000
Capacidad eje posterior (kg)	13000	13000	26000	26000 / 32000	26000	26000 / 32000	32000
PBV - Técnico (kg)	21000	21000	35000	35000 / 41000 / 42000	35000	35000 / 41000 / 42000	50000
PBC - Máximo (kg)*	70000	65000	100000	100000 / 120000	100000	100000 / 120000	120000

*Dependera del eje posterior

MOTOR	D11A 370	D13A 400	D13A 440	D13A 480	D13A 520
Potencia (CV/KW (rpm))	370 / 275 (1600 - 1900)	400 / 324 (1400 - 1800)	440 / 324 (1400 - 1800)	480 / 353 (1400 - 1800)	520 / 382 (1400 - 1800)
Torque (Nm/kgfm (rpm))	1770 / 180 (1000 - 1400)	2000 / 204 (1050 - 1400)	2200 / 224 (1050 - 1400)	2400 / 245 (1050 - 1400)	2500 / 255 (1050 - 1400)
Cilindrada (dm³)	10,85	12,8	12,8	12,8	12,8
Rango Económico (RPM)	1050 - 1500	1050 - 1600	1050 - 1600	1050 - 1600	1050 - 1600

Motor diesel de 4 tiempos, 6 cilindros en línea, culata en una sola pieza, 4 válvulas por cilindro, turbo intercooler, inyección directa con unidades inyectoras y gerenciamiento electrónico. Todos los camiones Volvo cumplen con normas de emisiones Euro 3.

CAJA DE CAMBIOS	VT2214B	VT2514B	VT2814B	AT2612D (I-Shift)
Torque máximo (Nm)	2200	2500	2800	2600
Accionamiento	Manual / Por cables	Manual / Por cables	Manual / Por cables	Automático y Manual / Electroneumático
Número de marchas hacia adelante / Reversa	14 (12+2 ultralentas) / 4 R	14 (12+2 ultralentas) / 4 R	14 (12+2 ultralentas) / 4 R	12 / 4 R

FRENO DE MOTOR	VEB390 (390 CV con D11A)	VEB410 (410 CV con D13A)	VEB500 (500 CV con D13A)
----------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

El sistema de freno de motor de Volvo (Volvo Engine Brake VEB) integra el sistema de freno por compresión (Volvo Compression Brake) y el regulador de presión de gases de escape (Exhaust Pressure Governor) con lo cual se obtiene una excepcional potencia de frenado.

SUSPENSIÓN DELANTERA	TIPO	AMORTIGUADOR	CARGA VERTICAL (Tn)	SUSPENSIÓN POSTERIOR	TIPO	AMORTIGUADOR	BARRA ESTABILIZADORA	CARGA VERTICAL (Tn)	FRENOS
FAL8.0	Ballestas Parabólicas	3	8	4X2 R / 4x4 R	RAD-L90	Ballestas Parabólicas	2	Sí	13 Tambor
FAL9.0	Ballestas Parabólicas	3	9	6x4 T / 6x6 T	RADD-TR1/TR2	Ballestas Semiélicas	2	Sí	26 Tambor
FAL10	Ballestas Parabólicas	3	10	6x4 R / 6x6 R	RADD-TR1/TR2	Ballestas Semiélicas	2	Sí	26 o 32 Tambor
FAL18*	Ballestas Parabólicas	2	18	8x4 R	RADD-TR2	Ballestas Semiélicas	2	Sí	32 Tambor

* Solo 8x4 R

EJE POSTERIOR	RSH1370 (4x2R/4x4R)	RTS2370A (6x4R)	RTH2610F (6x4T-R/6x6T-R/8x4R)	RTH3210F (6x4T-R/6x6T-R/8x4R)	RTH3312 (6x4R/6x6T-R/8x4R)	CABINA	DIURNA	LITERA	LITERA ALTA
Bloqueo de diferencial	Entre ejes	Entre ejes y ruedas	Altura Interna (mm)	1570	1710	2030			
Cubos reductores	Tipo Planetario	No	Tipo Planetario	Tipo Planetario	Tipo Planetario (4)	Largo Interno (mm)	1565	1950	1950
Relaciones de reducción	3,61/3,76/4,12/ 4,55/5,41	2,83/3,09/3,40/3,78 /4,50/6,18	3,76/3,97/4,12/4,55/ 5,41/6,18	3,76/4,12/4,55/5,41/ 6,18/7,21	3,61/3,76/4,12/4,55/ 5,41/6,18/7,22	Ancho Interno (mm)	2170	2170	2170
Capacidad de Arrastre*	70,000 kg	70,000 kg	100,000 kg	100,000 kg	120,000 kg				

* RTH3210F o RTH3312 pueden elevar su capacidad de arrastre dependiendo del tipo de operación, consultar con Ingeniería de Ventas.

RUEDAS Y NEUMÁTICOS	RUEDAS DISCO DEACERO	TANQUE DE COMBUSTIBLE	FMX 4X2 R	FMX 4X4 R	FMX 6X4T / FMX 6X6 T	FMX 6X4 R	FMX 6X6 R	FMX 8X4 R
Aro	8.50x20" 8.50x24"	Volumen (lts)	280 Der	315 Der	280 Der + 200 lqz	420 Der + 200 lqz	315 Der + 315 lqz	400 Der
Neumáticos	12.00R20" 325/95R24"							

TOMA DE FUERZA	PTR-DM	PTR-FL	PTR-DIN	PTER1400
Montaje	Posterior en la caja	Posterior en la caja	En motor	En motor
Salida	Bomba hidráulica de acople directo	Con Brida	De acople directo para bomba	De acople SAE para bomba

Volvo Perú S.A.
 Carretera Panamerica Sur Km 23.88 -
 Lurín
 Telf.: (01) 317 1200
www.volvo.com.pe

4.3.2 Carguío

Las operaciones de carguío se realizan mediante el empleo de equipo montado sobre neumáticos:

- Scoop (carga, acarreo, descarga) R1600H
 - Capacidad de cuchara: 6 yd³
 - Capacidad de cuchara: 4.59 m³
 - Densidad de mineral 2.65 t/m³
 - Factor de llenado: 85%
 - Capacidad de carga por cada cuchara: 10.34 t

4.3.3 Transporte de mineral hacia la planta de tratamiento

Tabla N° 10 Cuadro transporte diario de mineral a la planta de tratamiento

Descripción	Unidad	Cantidad
Velocidad de ida	Km/hr	10.5
Velocidad de vuelta	Km/hr	12.5
Distancia (ida y vuelta)	km	21
Tiempo carga	min	3
Tiempo descarga	min	2
Tiempo cuadrado, acomodo y espera	min	4
Volumen de transporte	m ³	13.77
Tonelaje de transporte	t	30
Tonelaje de carga por cada cuchara	t	10.34
Ciclo	min	129 min
Producción diaria	t	150
Viajes por día	N°	5

4.3.4 Número de camiones para mineral y desmonte

Tabla N° 11 Distancia y tiempo de recorrido

Año	2021
Distancia	10.5 km
Tiempo de ida	70 min
Tiempo de vuelta	50 min
N° camiones	15

4.3.5 Ciclo de operación de los camiones

$$T_{\text{ciclo}} = t_c + t_t + t_d + t_r$$

$$T_{\text{ciclo}} = 3 + 72 + 4 + 50$$

$$T_{\text{ciclo}} = 129 \text{ min}$$

$$T_{\text{ciclo}} = t_f + t_v$$

$$T_{\text{ciclo}} = 75 + 54$$

$$T_{\text{ciclo}} = 129 \text{ min}$$

Donde:

Tc: tiempo de carga

Tt: tiempo de transporte

Td: tiempo de descarga

Tr: tiempo de retorno o regreso

Tf: tiempo fijo: tiempo de carga, descarga, otras demoras

Tv: tiempo variable: tiempo de transporte y retorno.

4.3.6 Rendimiento y flota de camiones

A) Cálculo de producción horario de camiones

- Factor de llenado: 1.0
- Eficiencia combinada: 0.95

$$\frac{\text{ton}}{\text{hr}} = \frac{N^{\circ} \text{ ciclos}}{\text{hora}} * \frac{\text{capacidad}}{\text{ciclo}} * \text{factor de llenado} * \text{eficiencia combinada}$$

$$\frac{\text{ton}}{\text{hr}} = \frac{1 \text{ ciclos}}{\text{hora}} * \frac{30 \text{ t}}{\text{ciclo}} * 1.0 * 0.95$$

Producción/ciclo = 28.5

B) Camiones requeridos

$$N^{\circ} \text{ Camiones} = \frac{\frac{\text{producción requerida}}{\text{hora}}}{\frac{\text{Producción camión}}{\text{hora}}}$$

$$N^{\circ} \text{ Camiones} = \frac{\frac{399.04\text{t}}{\text{hora}}}{\frac{28.8 \text{ t}}{\text{hora}}}$$

N° de camiones = 14

C) Flota total

Disponibilidad = 95%

$$\text{Tamaño de flota} = \frac{N^{\circ} \text{ de camiones requerido}}{\text{disponibilidad \%}}$$

$$\text{Tamaño de flota} = \frac{14}{95 \%} * 100\%$$

$$N^{\circ} \text{ de camiones} = 16.40$$

N° de camiones = 17

E) Número de camiones por Scoop

$$N^{\circ} \text{ de camiones/Scoop} = \frac{60 * \text{ciclo de trabajo por camión}}{\text{ciclo de scoop} * N^{\circ} \text{ pases}}$$

$$N^{\circ} \text{ de camiones/Scoop} = \frac{60 * 10 \text{ min}}{7 \text{ min} * 5}$$

$$N^{\circ} \text{ de camiones/Scoop} = 17.14$$

4.3.7 Índices de disponibilidad y utilización de equipos

A) Disponibilidad mecánica (DM)

“Mide el tiempo que el equipo está mecánica y eléctricamente operativo”

“Es el índice que evalúa la eficiencia del mantenimiento, muestra el porcentaje para ser usado”; se calcula mediante:

Donde:

Hp: horas programadas para operar el equipo (12 hr)

Mp: horas de mantenimiento preventivo (0.3 hr)

Rme: horas de reparaciones mecánicas y eléctricas. (0.3 hr)

$$DM = \frac{Hp - (Mp + Rme) * 100}{Hp}$$

$$DM = \frac{12 - (0.3 + 0.3) * 100}{12}$$

DM = 95%

$$DM = \frac{\text{Horas disponibles}}{\text{Horas programadas}}$$

$$DM = \frac{11.4}{12}$$

$$DM = 0.95$$

B) Disponibilidad del equipo (DE)

“Mide el tiempo de trabajo que realiza el equipo. Es el rendimiento de la operatividad, descontando las demoras fijas”. Su fórmula es:

Donde:

Do: “demoras operativas (accidentes, derrumbes, traslado, equipo)”

Od: “otras demoras (falta repuestos, herramientas y charlas de seguridad)”

$$DE = \frac{Hp - (Mp + Rme + Do + Od) * 100}{Hp}$$

$$DE = \frac{12 - (0.3 + 0.3 + 0.08 + 0.08) * 100}{12}$$

$$DE = 93.67\%$$

$$DE = \frac{\text{Horas de operación}}{\text{Horas programadas}}$$

$$DE = \frac{11.24}{12}$$

$$DE = \frac{11.24}{12}$$

$$DE = 0.9367$$

C) Utilización efectiva del equipo (UE)

“Es el rendimiento neto de la operatividad del equipo. Llamado utilización neta o real del equipo”. Su fórmula es:

$$UE = \frac{Hp - (Mp + Rme + Do + Od + Df) * 100}{Hp}$$

$$UE = \frac{12 - (0.3 + 0.3 + 0.08 + 0.08 + 1) * 100}{12}$$

$$UE = 83.33\%$$

Donde:

Df: “demoras fijas (ordenes, marcación tarjeta, vestuarios, refrigerio, etc.)”

Df: 1 hora

4.3.8 Costos

A) Costos de transporte por camiones

“Los costos de transporte por camiones” son:

- “Costo por llantas 40%”
- “Costo de mantenimiento 30%”
- “Costo de lubricantes y combustibles 20%”
- “Labor y operador 10%”

B) Costos de explotación

- Arrastre 40%
- Sostenimiento 25%
- Carga 20%
- Perforación – voladura 15%

4.4. Discusión de resultados

H.E. N° 1 Cálculos del tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden en el cálculo óptimo del número de camiones

La investigación concluyo en: El tiempo del ciclo para el transporte de mineral es de 129 min, el ciclo de transporte está distribuido de la siguiente manera: 70 min para el transporte de ida (pendiente positiva), retorno 50 min; el tiempo de carga, descarga, cuadrado, acomodo y espera es de 9 min; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.

Según (1) en su investigación sobre “Modelo Analítico para el Dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: Análisis de prioridades de Atención según rendimiento”

En esta tesis se propone un modelo analítico que permite dimensionar la flota de transporte para el proceso de carguío y transporte en minería a cielo abierto. Este modelo mejora el estado de la práctica, donde se utiliza comúnmente el método del factor de acoplamiento (MFA) o en inglés Match Factor.

De ambas investigaciones podemos establecer que es necesario establecer estándares de trabajo con la finalidad de tener un control en el carguío y transporte de mineral.

H.E. N° 2 Volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden en el cálculo óptimo del número de camiones

La investigación concluyo en: La carga efectiva de los equipos de carguío en promedio es de 28.5 t/ciclo, si bien es cierto que los camiones tienen una capacidad efectiva de carguío de 30 t, esto no se cumple debido a los factores de llenado y eficiencia combinada; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.

Según (1) en su investigación sobre “Modelo Analítico para el Dimensionamiento de flota de transporte en Minería a cielo abierto: Análisis de prioridades de Atención según rendimiento”

Para una determinada flota homogénea, al momento de comparar los rendimientos obtenidos a través del modelo analítico y el modelo MFA, se observan diferencias que pueden diferir entre un 4,8% y un 8,7% en el valor de las toneladas por hora transportadas estimadas. Es evidente, que los menores rendimientos se obtienen con el modelo analítico producto de los efectos de la congestión.

En una de sus conclusiones afirma: Para el caso de flotas heterogéneas, para una muestra de 100 tamaños de flotas diferentes, se observa que la inclusión de aleatoriedad en la tasa de llegada, como en el proceso de carga, reduce la capacidad teórica de la flota en un promedio de un 11,6% con un intervalo de confianza del 3,6% con un 95% de confiabilidad.

De ambas investigaciones realizadas se puede afirmar que la capacidad de carga teórica no es la misma que se puede observar

en campo debido a que el cálculo teórico no considera el factor de esponjamiento como factor influyente en el transporte.

H.E. N° 3 Determinación de la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden para el cálculo óptimo del número de camiones

La investigación concluyo en: La velocidad de desplazamiento de los equipos de transporte de acuerdo a las mediciones realizadas en campo son las siguientes: velocidad de ida en promedio de 10.5 km/hr, mientras que la velocidad de vuelta es de 12.5 km/hr en promedio; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.

Respecto a la velocidad de transporte se puede afirmar que los factores influyentes son:

Falta de mantenimiento en las vías, pendientes elevadas las mismas que influyen directamente en la velocidad de transporte.

H.E. N° 4 Los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden para el cálculo óptimo del número de camiones

Mi investigación concluyo que: Los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral están distribuidos de la siguiente manera: costo por llantas 40%, costo de mantenimiento 30%, costo de lubricantes y combustibles 20% y finalmente los por labor y operador es de 10%, los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.

Según (1) en su investigación sobre “Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento”

En general, el modelo analítico desarrollado en esta investigación permite la estimación del tamaño de flota requerido para cumplir una determinada demanda al mínimo costo en términos de tiempos perdidos por esperas en cola. Los rendimientos calculados por el modelo analítico, se consideran como rendimientos efectivos, en términos de que las aleatoriedades asociadas a las tasas de llegadas de los camiones y las aleatoriedades del proceso de carga son incluidas en la modelación (congestión en el punto de carga). Otras fuentes de aleatoriedad no se excluyen de la modelación.

De ambas investigaciones se afirma que la empresa cuenta con una flota de camiones homogéneos, el ingeniero recomienda el control de tiempos muertos debido a pérdidas por esperas o colas, entre otras; en tal sentido el control de estos tiempos permite controlar los costos y eficiencia de los camiones.

CONCLUSIONES

1. De la evaluación efectuada al transporte de mineral se establece que para un transporte eficiente se necesita 19 camiones, 17 en operaciones y 2 para las contingencias, en la actualidad la empresa cuenta con una flota de 15 camiones de los cuales trece se encuentran operativamente y 2 equipos para contingencias, se debe de resaltar que parte de la solución es que los camiones transporten las 30 toneladas para las cuales está diseñada, otro factor es el control de la granulometría del mineral; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.
2. El tiempo del ciclo para el transporte de mineral es de 129 min, el ciclo de transporte está distribuido de la siguiente manera: 70 min para el transporte de ida (pendiente positiva), retorno 50 min; el tiempo de carga, descarga, cuadrado, acomodo y espera es de 9 min; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.
3. La carga efectiva de los equipos de carguío en promedio es de 28.5 t/ciclo, si bien es cierto que los camiones tienen una capacidad efectiva de carguío de 30 t, esto no se cumple debido a los factores de llenado y eficiencia combinada: los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.
4. La velocidad de desplazamiento de los equipos de transporte de acuerdo a las mediciones realizadas en campo son las siguientes: velocidad de ida en promedio de 10.5 km/hr, mientras que la velocidad de vuelta es de 12.5 km/hr en promedio; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.

5. Los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral están distribuidos de la siguiente manera: costo por llantas 40%, costo de mantenimiento 30%, costo de lubricantes y combustibles 20% y finalmente los por labor y operador es de 10%; los cuales tienen incidencia directa en los costos de carguío y transporte del mineral.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Esteban Rodríguez, Daniel.** *“Modelo analítico para el dimensionamiento de flota de transporte en minería a cielo abierto: análisis de prioridades de atención según rendimiento”*. Santiago de Chile : s.n., 2013.
2. **Caballero Salazar, María Javiera .** *sobre “Optimización de las distancias de transporte mediante la ubicación y diseño de botaderos en Minera Antucoya”*. Santiago de Chile : s.n., 2017.
3. **Feliciano Mamani, Juan Carlos .** *“Dimensionamiento de flota de camiones para el aumento de producción a 1 090 000 BCM en la Mina Colquijirca – Tajo Norte para el año 2016”*. Tacna – Perú : s.n., 2018.
4. **Valdivieso Cosser, Maximo Jose.** *“Cálculo de camiones para el transporte de mineral y desmonte en Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.”*. Huancayo - Perú : s.n., 2018.
5. **Mallqui Tapia, Anibal N.** *“Maquinaria y equipo minero tomo I”*. Huancayo - Perú : s.n., 2001.
6. —. *“Maquinaria y equipo minero tomo II”*. Huancayo - Perú : s.n., 2001.
7. **Prado Ramos, Felix B.** *Control de operaciones mineras.* 1987 : s.n., Lima - Perú.

Tabla N° 12 **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable
General	¿Cuáles son los resultados de la evaluación de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020?	Efectuar la evaluación de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020	La evaluación de los tiempos efectivos y de demoras de los equipos de carguío y transporte de mineral influirá directamente en el cálculo óptimo del número de camiones, Nv 1320 zona III Minera San Cristóbal S.A.A. – 2020	Independiente Equipos de carguío y transporte
				Dependiente Número de camiones
Específicos	a) ¿Cuál es el tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?	a) Determinar el tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones	a) Los cálculos del tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte de mineral influyen directamente para el cálculo óptimo del número de camiones	
	b) ¿Cuál es el volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?	b) Calcular el volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones	b) El volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden en el cálculo óptimo del número de camiones	
	c) ¿Cuál es la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?	c) Calcular la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones	c) La determinación de la velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden para el cálculo óptimo del número de camiones	
	d) ¿Cuáles son los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones?	d) Estimar los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones	d) Los costos de los equipos de carguío y transporte de mineral inciden para el cálculo óptimo del número de camiones	

	Concepto	Dimensión	Indicador
VARIABLE INDEPENDIENTE EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE	Equipos destinados a carga del material desde el frente de trabajo hacia un determinado destino.	▪ Tiempo del ciclo de los equipos de carguío y transporte	min
		▪ Volumen de carga efectiva de los equipos de carguío y transporte	M ³
		▪ Velocidad de desplazamiento promedio de los equipos de carguío y transporte	Km/hr
		▪ Costos de los equipos de carguío y transporte de mineral	\$
VARIABLE DEPENDIENTE NÚMERO DE CAMIONES	Es el dimensionamiento de equipamiento de carguío y transporte de material (mineral y desmonte)	▪ Número de camiones	N°