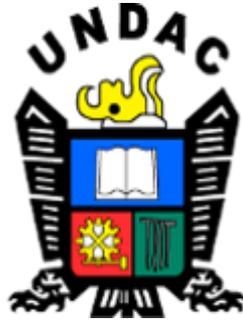


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS

**Estudio del cálculo de flota de camiones para una
operación minera a cielo abierto**

Para optar el título profesional de:

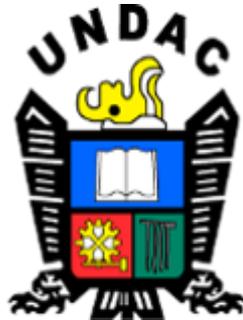
Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Augusto Abel NEYRA AYMA

Asesor: Ing. Floro Pagel ZENTENO GOMEZ

Cerro de Pasco – Perú - 2020

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



TESIS

**Estudio del cálculo de flota de camiones para una
operación minera a cielo abierto**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Joel Enrique OSCUVILCA TAPIA
PRESIDENTE

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
MIEMBRO

Mg. Vicente César DÁVILA CÓRDOVA
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre y a la familia de parte de mi madre que me apoyaron de forma moral y económica, por brindarme la confianza, la oportunidad de seguir con mis estudios y todos los demás recursos necesarios que permitieron mi desarrollo profesional.

A mis 2 hijos y mi hermano que son el impulso para seguir adelante.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y a todos los maestros de la Facultad de Ingeniería de Minas, por brindarme sus enseñanzas, consejos y estímulo constante.

A mi Asesor y Jurados revisores de la tesis por sus valiosos aportes en la conducción y conclusión del presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La presente tesis desarrolla el cálculo del número óptimo de unidades de la flota de camiones destinada al acarreo de mineral y desmonte de la operación minera a cielo abierto San Gerardo, perteneciente a Nexa Resources Perú S.A.A. Para ello, se describen las características de esta operación, a la cual se le ejecuta el planeamiento de minado y explotación a lo largo del proyecto. Con esta información, se hace un análisis económico de la mina para corroborar que sea viable y esté en los parámetros que requiere una mina en ejecución.

Entonces, gracias al planeamiento de minado enfocado al acarreo de material, se pueden hacer los cálculos respectivos y obtener estimaciones numéricas, como la cuota de material que se espera transportar año a año durante el tiempo en que se ejecute el proyecto. Ello ayudará a hallar la cantidad de camiones que se hará cargo de este acarreo.

Así, con parámetros extraídos de la operación minera como trayectos a recorrer de los camiones, tiempos de carguío de excavadoras, factores de llenado, tiempos de descargue, pendientes de las vías, resistencias a rodadura etc., se contribuye con datos de ingreso a un sistema que, mediante el empleo de variables y cálculos matemáticos, se obtiene como resultado del número óptimo de unidades de la flota de camiones.

Palabras Clave: Camiones, ciclo de minado, cielo abierto, flota

ABSTRACT

This thesis develops the calculation of the optimal number of units of the fleet of trucks destined to haul ore and dismount from the San Gerardo open pit mining operation, belonging to Nexa Resources Perú S.A.A. For this, the characteristics of this operation are described, to which the mining and exploitation planning is executed throughout the project. With this information, an economic analysis of the mine is made to corroborate that it is viable and in the parameters required by a running mine.

Then, thanks to the mining planning focused on the hauling of material, the respective calculations can be made and numerical estimates can be obtained, such as the quota of material that is expected to be transported year after year during the time the project is executed. This will help find the number of trucks that will handle this haul.

Thus, with parameters extracted from the mining operation such as routes to be traveled by the trucks, loading times of excavators, filling factors, unloading times, slopes of the tracks, rolling resistance, etc. , it contributes with data of entrance to a system that, by means of the use of variables and mathematical calculations, is obtained as a result of the optimal number of units of the fleet of trucks.

Keywords: Trucks, mining cycle, open sky, fleet

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, denominada “Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto”, surge ante la preocupación de minimizar los costos de extracción del mineral, aún más si nos encontramos en un panorama global no muy favorable para la minería debido a la caída de los precios de los minerales.

Se desea optimizar los procesos productivos mineros. Para ello, me centraré en las actividades de mayor costo. ¿De qué manera se puede optimizar la producción y los costos en el proceso de extracción? Así, se realizó el estudio del comportamiento dinámico de los equipos de carguío y transporte del tajo San Gerardo, debido al bajo rendimiento de los mismos.

En el capítulo IV se demuestra que en algunos momentos de la operación los equipos de carguío y camiones se encuentran en espera. El seguimiento minucioso de este proceso dio como resultado que la cantidad de equipos de transporte no es la adecuada, que ocasionaba gastos millonarios en horas de equipo, combustible y tiempo de operación. En ese sentido, la presente tesis estudia las causas de este fenómeno para llegar a la cantidad idónea del número de camiones.

El autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	4
1.3.	Formulación del problema.....	4
	1.3.1. Problema General.....	4
	1.3.2. Problemas Específicos.....	4
1.4.	Formulación de los objetivos	5
	1.4.1. Objetivo General.	5
	1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	6
1.6.	Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio	8
2.2	Bases teóricas-científicas.....	66
2.3	Definición de términos básicos.....	76
2.4	Formulación de hipótesis.....	83
	2.4.1 Hipótesis General.	83
	2.4.2 Hipótesis Específicas.....	83
2.5	Identificación de variables.....	84
2.6	Definición operacional de variables e indicadores	85

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación	88
3.2	Métodos de investigación.....	89
3.3	Diseño de la investigación.....	89
3.4	Población y muestra	89
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	90
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	91
3.7	Tratamiento estadístico.....	91
3.8	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	93
3.9	Orientación ética	94

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.	Descripción del trabajo de campo	96
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	112
4.3.	Prueba de hipótesis	118
4.4.	Discusión de resultados	122

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Índice de Figuras:

FIGURA 1. MODELO ESQUEMÁTICO DE MINERALIZACIÓN DE LA MINA ATACOCHA.....	61
FIGURA 2. SECCIÓN GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA (YACIMIENTO ATACOCHA).	65
FIGURA 3. PERFORADORA D245S EN EL TAJO SAN GERARDO.....	102
FIGURA 4. CARGUÍO DE TALADROS CON CAMIÓN FÁBRICA EN EL TAJO SAN GERARDO	104
FIGURA 5. CARGUÍO DE MATERIAL DISPARADO EN EL TAJO SAN GERARDO	105
FIGURA 6. ACARREO DE MATERIAL EN EL TAJO SAN GERARDO	106
FIGURA 7. ACARREO DEL MATERIAL DEL TAJO AL ORE PASS Y/O DESMONTERA.....	114
FIGURA 8. ACARREO DEL MATERIAL DEL TAJO AL ORE PASS Y/O DESMONTERA.....	115
FIGURA 9. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL-2016.....	119
FIGURA 10. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL-2016.....	119
FIGURA 11. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL NUEVO SISTEMA-2017	120
FIGURA 12. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL NUEVO SISTEMA-2017	121
FIGURA 13. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL Y EL NUEVO SISTEMA	122
FIGURA 14. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL Y EL NUEVO SISTEMA	123

Índice de Láminas:

LÁMINA 1. MAPA DE UBICACIÓN NACIONAL - DEPARTAMENTAL	24
LÁMINA 2. MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL TAJO SAN GERARDO - MINA ATACOCHA	25
LÁMINA 3. MAPA DE ACCESIBILIDAD AL TAJO SAN GERARDO	28
LÁMINA 4: PLANO GEOLÓGICO REGIONAL.....	37
LÁMINA 5. MAPA GEOLÓGICO LOCAL	49
LÁMINA 6. COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA DE LA MINA ATACOCHA	52
LÁMINA 7. PERFILES GEOLÓGICOS	55
LÁMINA 8. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	56
LÁMINA 9. DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO – MINA ATACOCHA.....	98
LÁMINA 10. BOTADERO DE DESMONTE Y CONTORNO FINAL DEL TAJO SAN GERARDO – MINA ATACOCHA	99
LÁMINA 11. DIAGRAMA DE OPERACIONES DE MINADO	101
LÁMINA 12. SECCIÓN DEL TAJO ABIERTO – TRANSPORTE DE MINERAL.....	108
LÁMINA 13. VISTA 3D DEL TAJO ABIERTO – TRANSPORTE DE MINERAL	109

Índice de Tablas:

TABLA 1. COSTO DE TRANSPORTE POR CAMIONES EN PORCENTAJES	74
TABLA 2. COSTOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO EN PORCENTAJES	74
TABLA 3. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN EN CIELO ABIERTO EN PORCENTAJES	76
TABLA 4. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	87
TABLA 5. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO.....	97
TABLA 6. TRANSPORTE DE MATERIAL AL ORE PASS Y/O DESMONTERA	106
TABLA 7. COSTO DE MINADO DE MINERAL DEL TAJO SAN GERARDO	111
TABLA 8. COSTO DE MINADO DE DESMONTE DEL TAJO SAN GERARDO	111
TABLA 9. CÁLCULO DE VELOCIDAD PROMEDIO CARGADO	114
TABLA 10. CÁLCULO DE VELOCIDAD PROMEDIO VACÍO	114
TABLA 11. CONSIDERACIONES GENERALES.....	116
TABLA 12. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CAMIONES DE 20 m ³	117
TABLA 13. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA TRADICIONAL	118
TABLA 14. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN CON EL SISTEMA OPTIMIZADO	120
TABLA 15. COSTO DE TRANSPORTE POR CAMIONES EN PORCENTAJES	132
TABLA 16. CÁLCULO DE VELOCIDAD PROMEDIO CARGADO	132
TABLA 17. CÁLCULO DE VELOCIDAD PROMEDIO VACÍO	132
TABLA 18. CÁLCULO DEL NÚMERO DE CAMIONES DE 20 m ³ 2017-2018	133

Abreviaturas:

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
DIGESA	La Dirección General de Salud Ambiental
GSM	Gerencia de Supervisión Minera
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ISEM	Instituto de Seguridad Minera
MINEM	Ministerio de Energía y Minas
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINSA	Ministerio de Salud
MTPE	Ministerio de trabajo y Promoción del Empleo
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
OSINERGMIN	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actualidad la minería moderna necesita llevar una producción sostenible de sus recursos de la mano de la seguridad, optimización de costos, y la calidad de sus procesos. Por ello, según observaciones preliminares y comentarios de expertos, ciertos aspectos problemáticos de las empresas mineras se relacionan con requerir la aplicación de tecnologías modernas, de alta productividad, buen rendimiento y bajos costos. Además, otorgar seguridad y que sea conveniente para cada tipo de proyecto minero al ejecutar sus operaciones unitarias, tal como es el transporte de mineral y desmonte.

Por otro lado, la caída del precio de los metales ha afectado considerablemente al sector. Por ello, a muchas empresas mineras les resulta antieconómico continuar con sus operaciones. Por ende, el transporte de mineral y material inerte hacia la planta concentradora y botadero es decisiva. Así, una correcta planificación en

función a las fases de minado (etapas) asegurará que las metas de productividad se efectúen en el transcurso de la vida de la mina.

En minería superficial, la elección óptima de los equipos de transporte es una labor complicada en que se interponen abundantes variables geométricas, técnicas y económicas, en un panorama en el cual se presencian muchos modelos, marcas, dimensiones y capacidades que luchan entre sí según las necesidades del cliente. Por ello, el cálculo del número óptimo de equipos (camiones) para el transporte de material minado es un tema muy importante.

Para el estudio se tomará en cuenta el tajo San Gerardo de Nexa Resources Perú S.A.A., ubicado en el distrito de San Francisco de Yarusyacán, provincia de Cerro de Pasco, departamento de Pasco, que explota plomo, plata, zinc y cobre. Las operaciones se realizan a cielo abierto desde 2014, en el cual la empresa minera toma acciones para optimizar los procesos mediante una explotación racional de sus recursos.

Gracias al plan de minado orientado al acarreo de material, se efectúan operaciones numéricas y así obtener aproximaciones, como el volumen de material que se espera mover año a año durante la ejecución del proyecto. Por ende, ayudará a determinar el dimensionamiento óptimo de la flota de camiones que se encargará de efectuar el acarreo del material (mineral y desmonte). Para ello, se tomará en cuenta el planeamiento de minado y explotación en el transcurso de los cuatro años de vida del proyecto. Con esta data, se realizará el análisis económico de la mina para ratificar que es económicamente factible.

Hoy en día se conoce que el costo más alto en minería a tajo abierto es el costo de transporte o acarreo, esto es debido a la dimensión y la cantidad de camiones que una mina puede tener en base a su productividad y producción mensual y anual.

El trabajo de los camiones de acarreo involucra el consumo de llantas gigantes, repuestos y combustible, por ende es un punto muy crítico.

El estudio consiste en desarrollar un plan para optimizar y reducir los tiempos muertos de los camiones de acarreo en zona de carguío y descarga en minería a tajo abierto. Mientras más se profundiza el tajo y se alejan los botaderos el costo de acarreo aumenta si no se tiene control. (Quiquia & William, 2015)

A continuación se muestra un diagrama de incidencia del costo de operaciones en mina:

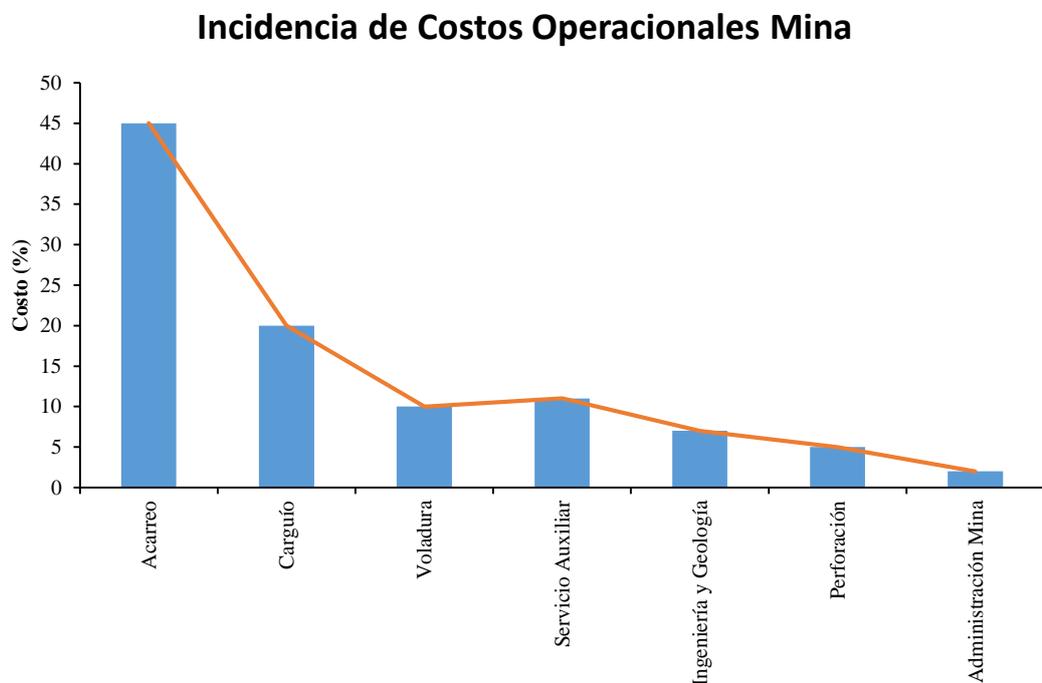


Figura N° 1. Diagrama de Incidencia - Costo de Operaciones Mina.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación se desarrollará en el Tajo San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General.

¿Cómo el adecuado dimensionamiento de la flota de camiones influye en el mejoramiento de la productividad en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.?

1.3.2. Problemas Específicos.

1.3.2.1. Primer Problema Específico.

¿Cómo la minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones mejorará la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.?

1.3.2.2. Segundo Problema Específico.

¿Cómo la identificación de variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno afectarán en el mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.?

1.3.2.3. Tercer Problema Específico.

¿Cómo la aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable mejorará la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.?

1.4. Formulación de los objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Mejorar la productividad del sistema de carguío y transportes en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. mediante el adecuado dimensionamiento de la flota de camiones.

1.4.2. Objetivos Específicos.

1.4.2.1. Primer Objetivo Específico.

Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A. mediante la minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte.

1.4.2.2. Segundo Objetivo Específico.

Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. mediante la identificación de variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno.

1.4.2.3. Tercer Objetivo Específico.

Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. mediante la aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable.

1.5. Justificación de la investigación

Una de las fases más importantes en un proyecto minero es la elección apropiada de los equipos de transporte implicados en el proceso productivo, pues los desembolsos considerados para el proyecto pueden variar en gran escala con diferencia a los reales en función a la elección de la maquinaria a ser utilizada.

Así, en la explotación a cielo abierto de un yacimiento, el cálculo del número de los equipos será el resultado del tratamiento de una alta cuantía de data, tanto práctica y teórica así como tecnológica, la cual permitirá diagnosticar las mejores opciones para el empleo y extracción de los recursos y medios involucrados.

En un ambiente competente y globalizado, por el cual se caracteriza la minería, esta va de la mano con la coyuntura económica, hace que las empresas mineras se vean forzadas a garantizar la ejecución del programa de inversión, y de igual forma encontrar la manera de añadir valor a lo largo de la disminución de costos en sus proyectos.

Para Alarie & Gamache (2002) en su trabajo de investigación “Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines” menciona que en la minería superficial el carguío y transporte de material representa entre el 50% y el 60% de los costos operacionales del proceso completo de explotación. Por ello, se considera que estos son los más elevados en toda la operación minera,

pues involucran horas y operadores para camiones y excavadoras. Así, me he centrado en el estudio de estas fases de la operación.

Gracias a la tecnología que ha evolucionado en las últimas décadas, diversos sistemas de control y operación de flota brindan un potencial de mejorías en la productividad y eficiencia. En consecuencia, se genera la disminución en los gastos operativos. Por otro lado, tenemos la caída del precio de los minerales. Por ello, es necesario optimizar estos costos. Así, se cumplirán los planes de producción adecuados a nuestro dimensionamiento de equipos y se disminuirán los costos operacionales. Por ende, se obtendrán mayores beneficios económicos.

1.6. Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación se basa en el estudio para optimizar el sistema de acarreo, cuyo alcance es aplicativo a operaciones en minería superficial a nivel nacional e internacional, ya que se centra en una optimización en el proceso para la reducción de costos operativos.

Una de las limitantes en la presente investigación es el factor climático, ya que en estos meses presentan tormentas eléctricas, y por temas de seguridad se paralizan las actividades operativas.

Además, la carencia de información en la unidad con respecto a esta investigación y las restricciones por parte de la Gerencia de operaciones para realizar dicha investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.1.1 Antecedentes de Estudios de Investigación.

Como antecedentes de este problema se tienen los siguientes estudios:

- **Quiquia & William (2015)** en su tesis “Mejoramiento Continuo en la Gestión del Ciclo de Acarreo de Camiones en Minería a Tajo Abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca” presenta la posibilidad de mejoras en las principales minas del país usando un patrón enfocado en dos sectores, los cuales los enfoca al Six Sigma y al Modular como herramientas para el mejor desempeño de los equipos en el acarreo. Esta investigación fue realizada el 2015, como parte de una tesis para optar

el grado de Maestro con mención en Gestión Minera. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

1. Las oportunidades que se presentan por tener datos y cálculos de KPIs en tiempo real, brindan muchas posibilidades para la operación. El sistema de despacho (dispatch) presenta herramientas muy potentes para la gestión de la información.
2. Es importante que la administración del sistema de despacho (dispatch) asuma un rol proactivo en la operación, teniendo principal oportunidad de ser actor principal en las mejoras de los procesos unitarios.
3. En los análisis del cálculo de los equipos de acarreo requeridos se debe tener muchos cuidado ya que esto va depender muchos de los parámetros de la mina (gradiente, perfil de la ruta, resistencias, tonelaje cargado y/o vacío, velocidad etc.). Se debe tener una data clara en las especificaciones del equipo. El número requeridos de camiones de acarreo está en base a la producción por año tanto mineral o desmonte.
4. Los algoritmos del sistema de despacho (dispatch) trabajan para tratar de eliminar los tiempos de espera de las flotas de carguío y acarreo, estos tiempos constituyen los KPIs primarios del Dispatch. Una mejora porcentual del tiempo de ciclo por esta mejora, redundará en el mismo porcentaje en la productividad efectiva de los camiones.
5. El sistema de despacho (dispatch) apoya a la supervisión en la mejor gestión de las demoras operativas como son: El cambio de turno, el refrigerio, combustible, disparo, etc. El solo hecho de poder medirlas y monitorearlas permite su control.

6. El sistema de despacho (dispatch) almacena gran cantidad de información que necesita ser analizada para encontrar oportunidades.
7. Mientras más controles automáticos en el sistema, mejor se podrá gestionar los tiempos y menos error humano acarreará.
8. Se puede concluir que el tiempo promedio de carguío en las tres palas eléctricas P&H 4100C ha bajado en 1.20 min., min que representa un 20 % más que el KPI objetivo, pero respecto al tiempo inicial se mejoró considerablemente ya que era 1.44 min., se debe verificar una oportunidad de mejora para que este valor baje a un KPI = 1.
9. El tiempo promedio de espera a camión (HANG) en las tres palas eléctricas P&H 4100C ha bajado en 1.13 min., que representa un 13 % más que el KPI objetivo, pero respecto al tiempo inicial se mejoró considerablemente ya que era 1.40 min., se debe verificar una oportunidad de mejora para que este valor baje a un KPI = 1.
10. El tiempo promedio de espera a pala (QUEUE) se ha reducido a 1.19 min., que representa un 19 % más que el KPI objetivo, pero respecto al tiempo inicial se mejoró considerablemente ya que era 2.59 min., se debe verificar una oportunidad de mejora para que este valor baje a un KPI = 1.
11. El tiempo promedio de cuadrado de los camiones en las palas se ha reducido a 1.20 min., que representa un 20 % más que el KPI objetivo, pero respecto al tiempo inicial se mejoró considerablemente ya que era 1.82 min., se debe verificar una oportunidad de mejora para que este valor baje a un KPI = 1.

12. El tiempo promedio de cuadrado de los camiones en chancadora se ha reducido a 1.14 min., que representa un 14 % más que el KPI objetivo, pero respecto al tiempo inicial se mejoró considerablemente ya que era 1.49 min., se debe verificar una oportunidad de mejora para que este valor baje a un KPI = 1.
 13. El tiempo promedio de chancadora esperando camión se ha reducido a 1.15 min., que representa un 15 % más que el KPI objetivo, pero respecto al tiempo inicial se mejoró considerablemente ya que era 1.67 min., se debe verificar una oportunidad de mejora para que este valor baje a un KPI = 1.
- **Herrera (2011)** en su tesis “GPS Aplicado a la Ubicación de Vehículos de Transporte Terrestre y sus Alternativas en su Gestión” realizó un análisis de los elementos periféricos del Sistema GPS y del Sistema de Transporte Terrestre que permitan mejorar con eficiencia y eficacia en la toma de decisiones de la gestión del Sistema de Transporte Terrestre en el Perú, en particular Lima y Callao. Esta investigación fue realizada el 2011, como parte de una tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:
 1. La tecnología va creciendo muy rápidamente tanto así que se cree que en un futuro las personas podrán ubicar su posición por coordenadas y tener un GPS será como tener un reloj, ya no se preguntará ¿Dónde vives?, sino ¿Cuáles son tus coordenadas?
 2. Los vehículos ya no serán manejados por personas sino más bien serán manejados por programas satelitales que mediante señales por medio

de GPS manejaran los vehículos en el mundo, con una precisión al milímetro, los vehículos podrán manejarse solos.

3. Las empresas mineras a tajo abierto ya utilizan lo indicado en la anterior conclusión.
4. Actualmente la utilización de GPS no está muy difundida en el país, son pocas las personas y empresas que gozan de este servicio, esto también debido a que los sistemas AVL son costosos y todavía no accesibles para la gente del país. Pero se cree que con el tiempo esto dará un giro y en el Perú se verá más a menudo vehículos con GPS AVL.
5. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a partir del 1 de agosto del 2011, dispuso que todos los vehículos de transporte de pasajeros y de carga deben disponer de un GPS, para así poder controlar todas las infracciones que cometen, asimismo conocer la ubicación, la velocidad, las paradas no autorizadas, etc. Esto ya está dando resultado de acuerdo a las últimas estadísticas. Al 08 de agosto o sea en una semana ha bajado la tasa de accidentes en un 12% con respecto al año anterior por la medida que ha tomado OSITRAN.
6. La Municipalidad de Lima, contrató los servicios de la Empresa de recojo de basura “Relima” para vigilar a las compactadoras que brindan este servicio. Ahora este mismo servicio también lo ofrece la Municipalidad de Ventanilla de la Provincia Constitucional del Callao, utilizando tecnología GPS.

7. En Arequipa los vehículos de transporte urbano y taxis también contarán con GPS; con lo cual solucionarían también su problema de transportes.

- **Huarocc (2014)** en su tesis “Optimización del Carguio y Acarreo de Mineral Mediante el Uso de Indicadores Claves de Desempeño U.M. Chuco II de la E.M. Upkar Mining S.A.C.” determinó los mecanismos para optimizar las operaciones unitarias de carguío y acarreo de mineral en la unidad minera Chuco II. Esta investigación fue realizada el 2014, como parte de una tesis para optar título profesional de Ingeniero de Minas. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

1. La gestión de la producción para el análisis de la rentabilidad de cada uno de los procesos que incluye el ciclo de minado, tiene que estar ligado a un sistema de control que nos facilite una planeación y optimización de los procesos del ciclo de minado por ello se ha implementado indicadores de desempeño en la unidad minera Chuco II.
2. La gestión de la producción mediante los indicadores de desempeño nos permite una reducción de costos en 0.44 \$/Tn en la operación unitaria de carguío de mineral y 0.34 \$/Tn en la operación de acarreo de mineral se ha tomado en cuenta la información histórica presente de los controles desarrollados con los cambios operativos desarrollados dentro de la operación de minado.
3. La gestión de la producción mediante indicadores de desempeño nos permite mejorar la producción de mineral en la operación de carguío y acarreo es por ello que su mejora se observa en la cantidad de toneladas

que se mueven por día de producción de mineral teniendo en cuenta que durante los meses de enero a mayo la producción promedio fue de 35,469 TNM y durante los meses de junio a setiembre la producción alcanzaría 45,039 TNM con una variación de 9,570 TNM esto conllevaría a la gestión operativa una mayor recuperación de mineral de los tajos operativos que se venían trabajando.

4. La implementación de los indicadores de producción en la unidad minera nos permite formar un benchmarking y con ello comparar nuestros indicadores de desempeño con la de otras empresas que producen al mismo nivel de producción.
5. Los indicadores de desempeño vienen a ser estrategias operativas para poder buscar los principales defectos operativos que se muestran en el desarrollo de las operaciones de minado y así estos puedan ser medidos en condiciones posteriores a la modificación del proceso.
6. El negocio minero al iniciar sus operaciones será necesario controlar mediante indicadores de desempeño ya que estos nos permitirán mantener un nivel adecuado de producción y una relación común con cada una de las gerencias de la empresa minera por ello su implementación está enfocada en mantener una mejora continua con relación a los diferentes estamentos de la organización minera.
7. La necesidad de medir cada una de las actividades procesos de una determinada organización para la generación de valor dentro de la operación minera, es necesario recurrir a indicadores de desempeño que nos permitan visualizar el comportamiento organizacional de cada uno de los procesos dentro de la operación de minado.

8. El uso de los indicadores de desempeño dentro de las operaciones básicas de minado nos permitirán tener un mayor conocimiento de las operaciones en cuanto se refiere al rendimiento, con ello poder tomar decisiones de optimización en niveles que son más recurrentes a la disminución de costos de operación.
9. Los indicadores de desempeño no solo son números que cuantifican el nivel operativo de una operación unitaria, también sirven para alertar frente a posibles dificultades que se estén enfrentando en el proceso de extracción de metales, tal es así que cuando se tienen un rango de control los indicadores nos permitirán conocer si estamos desempeñándonos por un desarrollo operativo bueno o malo.
10. Los indicadores de desempeño nos permitirán cuantificar las metas propuestas por las áreas de la gerencia de mina. Con esto poder comparar nuestro nivel productivo con la de otras empresas mineras que operan a un mismo nivel productivo. Con costos mucho más bajos con ello fomentar la competitividad organizacional.
11. Usar los KPI en la gestión de la producción de mina no solo es cuantificar las operaciones de minado también es darle una medida a cada una de las operaciones unitarias de minado con ello poder estimar las pérdidas que podría ocasionar el desempeño en la organización.
12. Los indicadores de desempeño son moldeables a diferentes industrias ya sean manufactureras como transformadoras o de explotación. Los directorios de las empresas buscan tener un mayor panorama de las inversiones que se desarrollan y estas pueden ser medidas mediante

indicadores de desempeño o después de comprobar el desarrollo de la inversión mediante indicadores financiero.

- **Baldeón (2011)** en su tesis “Gestión en las Operaciones de Transporte y Acarreo Para el Incremento de la Productividad en CIA. Minera Condestable S.A.” propone la “Guía para la Optimización de Flotas de Acarreo en minas subterráneas”, de tal manera que esté disponible como un método práctico y rápido para adaptarse a las condiciones cambiantes de la operación y lograr el incremento de la productividad, la disminución de costos del proceso de carga y acarreo, que conlleven a obtener el mejor ratio de Costo por TM – Km. Esta investigación fue realizada el 2011, como parte de una tesis para optar Título de Ingeniero de Minas. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

1. Conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo, así como en Compañía Minera Condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas.
2. Carguío y acarreo constituyen los componentes más gravitantes en el costo de minado de una operación minera.
3. No se puede mejorar lo que no se puede medir”, la mejor herramienta para la gestión de la operación es el conocimiento de lo que sucede en el campo de una manera precisa y oportuna para tomar acciones correctivas.
4. Los estándares, y los KPI son piezas claves para poder realizar una gestión minera apropiada.

5. Es importante contar con un departamento de productividad, para la mejora de los procesos y procedimientos establecidos; de lo contrario, la operación se hará rutinaria disminuyendo de esta manera su valor a través del tiempo.
- **Luque (2016)** en su tesis “Modelo de Estimación y Comparación de Velocidades Reales vs Simuladas de los Camiones Komatsu 930E en Minera los Pelambres – Antofagasta Minerals Chile” demostro el comportamiento de las variables técnicas en el transporte, es decir tener mayor y mejor conocimiento de las velocidades de los camiones mineros Komatsu 930E; y contrastar las velocidades reales vs las velocidades simuladas en Minera Los Pelambres. Esta investigación fue realizada el 2016, como parte de una tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:
 1. El resultado del estudio nos da un óptimo modelo de estimaciones y comparaciones de velocidades simuladas vs velocidades reales de los camiones Komatsu 930E, pues presenta una mejora notable en la estimación de velocidades, ya que es versátil, se utiliza menos tiempo en su construcción y va ajustándose a las necesidades.
 2. Es decir, el modelo desarrollado en la presente investigación nos permite obtener datos e información transparente y fiable; permitiéndonos lograr mejoras en el proceso de planificación de mediano y largo plazo tanto en lo que se refiere a nuestra producción y al desempeño y eficiencia de los camiones en el transporte, para un horizonte periodo quinquenio 2016 – 2020 diseño (fase 11); los datos de velocidades nos van a permitir estimar la dimensión de flota de

transporte requerida para un plan de producción definido, dando la posibilidad de realizar diseños gráficos de rutas y estimando las distancias menores entre las alternativas presentadas. Y determinar el tiempo de ciclo, a partir de dichos diseños de rutas de transporte.

3. Se logró evaluar las velocidades de los camiones Komatsu 930E en Minera Los Pelambres en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre de 2015. Apoyados en datos del sistema GPS y Dispatch. No representativos en curvas cerradas y switchbacks, pues existen mayores márgenes de error en dichas ubicaciones. Se presenta los datos de velocidades reales promedio para contrastar con las de simulación, no presentan diferencias importantes:

	Promedio Vel Anual		Camión Lleno			Camión Vacío		
Velocidad	2015	Unidad	Hz	Sub	Baj	Hz	Sub	Baj
Real	Media	Km/h	30,8	14,4	21,7	33,2	21,2	25,4
Simulado	Media	Km/h	30,0	12,0	22,0	34,0	20,0	25,0

4. Luego de las evaluaciones de los tiempos fijos y comparación de los tiempos de ciclo, al revisar y evaluar los tiempos fijos 2015 detalladamente se hallaron sustanciales diferencias; respecto al budget 2015 en el tiempo fijo cargando; pues este va aumentando exponencialmente en los meses de marzo y abril en los tiempos fijos descargando y espera en chancado.
5. Se construyó el modelo y mapa de velocidades de los camiones mineros en el rajo Los Pelambres, que mejora la confiabilidad y reduce la incertidumbre en cuanto a información de velocidades. Nos permite identificar las zonas donde el desarrollo y aplicación de velocidad en nuestros camiones no son los adecuados (cuellos de botella), en estos lugares nuestras velocidades están por debajo de los 10 km/h, es decir

lugares que no son fuentes ni de origen tampoco de destino; debemos prestar especial atención y evaluar minuciosamente las causas para gestionar oportunamente. Estas podrían estar asociadas a la operación invierno, tráfico generado por falta de limpieza, entradas a fase o desafíos de (diseño) angostamiento de la rampa. Se ubicó en el rajo una zona (tramo) en donde las velocidades de los camiones no deberían ser tan lentas debajo de los 5 km/h.

- **Quispe Mamani W. (2017)** en su tesis “Optimización de Costos de Acarreo con Equipo Mecanizado en la Unidad Minera Tambomayo CIA. de Minas Buenaventura Arequipa” optimizó el costo de acarreo, del equipo mecanizado en las labores de exploración de la Unidad Minera Tambomayo CIA de Minas Buenaventura- Arequipa. Esta investigación fue realizada el 2017, como parte de una tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:
 1. Con un mejor control de tiempos se ha logrado optimizar el costo de acarreo del equipo mecanizado en las labores de exploración, se ha determinado cada costo unitarios del equipo mecanizado scoop 4.2 yd³ incluido sus costos directos e indirectos, se ha determinado que el costo total asciende a S/. 435.93 por hora.
 2. Se concluye que un mejor control de los tiempos realizados para el acarreo del material, se ha logrado determinar los tiempos óptimos tales como: tiempo de limpieza en el cruce 339 NW del Nivel 4590 se ha reducido el tiempo de ida sin carga de 2.5 a 2.3 minutos, el tiempo de retorno con carga se ha optimizado de 3.5 a 2.7 minutos,

determinándose como resultado el tiempo de limpieza de un frente de disparo se ha optimizado de 1.98 a 1.60 horas, para una distancia de 200 m. Se ha tomado esta distancia por recomendaciones de los fabricantes quienes en sus manuales indican que el desplazamiento óptimo de esta máquina es el señalado. Mayor a esta distancia su rendimiento de la maquina se reduce.

3. Se ha logrado optimizar la productividad del equipo LHD (Scoop 4.2yd³) que aumentó de 25.98 m³/h a 30.44 m³/h en lo referido al rendimiento del equipo, siendo esto de suma importancia, ya que con disponibilidad de la máquina, se realiza otros trabajos en acarreo y limpieza de más frentes de avance.

- **Requejo (2016)** en su tesis “Evaluación, Implementación de Sistema Dispatch: Control de Equipos en Minería a Cielo Abierto, en La Empresa Minera Coripuno S.A.C.”. Esta investigación fue realizada el 2016, como parte de una tesis de Maestría en Ingeniería Mención de Gerencia de Operaciones. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:

1. El Sistema de Control de Horas Efectivas de los Equipos es una gran herramienta de gestión y apoyo para el Área de Operaciones Mina, con ello se obtiene una data adecuada para aplicar los controles adecuados.
2. El Sistema de Control de Horas Efectivas de los Procesos Unitarios son más sinceros, reales y con información real por lo que se puede tener un efectivo control sobre ellos.

3. Los Presupuestos futuros van a ser más detallados y precisos, debido a que con ésta herramienta vamos a poder optimizar los procesos unitarios de las operaciones.
- **Manzaneda (2015)** en su tesis “Optimización de la Flota de Carguío y Acarreo para el Incremento de Producción de Material de Desbroce de 400 K a 1000 K BCM - U.E.A. El Brocal Consorcio Pasco Stracon GyM” explica técnica y económicamente la determinación de la flota de carguío y acarreo para el incremento de la producción del material de desbroce de 400K a 1 000K BCM y optimización de costos en la U.E.A. El Brocal - Consorcio Paseo Stracon GyM. Esta investigación fue realizada el 2015, como parte de una tesis para optar el grado de Maestro con mención en Gestión Minera. Las conclusiones de la investigación son las siguientes:
 1. Con la Excavadora PC-600 se tiene un rendimiento horario de 303 BCM/Hr con un costo unitario de 0.52 USD/BCM, en cuanto al acarreo con este equipo se tiene un costo unitario de 1.74 USD/BCM.
 2. Con la Excavadora EX-365 se tiene un rendimiento horario de 399 BCM/Hr, con un costo unitario de 0.41 USD/BCM, en el acarreo con este equipo se tiene un costo unitario de 1.65 USD/BCM.
 3. Con la Excavadora EX - 385 se tiene un rendimiento horario de 443.47 BCM/Hr, con un costo unitario de 0.39 USD/BCM y se tiene un costo unitario de acarreo de 1.59 USD/BCM.
 4. Con la Excavadora PC-600 se tiene un rendimiento horario de 269 BCM/Hr con un costo unitario de 0.59 USD/BCM, en cuanto al acarreo con este equipo se tiene un costo unitario de 1.15 USD/BCM.

5. Con la Excavadora EX - 365 se tiene un rendimiento horario de 343 BCM/Hr, con un costo unitario de 0.47 USD/BCM, en el acarreo con este equipo se tiene un costo unitario de 1.15 USD/BCM.
6. Con la Excavadora EX - 385 se tiene un rendimiento horario de 380 BCM/Hr, con un costo unitario de 0.46 USD/BCM y se tiene un costo unitario de acarreo de 1.04 USD/BCM.
7. El dimensionamiento de flota óptimo para el incremento de producción del presente estudio se realiza con el match factor, necesitándose 2 excavadoras 385 con un balde de capacidad de 6.2 m³ y una flota de 32 camiones, siendo el costo unitario de carguío óptimo 0.39 USO/BCM y el costo óptimo unitario de acarreo de 1.59 USO/BCM, siendo el beneficio económico mensual de 124 528 USO.
8. El Beneficio económico mensual por utilizar el balde de 6.2 m³ en las excavadoras 385 es de 88 161.14 USO.

2.1.2 Generalidades de la Mina.

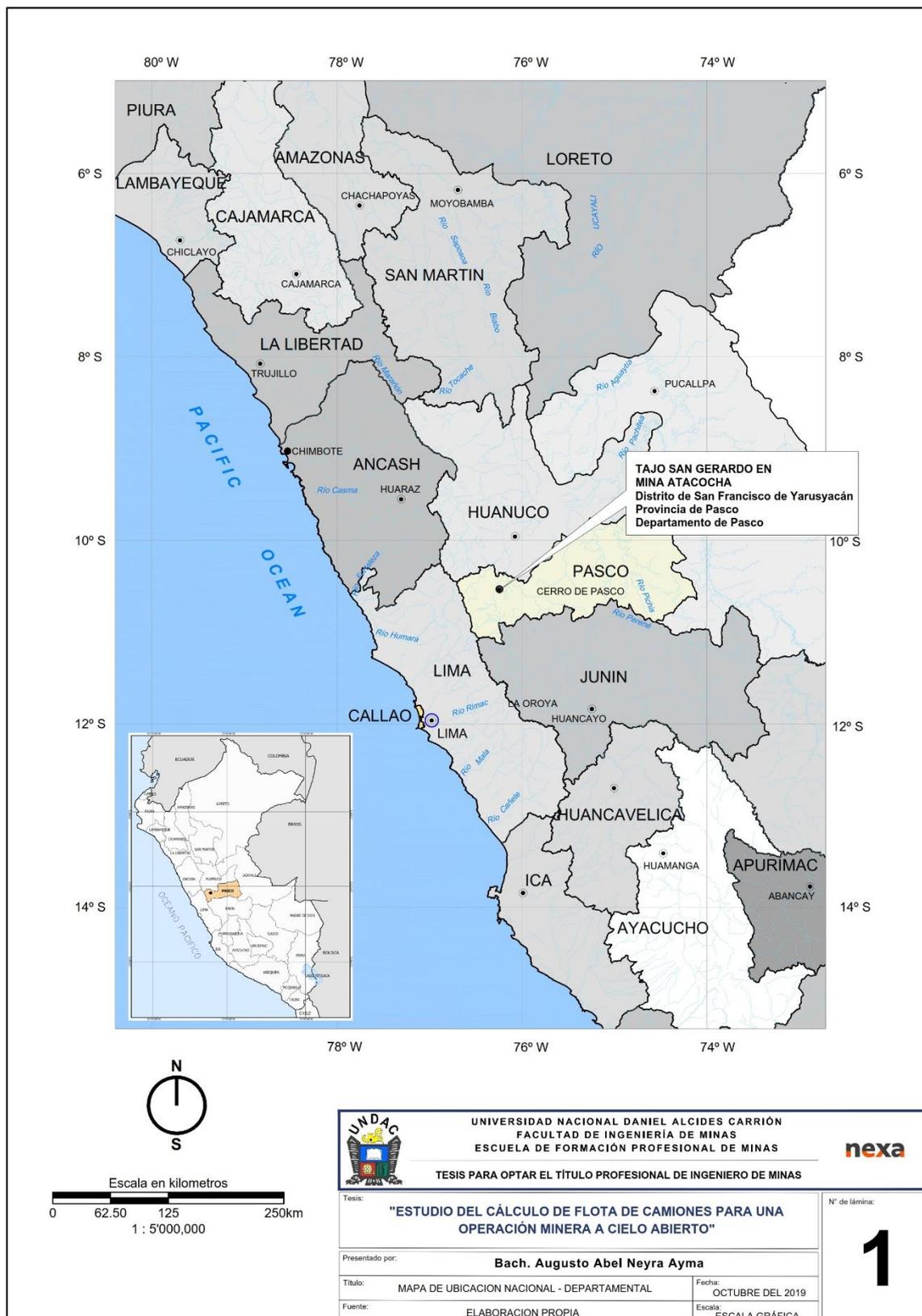
2.1.2.1. Ubicación.

La unidad minera Atacocha está ubicada en el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, en el paraje de Atacocha, distrito de San Francisco de Yarusyacán, provincia de Pasco, departamento de Pasco. Atacocha es un yacimiento ubicado a unos 15 Km. al Noreste de la ciudad de Cerro de Pasco, a una altitud media de 4050 msnm. Ver Lámina 1 y Lámina 2 de las páginas 24 y 25, respectivamente.

2.1.2.2. Accesibilidad.

El acceso a la mina Atacocha desde Chicrín, es mediante una trocha carrozable de 7 Km. de longitud, con un desnivel de 450 metros. La mayoría de los poblados y ciudades importantes aledañas, se encuentran en las márgenes de las nacientes del río Huallaga, entre las cuales destacan Chicrín, Sharca, Yanacancha, Cajamarquilla, Tíclacayán y Malauchaca. En el croquis que se presenta a continuación se tiene la ubicación la unidad minera.

La mina Atacocha ha sido adquirida por **Milpo** en noviembre de 2008 y actualmente Milpo vendió a la Empresa Nexa Resources Perú S.A.A., produce concentrados de zinc, plomo y cobre, con contenidos de oro y plata, a través de la flotación de mineral en su propia planta concentradora, la misma que tiene una capacidad instalada de 4,400 toneladas por día.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS				
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS				
Tesis: "ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina:			
Presentado por: Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		<h1>1</h1>			
Título: MAPA DE UBICACION NACIONAL - DEPARTAMENTAL				Fecha: OCTUBRE DEL 2019	
Fuente: ELABORACION PROPIA				Escala: ESCALA GRÁFICA	

Lámina 1. Mapa de ubicación nacional - departamental

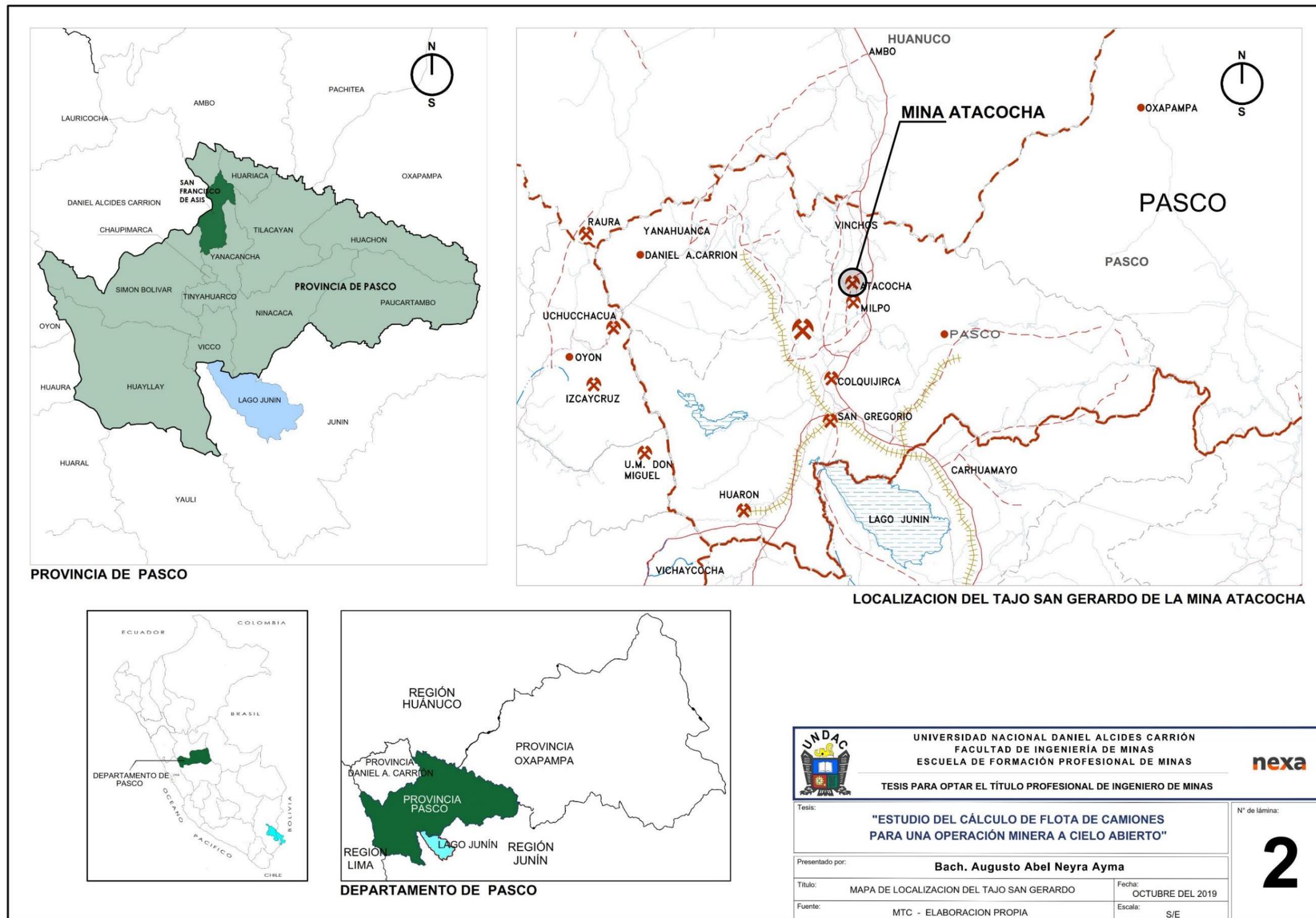


Lámina 2. Mapa de localización del tajo San Gerardo - mina Atacocha

Actualmente, esta Unidad Minera se encuentra en un proceso de integración operativa con la Unidad Minera El Porvenir, el mismo que tiene como objetivo capturar importantes sinergias entre ambas unidades considerando su proximidad y similitudes operativas.

Principales Indicadores

Producción Estimada de Finos anual:

Zinc - 30 mil tmf

Cobre - 1 mil tmf

Plomo - 14 mil tmf

Contenido Estimado de Plata anual:

Plata - 2 millones de onzas.

Ficha Descriptiva

Parte del Grupo Milpo: Adquirida en Noviembre de 2008.

Características: Mina polimetálica subterránea.

Producción: Produce concentrados de zinc, plomo y cobre con contenidos de plata y oro

Volumen de Producción: 4,400 toneladas por día.

Principales Indicadores

Producción Estimada de Finos anual:

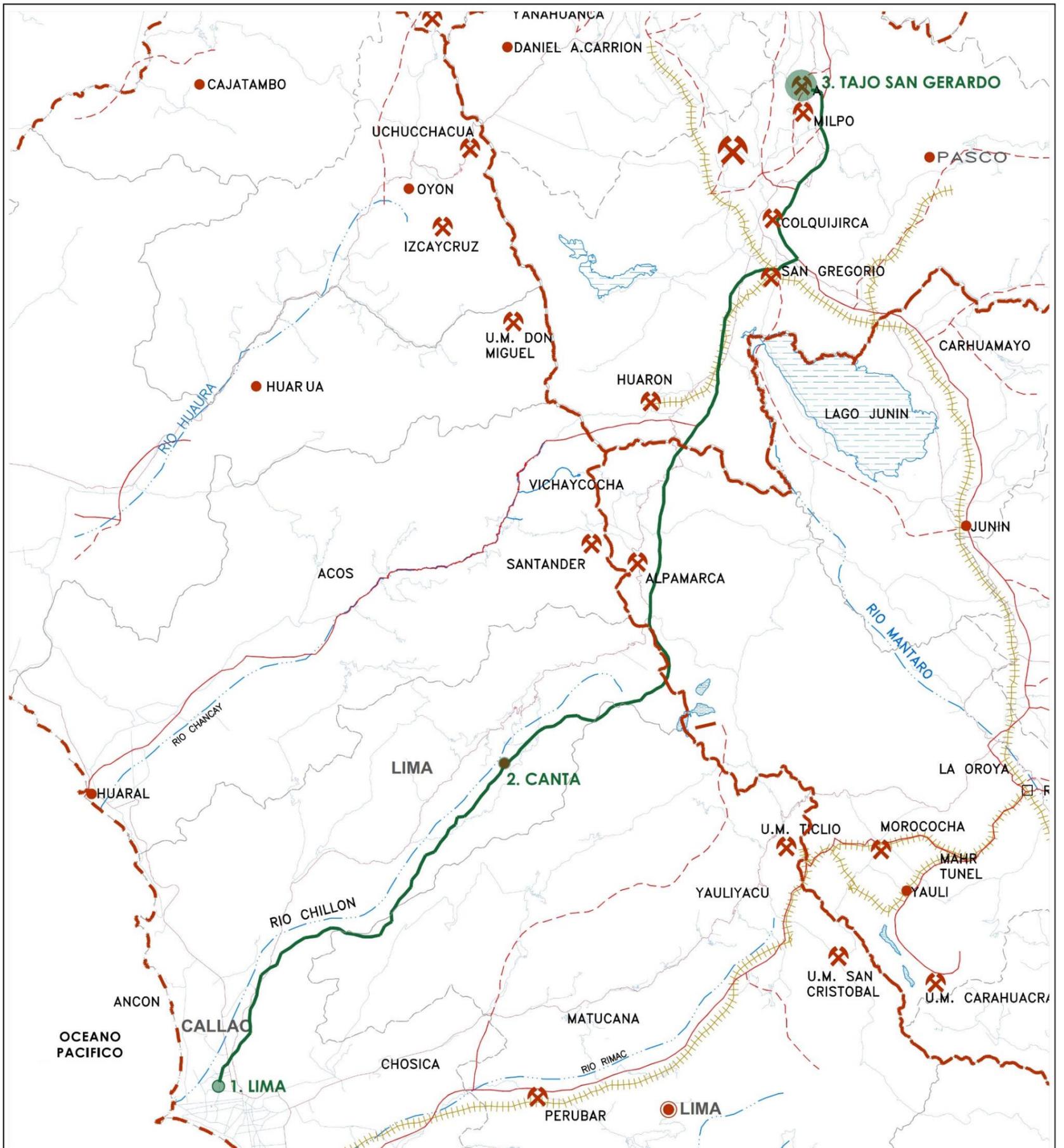
Zinc - 177 mil tmf

Cobre - 39 mil tmf

Plomo - 15 mil tmf

Contenido Estimado de Plata anual: Plata = 3 millones de onzas.

La planta concentradora de Chicrín está a una altitud de 3,600 msnm y es accesible por la carretera central Lima-Huánuco a la altura del kilómetro 324. El acceso a la mina Atacocha desde Chicrín es una trocha carrozable de 7 km. de longitud que cubre un desnivel de 450 metros. Ver la Lámina 3 de la página 28.



LEYENDA

RUTA DE ACCESIBILIDAD

 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS		
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
Tesis: "ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina: 3
Presentado por: Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		
Título: MAPA DE ACCESIBILIDAD AL TAJO SAN GERARDO	Fecha: OCTUBRE DEL 2019	
Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	Escala: S/E	

Lámina 3. Mapa de accesibilidad al tajo San Gerardo

2.1.2.3. Clima y Vegetación.

El clima de Atacocha es típico de la sierra peruana. Es decir, un clima de puna caracterizado por ser seco y frío durante todo el año, con precipitaciones de cuatro a cinco meses del año en forma de lluvias, granizos o nevadas. Estos se acentúan de diciembre a marzo. De junio a agosto, generalmente, las precipitaciones son mínimas. El promedio local es de 956.6 milímetros por año.

Las temperaturas varían levemente de estación a estación, con pronunciadas permutas durante el día y la noche. Oscilan de 5 a 25 °C. La temperatura promedio anual es de 11,5 °C. El ambiente es mayormente seco, pues la humedad es relativamente baja.

La velocidad promedio de los vientos es de 2.2 kilómetros por hora y una dirección predominante nornoroeste. Estos son más violentos de junio a setiembre. Esta región posee una evaporación promedio anual de 1,556 milímetros. (Bazán, 2016)

2.1.2.4. Topografía y Fisiografía.

En el área de influencia del emplazamiento minero, existen hasta tres zonas morfológicas muy distintas entre sí, la superficie Puna, la zona cordillerana y la zona de valles peri glaciales.

El relieve es accidentado, con valles profundos, de gran longitud, pero de ancho reducido y con vertientes de fuerte inclinación. El relieve, se encuentra interrumpido por algunos cauces de ríos de pendientes moderadas y algunos picos dispersos. Los valles

principales tienen una inclinación generalizada de Sur a Norte, convergiendo hacia ellos los valles afluentes.

La topografía, se caracteriza por relieves fuertemente ascendentes, que llegan hasta los 4,500msnm de altitud. El área de estudio, posee desniveles topográficos progresivos, que varían de 200 a más de 400 metros; los cuales condicionan el desarrollo de laderas con pendientes muy variables, que van desde planicies (20° a 40°), ubicadas al fondo de la quebrada, hasta laderas escarpadas, ubicadas en las partes altas.

El área en estudio, se encuentra rodeada por el río Tingo hacia el Oeste y por el río Huallaga hacia el Este, limitando por el Norte con la comunidad minera de Cerro de Pasco. El pico más alto de la zona es el Pumaratanga, el cual, tiene una elevación de 4,560 msnm. A lo largo del cañón del río Huallaga, sus flancos presentan taludes de hasta 60° y 70° . (Calderón, 2017)

2.1.2.5. Reseña Histórica.

La Compañía Minera Atacocha S. A. A. fue constituida el 8 de febrero de 1936 por los españoles Pedro Montori y Francisco Gallo D. Se extrae zinc, plomo, cobre y plata. Desde un principio, la compañía buscó acondicionar las labores existentes en el momento en que se constituyó dentro de una posición como para recibir y acomodarse a un gradual proceso de mecanización en la explotación de la mina.

En el primer año de operaciones, las actividades se concentraron en la nivelación y ensanche del socavón San Ramón en el Nivel 4000 para ser utilizado como nivel de extracción de la mina. Los trabajos de explotación desarrollados en vetas a partir del Nivel 4000 permitieron comprobar que estas vetas representaban los límites de un cuerpo mineralizado único.

En los dos años siguientes de operación (1938), se terminaron de construir la Central Hidroeléctrica de Marcopampa (la segunda turbina recién fue instalada en 1943) y la Planta Concentradora 1 en Chicrín.

En 1952 se terminó la construcción del Nivel 3600, con una longitud de 2,700 metros, que permitió tener un nuevo nivel principal de acceso y transporte a las labores subterráneas. Así, se facilitó la extracción y transporte del mineral a la Planta Concentradora 2, ubicada también en Chicrín. En 1953 entró en funcionamiento la Central Hidroeléctrica de Chaprín.

A partir del desarrollo de las faenas de rastreo y extracción de mineral, además de las labores emprendidas a partir del pique 533 que unía el Nivel 3600 con el 3900, se descubrió otro importante cuerpo mineralizado por debajo. Se comprobó que se trataba de la mineralización más extensa descubierta en Atacocha.

Al inicio, las labores de explotación eran ejecutadas mediante el método de Square Set. Hoy este ha sido reemplazado en su totalidad por el método de corte y relleno ascendente mecanizado

con perforación horizontal en Breasting. *En la zona alta, desde el año 2014, se ejecuta la explotación del tajo abierto San Gerardo, lugar del presente trabajo de investigación.*

El 29 de octubre del año 2008, Votorantim Andina Perú S. A. C., empresa subsidiaria del Grupo Votorantim Metais, llegó a un acuerdo de compra con accionistas de la compañía para la adquisición de acciones de la Empresa que representan el 91,00%. El 10 de noviembre del año 2008, La Compañía Minera Milpo S.A.A. se convirtió en titular indirecto de 233 788,781 acciones que representan el 69,75% de las acciones del capital social de la Compañía, al haber asumido la condición de titular del 100% de las acciones de Votorantim Andina Perú S. A. C. Es así que desde esa fecha, Atacocha forma parte del Grupo Milpo.

Es así que desde noviembre del 2008 forma parte del Grupo Milpo, como subsidiaria de Compañía Minera Milpo S. A. A. (“Milpo”), que posee 91.00% de las acciones representativas con derecho a voto (a través de Milpo Andina Perú S. A. C.), la cual a su vez, forma parte del importante grupo empresarial brasileño Votorantim. (Reyna, 2016)

En 2013, debido a la política intensa de reducción de costos y a la caída del precio de los metales, se implementó un nuevo método de explotación: el minado a tajo abierto en San Gerardo, pues existían reservas en la parte superficial.

Esta unidad minera se encuentra en un proceso de integración operativa con la unidad minera El Porvenir, que pretende capturar importantes sinergias entre ambas unidades considerando su proximidad y similitudes operativas. (Bazán, 2016)

Actualmente la Cía. Minera Atacocha S.A.A. pertenece a la Empresa Nexa Resources Perú S.A.A.

2.1.3 Geología.

2.1.3.1. Geología Regional.

El yacimiento Atacocha se ubica en los Andes Centrales del Perú, en un contexto geológico regional constituido por rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, respectivamente separadas por discordancias de erosión.

Las secuencias estratigráficas que se definen a escala regional corresponden al Grupo Mitu, Grupo Pucará, Formación Goyllarisquizga y Formación Pocobamba. Estas unidades estratigráficas han sido instruidas en varias localidades por sistemas de intrusiones en dos generaciones de edad (11-15 Ma y 25-30 Ma).

Estos sistemas de intrusiones se definen en dos corredores estructurales definidos: el corredor estructural al Oeste (Cerro de Pasco-Colquijirca), en la meseta de Junín, y el corredor estructural Este (Milpo-Atacocha), en la faja subandina hacia la naciente de los valles amazónicos.

Los principales contextos estructurales de la región se caracterizan por los sistemas de fallas NS y NW-SE, donde se emplazan los distritos mineros de Cerro de Pasco-Colquijirca y el sistema estructural Norte-Sur (primario) y Este-Oeste (secundario) de Milpo-Atacocha-Machcan hacia la base de las secuencias del Pucará (Jurásico inferior).

En la región de Cerro de Pasco han sido reconocidos tres cinturones magmáticos de distinta edad relacionados a yacimientos hidrotermales de la familia de los pórfidos de cobre. Un cinturón antiguo (de 38 a 35 Ma) ha desarrollado sistemas hidrotermales epitermales de metales preciosos del tipo alta sulfuración en Quicay y Pacoyán. Un segundo belt más joven (29-26 Ma) comprende intrusivos generalmente dacíticos que han generado skarns asociados a mineralización de Zn-Pb-Ag-Cu en Milpo, Atacocha, Machcan y Vinchos.

Un cinturón más joven y prolífico es el desarrollado de 15 y 10 Ma y que comprende los históricos distritos mineros de Cerro de Pasco y Colquijirca. Se trata de centros volcánicos de tipo domo-diatrema, generalmente dacíticos relacionados con depósitos polimetálicos sin relación a skarn (cordilleranos), y pequeñas manifestaciones epitermales de metales preciosos del tipo alta sulfuración.

Implicancias metalogenéticas

Según las condiciones geológicas regionales que presentan eventos de intrusiones cuarzodioríticas en un contexto de rocas calcáreas del

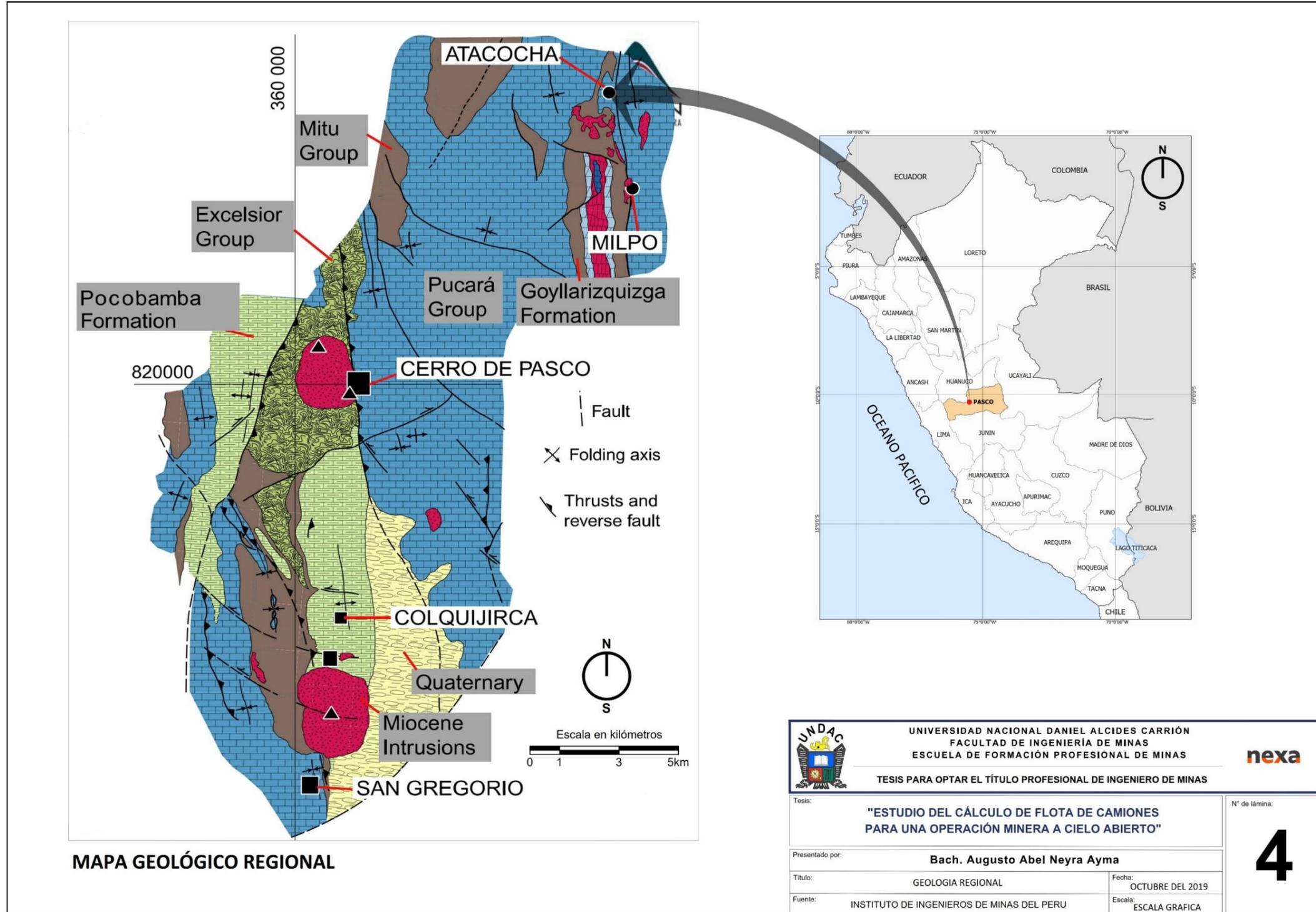
Grupo Pucará y detríticas del Grupo Goyllarisquizga y sistemas de fallas activas durante los eventos de mineralización y preconditionando a estos, se describen los sistemas estructurales-geológicos que condicionan la ocurrencia de mineralización.

La intersección de estructuras tipo fallas y/o paleofallas activas durante la sedimentación son evidenciadas en el distrito Atacocha-Milpo por la acumulación de unidades litológicas locales, así como la complejidad o desarmonía estructural en relación con el contexto estructural de la zona.

Por otro lado, la presencia de intrusivos alterados y las evidencias de actividad hidrotermal premineralizantes relaciones tipo *skarn* cálcicos o magnesianos, brechas silíceas, silicificación, sericitización, cloritización, propilitización, etcétera y, principalmente, las evidencias de mineralización de sulfuros económicos acompañados de metales como Ag, Pb, Cu y Au, caracterizan esta región metalogénica. Así, han sido acumulados de manera preferente en trampas litológicas, estructurales, químicas o combinadas.

En Atacocha, el evento geológico mineralizante se manifiesta por la formación de *skarn* de granates en el sector de Santa Bárbara con mineralización de zinc, plomo, plata y bismuto, mientras que entre San Gerardo y Falla 1 y en profundidad se formaron cuerpos mineralizados de reemplazamientos (orebodies), vetas, brechas heterolíticas con mineral de Ag, Pb y Zn, asociados a alteraciones

de *skarn* magnesianos y eventos hidrotermales de mediana-baja temperatura en forma adyacente o asociado a sistemas silíceos caracterizados por ensambles de sílice-sericita-halloysita. (Bazán, 2016). Ver Lámina 4 de la página 37.



MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS		
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
Tesis:	"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina:
Presentado por:	Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		4
Título:	GEOLOGIA REGIONAL		
Fuente:	INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DEL PERU		
	Fecha:	OCTUBRE DEL 2019	
	Escala:	ESCALA GRAFICA	

Lámina 4: Plano geológico regional

Fuente: Departamento de Geología de Nexa Resources Perú S.A.A.

1 *Geología Local.*

En el distrito de Atacocha predominan afloramientos de rocas clásticas y sedimentarias del mesozoico, que se han depositado en la gran cuenca de Pucará, igualmente son predominantes los afloramientos de rocas subvolcánicas de edad terciaria definidos en pequeños stocks (menores de 1 km²).

a. **Litología y Estratigrafía.**

En el área de operaciones mineras del yacimiento de Atacocha, se han diferenciado las siguientes unidades litológicas:

- a) **Grupo Pucará:** Unidades (A, B, C, D), Formación Chambará (E), Formación Aramachay (F), Formación Condorsinga y dolomías.
- b) **Brecha chértica**
- c) **Formación Goyllarisquizga:** Areniscas cuarzosas.
- d) **Basaltos**
- e) **Intrusivos:** Dacita, pórfido dacítico, cuarzo diorita con hornblenda o biotita.
- f) **Skarn:** Mármol, sílice wollastonita, skarn de granates, sílice skarn, pirita-arcillas-skarn.
- g) **Brecha silícea:** Sílice masiva, brecha silícea, sílice-skarn-clorita, sílice terrosa.

h) Brecha hidrotermal: Brechas calcáreas, brechas heterolíticas, brechas monolíticas, brechas cársticas.

i) Las rocas carbonatadas del Grupo Pucará: Constituyen las principales unidades estratigráficas que han sido diferenciados en seis unidades litológicas. Estas son:

- **Unidad A:** Se encuentra al Este de la falla Atacocha. Consta de calizas grises a gris oscuras, micritas a esparíticas con niveles de dolomías finas, calcarenitas y volcánicos finos verdosos. También se observan limolitas a dolomicritas compactas de tonalidad gris amarillenta. Esta unidad es la base de la Formación Chambará.
- **Unidad B:** Se ubica al este de la unidad anterior definida por posición estratigráfica suprayacente. La principal característica es su color gris oscuro a negro. En litología se caracteriza por la presencia de calizas micritas y dolomicritas gris oscuras a negras en estratos delgados a tabulares con niveles lenticulares bituminosos. Se caracteriza en muchos lugares de la mina por la obliteración de marmolización, silicificación, en sus niveles más competentes. Estas rocas corresponden a la parte intermedia de la Formación Chambará.
- **Unidad C:** En esta unidad estratigráfica se observa en el lado Este de la zona de trabajo, que consta de calizas chérticas monótonas grises micríticas a esparíticas en estratos métricos. También se han delimitado niveles dolomíticos. Se caracteriza por la dureza de las

secuencias litológicas que las representa. Esta unidad corresponde a la parte intermedia de la Formación Chambará.

- **Unidad D:** Esta unidad litológica tiene amplia distribución y ha sido identificada en las secciones Atacocha y Santa Bárbara. Consta de calizas beige claras variando de mudstone a grainstone intercalado con niveles dolomíticos de tonalidad beige clara. También se observan horizontes chérticos y bituminosos. Esta unidad es la parte superior de la Formación Chambará.
- **Unidad E:** Es la unidad litológica guía del yacimiento de Atacocha por sus características litológicas que consta de calizas negras micríticas, margas a lutitas negras. En muchos lugares la característica de este conjunto rocoso es obliterada por la marmolización, silicificación, sílice-sericita-arcillas, etcétera. En muchos lugares de la mina, la roca se encuentra alterada, forma calizas recristalizadas con decoloración teniendo tonalidades claras sin llegar a mármol (decalcificación). Estas rocas corresponden a la Formación Aramachay del Grupo Pucará.
- **Unidad F:** Se la ha observado en la sección Atacocha. Corresponde a los niveles superiores del Grupo Pucará denominado como la Formación Condorsinga. Consta de calizas grises a grises claras mudstone a packstone con horizontes fosilíferos y niveles dolomíticos.

- **Dolomías:** Se las observa en diversa posición estratigráfica dentro del Grupo Pucará. Se caracterizan por su tonalidad gris clara variando de dolomicrita a doloesparita con estratificación definida y compacta. Por la alteración, ha perdido la estratificación que caracteriza a todo el Grupo Pucará en el yacimiento de Atacocha.
- **Brecha chértica:** Se la observa en la sección de Atacocha. Se ubica, según su posición estratigráfica, entre el Grupo Pucará y el Grupo Goyllarisquizga. Consta de brechas chérticas rojizas con fragmentos de chert, calizas de tamaño seriado anguloso a subanguloso. La matriz es calcárea a sílicea. Se observan dos litologías. En una predominan fragmentos y matriz calcáreos. En la otra predominan fragmentos y matriz sílicea. En algunas muestras se observan, tanto en la matriz como en los fragmentos síliceos, elementos fosilíferos. Ello indica su asociación marina. Por áreas la coloración es de blanquecina a grisácea, producto de la alteración sílice-sericita-halloysita o serpentina-jasperoides, respectivamente.
- **Areniscas cuarzosas:** Esta unidad litológica corresponde a parte del Grupo Goyllarisquizga, que se caracteriza por la predominancia de areniscas con abundantes granos de cuarzo del tamaño de arena. Algunos niveles tienen muchos granos de feldespatos o elementos arcillosos, que adquieren la denominación de arcosas. La matriz es arcillosa a sílicea, en los niveles sobre el 4000. Las características litológicas y de estratificación están

definidas y fáciles de reconocer. Sin embargo, existen áreas con fuerte alteración hidrotermal que forman brechas hidrotermales con matriz de sílice-sericita-arcillas (halloysita, montmorillonita, kaolinita), debajo del Nivel 4000. La alteración ha obliterado con fuerte intensidad la roca original, lo que forman brechas silíceas, sílice masiva en la que aún es factible reconocer la presencia de granos de cuarzo y en escasos lugares la estratificación.

- **Basaltos:** Esta unidad subvolcánica a volcánica se observa en sondajes al suroeste de la mina debajo de las zonas de Cherchere y San Gerardo. Está constituida por basaltos grises a verdosos en masa fundamental constituida por vacuolas verdosas de zeolitas con indicios de flujos que engloba fenocristales de olivino, ilmenita, magnetita. El conjunto de rocas intrusivas tiene forma de diques subparalelos de dirección principal Norte-Sur, lo que evidencia un control estructural de los diques. Se observa en tres lugares: una en la parte central de Santa Bárbara, otra en la parte sur y a lo largo de la falla Atacocha y la tercera al sur de la sección 3. Según características litológicas, se presentan similares. Se observan dos unidades litológicas principales, definidas por la presencia de cuarzo en forma de fenocristales que son dacita y pórfido dacita.
- **Dacita:** Se caracteriza por fenocristales de feldespatos y muy escaso cuarzo en masa fundamental microlítica. Se tienen dos

variedades: una con predominio de biotita y la otra con mayor porcentaje de hornblenda.

- **Pórfido dacítico:** Se caracteriza por la abundancia de fenocristales de cuarzo. Se observan las dos variedades (biotita u hornblenda) citadas antes.
- **Cuarzo diorita:** Está constituido por cristales alargados de feldespatos de hasta 6 milímetros de eje mayor, con algunos ojos de cuarzo y agregados de cristales bien formados de biotitas negruscas, alterándose a colores verduscos y blanquecinos transparentes o cristales puntuales de hornblendas, en una matriz microcristalina de color grisáceo. Está compuesto por plagioclasas y cuarzo fino. Acompañan diseminaciones de piritita. También se distinguen las dos variedades citadas: biotita u hornblenda.

El siguiente grupo litológico se asocia a la alteración metasomática de contacto con la definición de rocas del sistema skarn. Las principales son:

- **Mármol:** Roca blanquecina de textura cristalizada-esparítica. De fuerte reacción al ácido clorhídrico (HCl). Se han observado dos tipos principales: mármol calcáreo y mármol dolomítico. Se observan relictos de textura de caliza fosilífera (bivalvos) y nódulos irregulares de sílice gris (chert) bordeados de wollastonita blanquecina y calcita.

- **Sílice-wollastonita:** Esta asociación mineralógica es parte del sistema de skarn cálcico. Es de gris claro a blanco lechoso con textura brechoide de agregados masivos y ocasionalmente de textura fibrosa radial de wollastonita. A veces quedan relictos de mármol blanquecino con bordes silíceos, además agregados de sílice gris en forma de nódulos irregulares, las que presentan un zoneamiento de sílice gris a los bordes pasando a sílice masiva gris brechada.
- **Skarn de granates:** Se ha adoptado la denominación de skarn cuando el porcentaje de granates es mayor de 50%, lo que permite diferenciar varias unidades que se relacionan con la mineralización. El skarn cálcico se identifica por granates marrones y verdes que se caracterizan por su grado de cristalización media a fina, de coloración marrón claro con tonalidades amarillentos (andradita) de aspecto sacaroideo. También se presentan de color verde claro (grosularia) de cristalización fina. El skarn de piroxenos es escaso en el yacimiento. Se asocia con granates verdes afaníticos de una tonalidad clara y con muy poca presencia de sulfuros. El skarn de magnetita se caracteriza por la magnetita. Se presenta en tramos de granates verdes y se asocian a la pirita y, menos frecuente, a la pirrotita.
- **Sílice-skarn:** Esta asociación mineralógica se constituye de sílice fina masiva con skarn en porcentaje menor de 30%. La sílice es

mayor de 50%. Ocasionalmente se asocia con wollastonita, arcillas. El skarn está en venillas, en ojos o diseminada. Ocupa la segunda etapa de cristalización.

- **Pirita-arcillas-skarn:** La siguiente asociación mineralógica está constituida por pirita fina masiva (Py I), que varía de 80% a 30%, arcillas blanquecinas, que varía de 10% a 30%, y skarn verde de grano medio a fino, que varía de 0% a 20%. En ciertas zonas la pirita reemplaza o adquiere la forma pseudomórfica de macrogranates.

La siguiente litología es del sistema silíceo y se relaciona con la alteración sílice-sericita-halloysita, observada principalmente al oeste de la falla Atacocha. Se diferenciaron las siguientes litologías:

- **Sílice masiva:** Es la litología principal de este tipo de roca y se constituye por sílice masiva fina blanquecina, la cual ha reemplazado en forma total al protolito que principalmente fue caliza. Cuando el protolito corresponde a arenisca o brecha chértica, los granos o fragmentos de sílice son factibles de reconocer. El color de la roca es blanco y de alta dureza, masivo compacto. Se han perdido los signos de sedimentación original.
- **Brecha silícea:** Se caracteriza por su color blanquecino de textura brechada, constituidas de fragmentos subredondeados a subangulares de tamaños variables desde milímetros hasta

centímetros. También posee sílice opalina gris, sílice opalina blanco lechoso y sílice granular, englobadas en una matriz de sílice granular blanquecina, con venillas delgadas de sílice blanca. Ocasionalmente se observan pequeñas cavidades con intercrecimientos de cristales de cuarzo. Asimismo, engloba fragmentos de areniscas y de calizas del Grupo Pucará, dependiendo del protolito brechado.

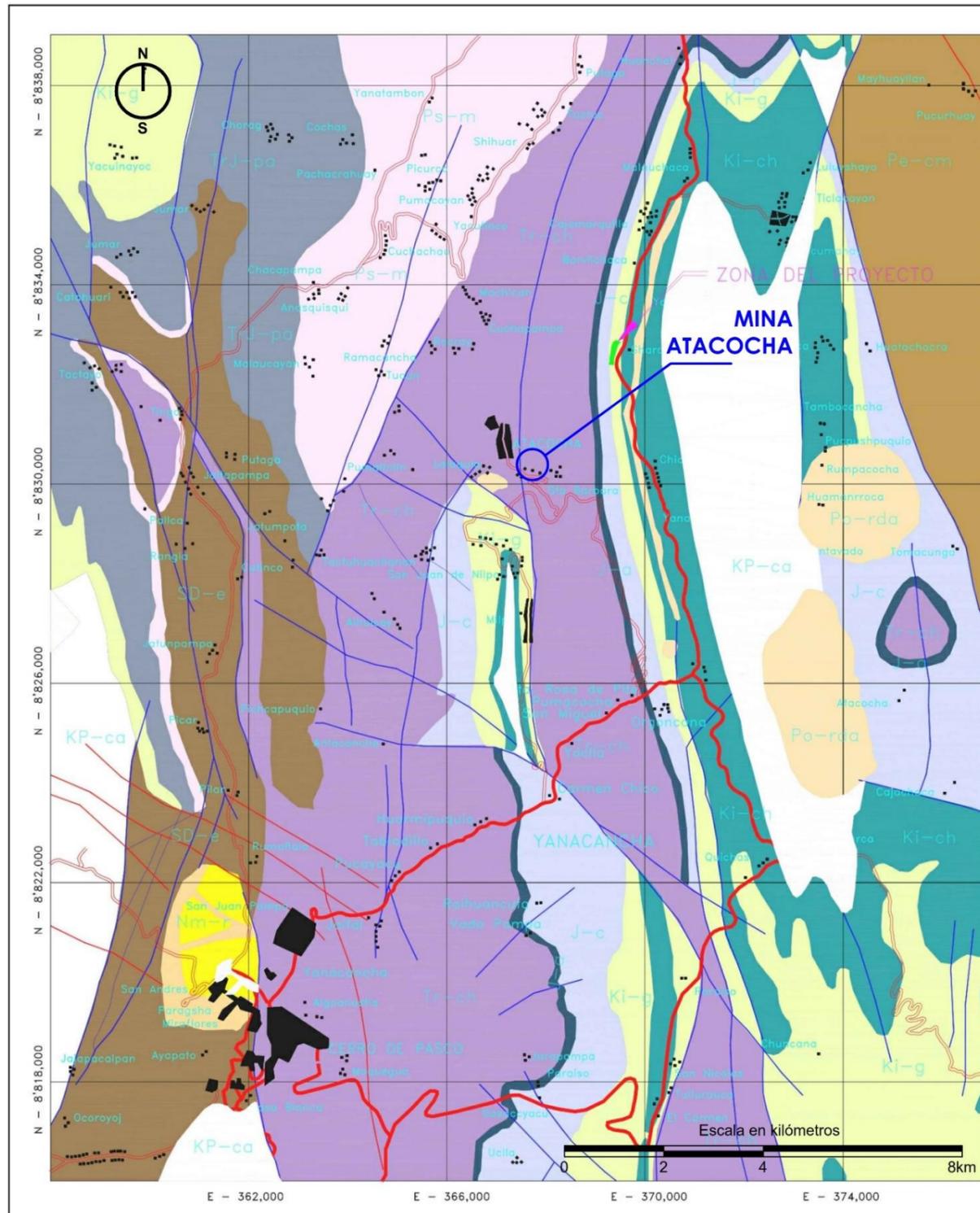
- **Sílice-skarn-clorita:** Esta asociación litológica consta principalmente por sílice de gris a blanquecina masiva en una primera etapa, seguida por venas a vetillas de skarn verde acompañada de venillas de clorita y en algunas zonas con hematita. Está relacionada con un fuerte fracturamiento acompañada por mineralización económica.
- **Sílice terrosa:** Consta de sílice gris blanquecina suelta constituida por elementos de sílice, que han sido pobremente cementados por arcillas en escasa proporción. En algunos lugares tiene la apariencia de fuerte fracturamiento.

Las rocas del sistema de brechas hidrotermales y relacionadas con el último evento de alteración-mineralización han sido diferenciadas según las siguientes unidades litológicas:

- **Brechas calcáreas:** Consta de fragmentos subangulosos a subredondeados de calizas, mármol, etcétera. En algunas zonas los fragmentos son monolíticos y en otros son heterolíticos, de

tamaños variados. La matriz es calcárea y de coloración gris. En algunas zonas es gris oscura algo bituminosa con muy escasa pirita.

- **Brechas heterolíticas:** Son rocas de color gris clara plomiza, de textura brechada, constituida por fragmentos y matriz. Los fragmentos son subangulosas, de calizas negras mudstone, sílice-blanquecinos, sílice con venillas de sílice-pirita, mármol con sílice-wollastonita y calcita. Los tamaños varían, se engloban en una matriz color negro bituminoso de raya suave y sedoso, acompañada de pirita diseminada. La mineralización se emplaza en la matriz en forma de venillas, diseminadas, ojos o formas subredondeadas que son crecimiento o reemplazamiento de mena.
- **Brechas monolíticas:** Es muy similar a la brecha heterolítica. La única diferencia son los fragmentos, de una litología caliza o intrusivo, que predomina.
- **Brechas kársticas:** Están constituidas por fragmentos de calizas, mármol, sílice, skarnoides, intrusivos. Los fragmentos de brechas son de subangulosos a subredondeados. Se diferencian de otras por la matriz de sedimentos subhorizontales de material carbonatado con fragmentos de mineral. En algunos casos, el material tiene sedimentos laminares de sílice-sericita arcillas, lo que implica la mezcla de dos procesos kársticos calcáreos y kársticos hidrotermales.



CUADRO ESTRATIGRAFICO						
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES SEDIMENTARIAS VOLCANICAS METAMORFICAS		UNIDADES INTRUSIVAS	
			SIMBOLOS	DESCRIPCION	SIMBOLOS	HIPABASALES
CEONOZOICA	NEOCENO	Mioceno	Nm-r	Volcánico Rumilaca		
	PALEOCENO				Po-rda	Riodacita
MESOZOICA	CRETACEO	Superior	KP-ca	Formación Casapalca		
		Inferior	KI-ch	Formación Cholle		
			KI-g	Grupo Goyllarizquizga		
	JURASICO	Inferior	Trj-pa	Grupo Pucara		
			J-a	Grupo Pucara		
			J-c	Grupo Pucara		
			Tr-ch	Grupo Pucara		
PALEOZOICA	PERMICO	Superior	Ps-m	Grupo Mitu		
	DEVONIANO	Superior	SD-ms	Grupo Excelsior		
NEOPROTEZOICO			Pe-cm			



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



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

Tesis: "ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"	N° de lámina: 5
Presentado por: Bach. Augusto Abel Neyra Ayma	
Título: GEOLOGIA LOCAL	Fecha: OCTUBRE DEL 2019
Fuente: COMPANIA MINERA ATACOCHA - ELABORACION PROPIA	Escala: ESCALA GRAFICA

Lámina 5. Mapa geológico local

2 *Geología Estructural.*

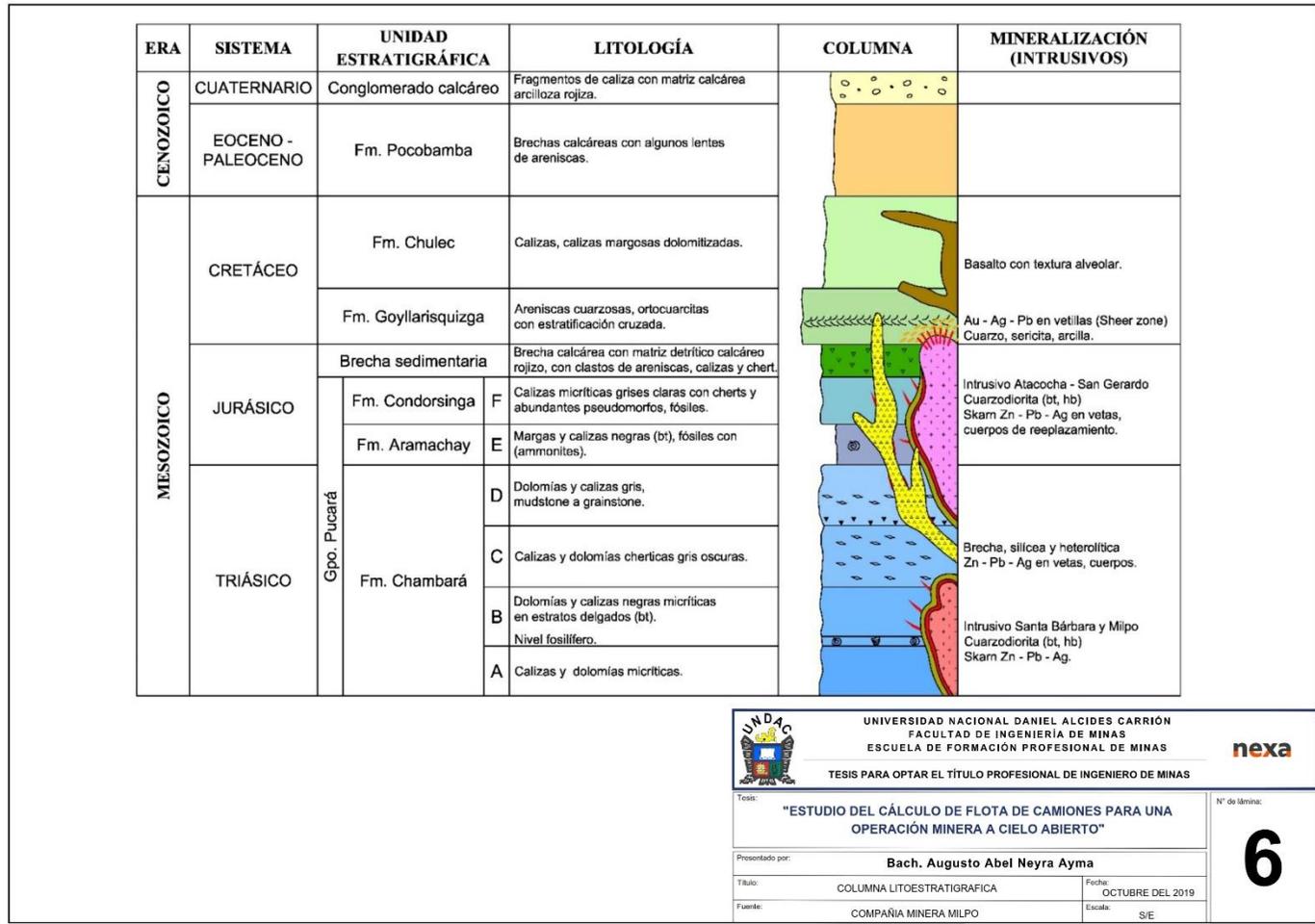
Las zonas de operación mineras actuales de Atacocha, secciones Atacocha, San Gerardo y Santa Bárbara, se ubican en el norte-noroeste y noreste de la intersección de las fallas principales Atacocha, Falla 1 y Falla 13.

Se observan dos zonas estructurales separadas por la falla Atacocha. La primera es la sección Santa Bárbara, al Este de la falla Atacocha, en el homoclinal con estratos de dirección Norte-Sur buzando 80° al Este atravesado por el intrusivo Santa Bárbara, que es un sistema de diques con dirección general Norte-Sur. La parte Sur tiene rumbo Norte-Noroeste. La parte central es Norte-Sur y la parte norte posee dirección Noreste, que implica fuerte control estructural.

La sección Atacocha está al Oeste de la falla Atacocha. Se ubica en profundidad, a lo largo del eje del sinclinal fallado y volcado, con dirección casi Norte-Sur, lo cual indica fuerte compresión hacia el Este. En esta sección, a medida que se profundiza hacia el Sur, se caracterizan mayores ocurrencias de cuerpos intrusivos, que constituyen diques con dirección Norte-Sur.

Se han determinado tres sistemas o cuerpos intrusivos. El primero son los intrusivos, que son de dos direcciones principales: uno NS (Santa Bárbara) y el otro NW (San Gerardo). El segundo es el sistema silíceo de dirección Norte-Sur. El tercero son brechas heterolíticas de dirección principal Norte-Sur, con fuerte control estructural relacionado con las fallas Atacocha, 1 y

13. Ver Lámina 6. Columna litoestratigráfica de la mina Atacocha de la pág.
52.




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

nexa

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

Tesis: "ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"

Presentado por: **Bach. Augusto Abel Neyra Ayma**

Título: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA Fecha: OCTUBRE DEL 2019

Fuente: COMPAÑÍA MINERA MILPO Escala: S/E

6

Lámina 6. Columna litoestratigráfica de la mina Atacocha

b. **Análisis Estructural sin Mineralización.**

Según las características estructurales descritas y que se relacionan con la mineralización en Atacocha, el contexto estructural pre-sin mineralización fue de la siguiente forma:

Alrededor de 30 millones de años (Oligoceno), el contexto estructural fue definido por la falla Atacocha, que presenta evidencias de corresponden a un sistema de fallas activas desde la formación de secuencias del Grupo Pucará, habiendo controlado la sedimentación del este grupo evidenciado por los cambios de grosores y facies de los carbonatos, Pucará tanto hacia el Este y Oeste de la falla Atacocha. También se manifiesta por la presencia de las brechas chérticas a calcáreas solo al Oeste de la falla Atacocha, en consecuencia las fases tectónicas Peruana e Incaica de 65 y 40 Ma.

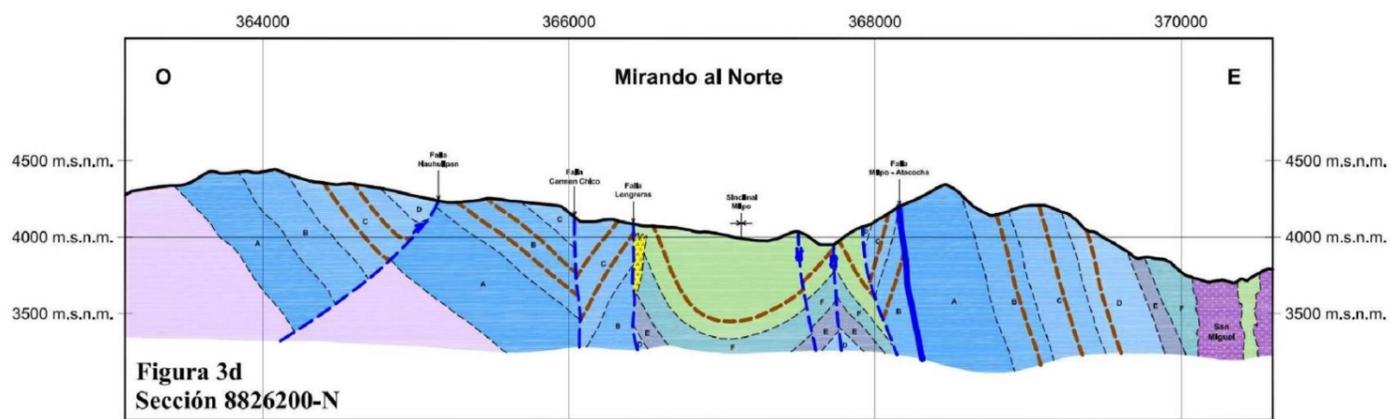
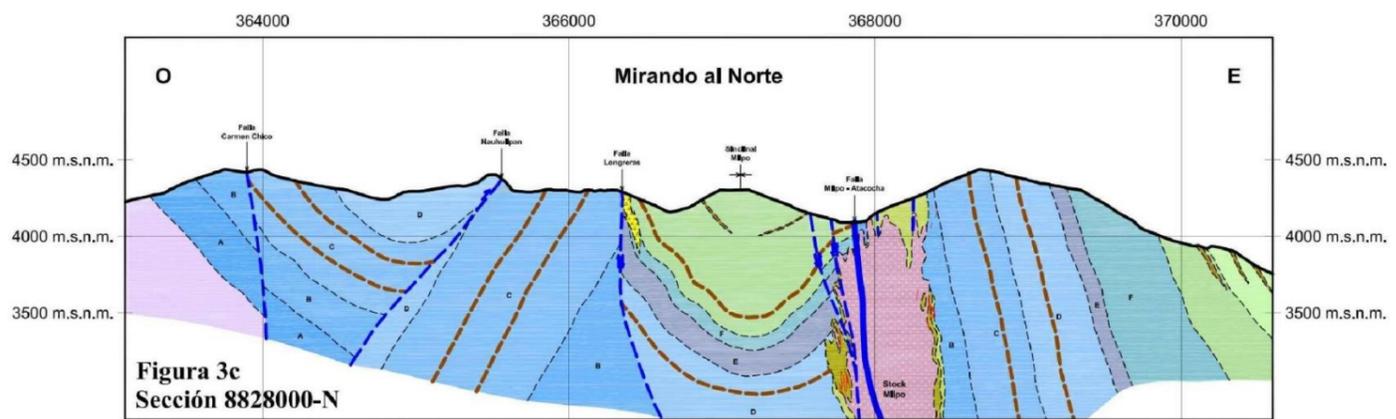
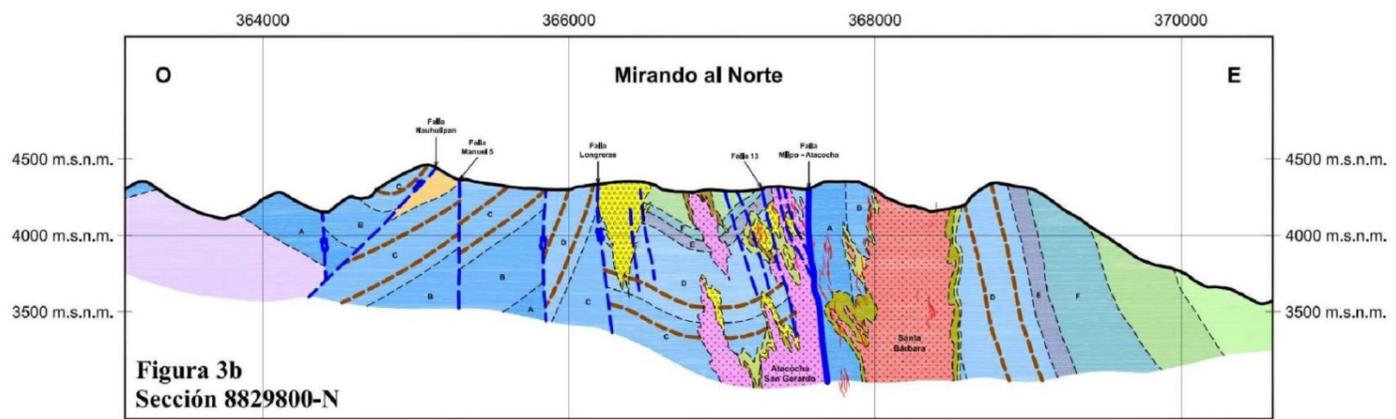
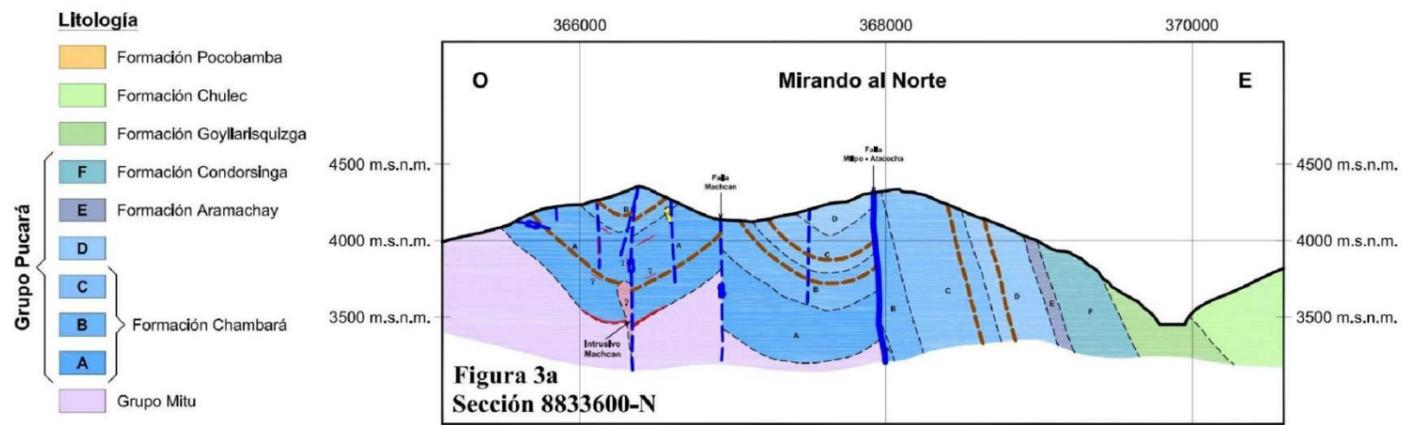
Configurar el patrón estructural algo similar al actual en la que el bloque Este fue rígido y el bloque Oeste fue más activo con formación de pliegues y fallas. Esto a consecuencia de que el empuje fue del Oeste al Este, formando pliegues simétricos a asimétricos con convergencia hacia el oeste en forma progresiva desde la Fase Peruana con suaves pliegues, luego aumentando el plegamiento en la Fase Incaica y definiendo suposición actual en las fases Quechua.

En el caso de Atacocha, la Falla 1, actuó como zona de debilidad corriendo casi paralelo al eje del sinclinal y a medida que ocurría el acortamiento los estratos que estaban en posición normal por efecto de acortamiento se reducía el espacio llegando a colocarse en posición invertida. Por ello, se tiene el sinclinal seccionado, aunque más que sinclinal constituye un zona de

fallamiento y fracturamiento intenso y es la zona de debilidad por donde ascendieron los fluidos silíceos, brechas heterolíticas, fluidos mineralizantes, etcétera.

Los cuerpos intrusivos de 25 a 30 millones de años inician la historia del yacimiento de Atacocha, los cuales se emplazaron con marcado control estructural porque constituyen un sistema de diques con dos direcciones: una de Norte-Sur y la otra al Noroeste, las cuales son paralelas o son del sistema de las fallas alimentadoras Atacocha, 1 y 13.

Al final de las intrusiones, se configura el patrón estructural principal del yacimiento Atacocha, los cuales han gobernado el emplazamiento posterior del sistema silíceo y del sistema brechas “heterolíticas”, las cuales fueron reactivaciones de los patrones estructurales que controlaron el emplazamiento de los intrusivos indudablemente amoldándose a los espacios vacíos. Ver Lámina 7. Perfiles geológicos que se encuentra en la página 55.

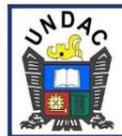


- Basalto
- Brecha silícea
- Intrusivo Machcan
- Intrusivo Atacocha - San Gerardo
- Intrusivo Santa Bárbara
- Stock Milpo
- Intrusivo San Miguel

- Alteración**
- Skarn
 - Mármol

- Estructura**
- Falla
 - Falla inferida
 - Mineral
 - Horizonte estratigráfico

0 1 Km



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

nexa

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

Tesis:

"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES
PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"

N° de lámina:

7

Presentado por:

Bach. Augusto Abel Neyra Ayma

Título:

PERFILES GEOLÓGICOS

Fecha:

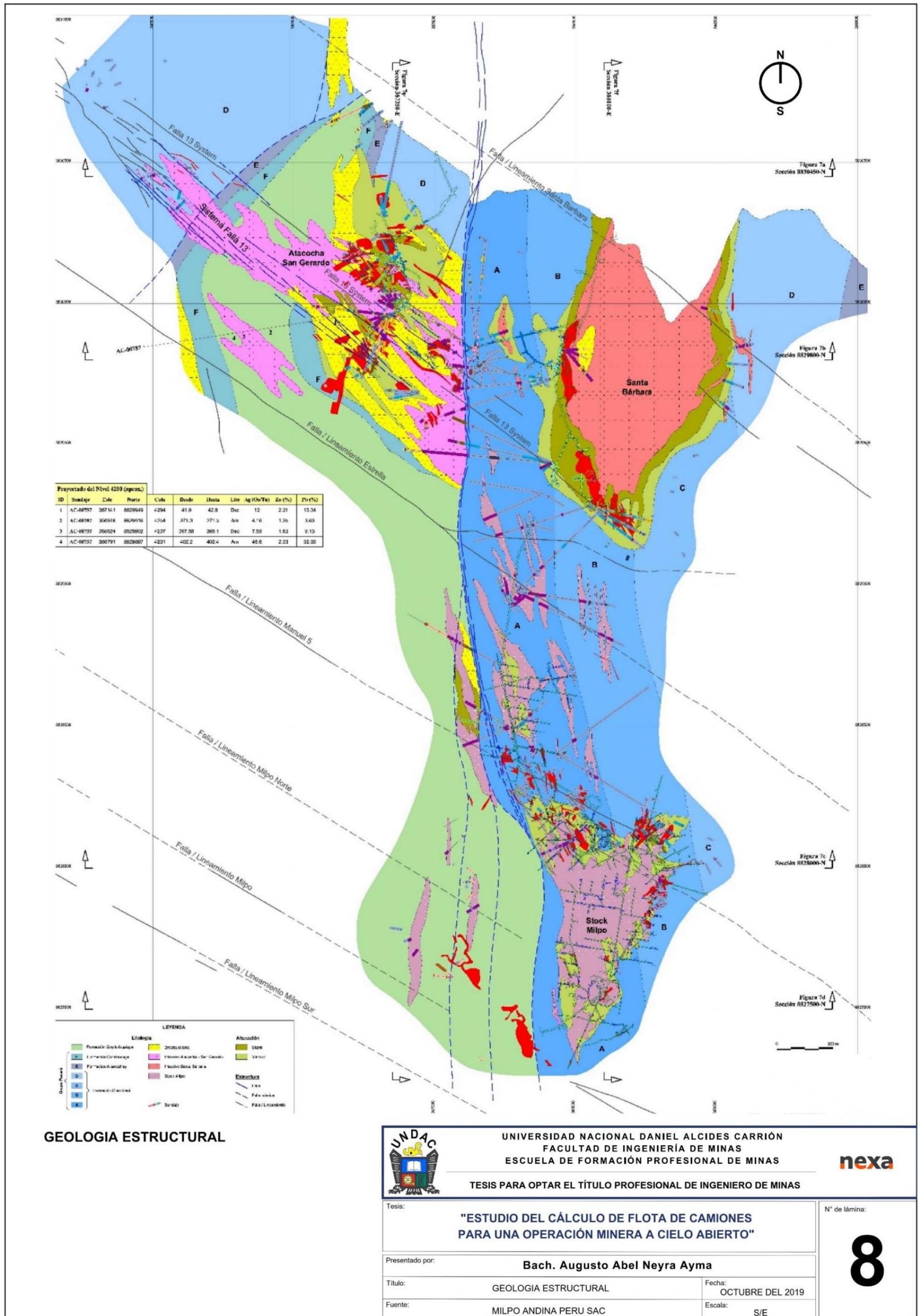
OCTUBRE DEL 2019

Fuente:

COMPANIA MINERA ATACOCHA

Escala:

ESCALA GRAFICA



GEOLOGIA ESTRUCTURAL



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



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

Tesis:	"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"	N° de lámina:	8
Presentado por:	Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		
Título:	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	Fecha:	OCTUBRE DEL 2019
Fuente:	MILPO ANDINA PERU SAC	Escala:	S/E

Lámina 8. Geología estructural

3 Estructuras Mineralizadas.

c. Alteración Hidrotermal y Procesos Metasomáticos.

El emplazamiento de zonas mineralizadas tiene como guía las alteraciones hidrotermales o los procesos metasomáticos. Para Atacocha, se han detectado dos tipos de mineralización. Uno es del tipo skarn y el otro es del tipo hidrotermal. Por las relaciones de campo, sucesión de eventos geológicos y secuencia paragenética, se ha determinado que el primer evento mineralizante fue el skarn y el segundo, el hidrotermal.

d. Tipos de Alteración Hidrotermal y su Relación de Emplazamiento.

Según lo observado en las labores mineras en ambas secciones, se han diferenciado dos tipos principales de alteración. Una relacionada con skarn, que desarrolla los siguientes ensambles: mármol, sílice-wollastonita, skarn de granates, sílice-skarn, pirita-arcillas-skarn. La otra se asocia con sílice-sericita-halloysita, que corresponde al sistema hidrotermal, que diferencia dos fases mineralógicas. Una silíceica constituida por sílice masiva, brecha silíceica, sílice-skarn-clorita y sílice terrosa. La otra es del sistema de brechas formadas por brecha calcáreas, brechas heterolíticas, brechas monolíticas y brechas kársticas.

Los intrusivos son datados de 25 a 30 millones de años. La alteración de skarn corta estos cuerpos de igual forma que la mena asociada al metasomatismo se caracteriza por estrellas de esfalerita en calcopirita. Las maclas de calcopirita en hojas de laurel indican alta temperatura coincidente con asociación a skarn.

El sistema silíceo, bien sea masiva, brechoide, en flujo y terrosa, corta al conjunto de metasomatismo (skarn). Se desarrolla un skarn asociado a la sílice que es posterior a la sílice. En las zonas de brecha silicea engloba fragmentos de mármol, skarnoides, que indican que el sistema silíceo es posterior.

El sistema de brechas es el último evento de la mineralización en Atacocha. Esto se evidencia porque los fragmentos de esta brecha son de caliza, mármol, sílice masiva, brecha silicea, skarn, lo que indica que fue posterior a los eventos citados.

e. Características Mineralógicas de Tipos y Estilos de Mineralización.

Según las características mineralógicas, alteración, roca caja, modo de emplazamiento, relleno y/o reemplazamiento, distribución espacial, proximidad de intrusivo, etcétera, se han definido los siguientes tipos y estilos de mineralización:

- a) **Cuerpos de skarn (Santa Bárbara, Pradera-Vasconia).** Estos cuerpos de skarn se caracterizan por la siguiente asociación mineralógica: pirita, calcopirita, esfalerita, galena. En algunos lugares se observan pirrotita, pirita II, bournonita y covelita, predominando las piritas en los niveles inferiores.
- b) **Brechas calcáreas (Anita, Cristina).** La mena se encuentra en matriz **constituida** por pirita, esfalerita, galena, sulfuros finos. Además, se han identificado la asociación de pirita, oropimente, rejalgar y

sulfuros finos (Nivel 3600) hacia los contactos de la brecha. Se tienen calizas marmolizadas con débil mineralización.

- c) **Brechas heterolíticas (OB-17, OB-15).** La mena se encuentra principalmente en la matriz de la brecha heterolítica y **consta** de pirita, esfalerita, galena, sulfuros finos. Hacia la denominada veta T se observan pirita I y pirita II. La esfalerita es de colocación clara.
- d) **Vetas (Veta-P, Veta-R).** La mena consta de venillas de mena asociada a **venas** de skarn en contacto con mármol. La mineralogía consta de pirita, calcopirita, esfalerita, galena, cuarzo y carbonatos.
- e) **Brechas silíceas (OB-9).** La roca consta de brecha silícea. La **mena** está en venas de pirita, galena, esfalerita, sulfuros finos, distribuidos en la matriz de sílice-sericita-arcillas.
- f) **Brechas heterolíticas (OB-13B, OB-13C).** La mineralogía es de **pirita**, calcopirita, esfalerita, galena y sulfuros finos, distribuida en la matriz de las brechas. También se observa mineralización en los contactos con mármol. Esta asociación es de esfalerita, galena y pirita.
- g) **Cuerpos de mármol (OB-13).** **Presenta** la asociación mineralógica de pirita, esfalerita, galena, chalcopirita y sulfuros finos. Se encuentra emplazada como cuerpos de reemplazamiento en skarn de granates verdes, mármol, sílice en la parte central.

4 *Geología Económica.*

El yacimiento de Atacocha corresponde a un ejemplo clásico de mineralización polimetálica en un ambiente de tipo pórfido. La actividad hidrotermal se relaciona con los pórfidos dacíticos con biotita (\pm anfíbol) y cuarzo de Atacocha, San Gerardo y Santa Bárbara, datados alrededor de 30 Ma (referencias citadas en Merino y otros, 2005, y San Manuel, 2005).

Cada pórfido está constituido por intrusiones subverticales elongadas de algunos cientos de metros en su mayor dimensión horizontal y alineada con un claro de control estructural. Los intrusivos de Atacocha están constituidos por múltiples cuerpos intrusivos alienados en dirección NW-SE (paralelos a la Falla 13), el pórfido San Gerardo sobre la Falla Atacocha (NS y en dirección NW-SE) y el pórfido de Santa Bárbara por varios cuerpos que parecen tener una dirección preferencial NS.

La hipótesis más probable es que la mayor parte de estas intrusiones porfídicas se han originado de varias cúpulas de una misma cámara magmática. Vetillas de tipo D (qz-ser) orientadas en direcciones similares a las del sistema principal de Atacocha (N120 a 140E) caracterizan los pórfidos de Santa Bárbara y San Gerardo.

Por relaciones de corte, se pueden distinguir la siguiente secuencia de eventos posteriores a las intrusiones porfídicas. Ver la Figura 1. Modelo esquemático de mineralización de la Mina Atacocha que se muestra en la página 61.

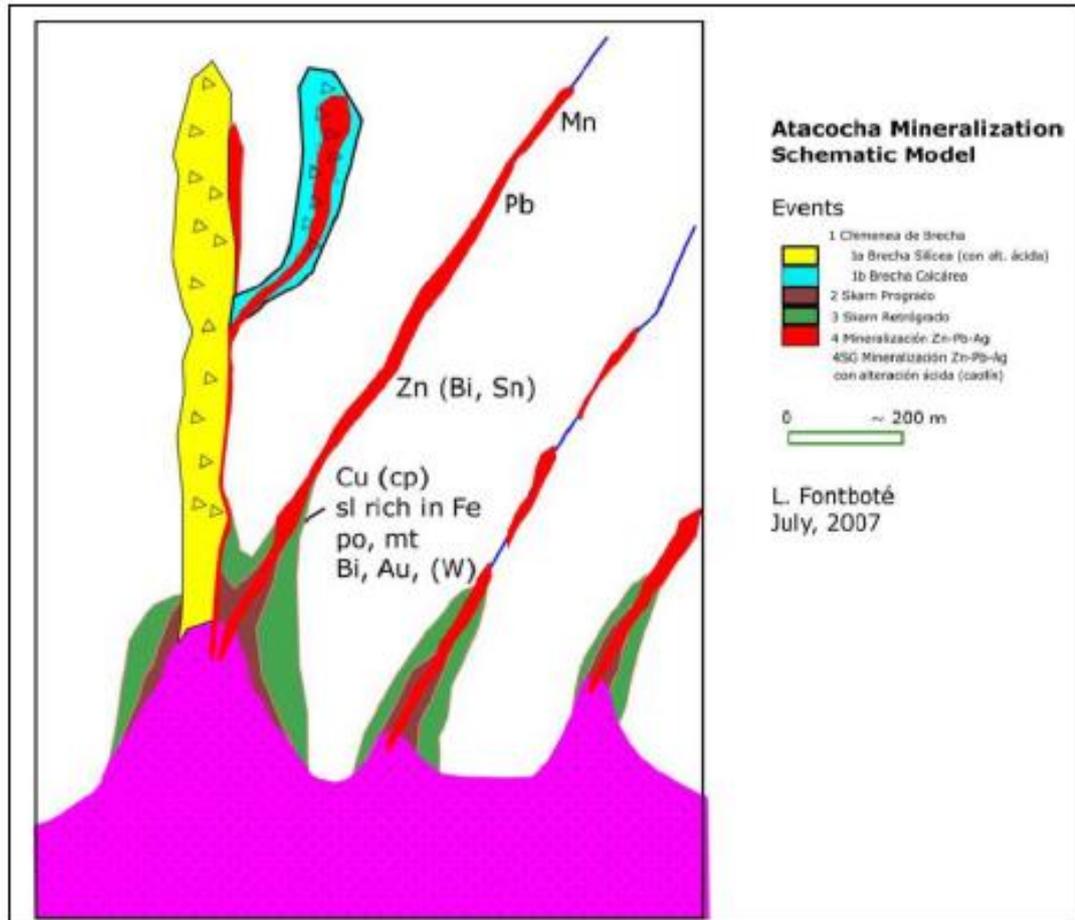


Figura 1. Modelo esquemático de mineralización de la Mina Atacocha

Fuente: Nexa Resources Perú S.A.A.

1. **Chimeneas de brechas:** Están formadas esencialmente por la ascensión rápida de fluidos hidrotermales ricos en volátiles que constituyen una primera fase de segregación de fluidos y que quizá están mezclados con aguas de origen meteórico infiltradas. Desde el punto de vista descriptivo, hay dos subtipos principales.
2. **Brecha silíceea:** Constituida generalmente por clastos calcáreos silicificados y con matriz de polvo de roca igualmente silicificada, cuarzo microcristalino y piritita. En un afloramiento al Sur del intrusivo de Santa Bárbara, 368 070 E, 8 824 460 N. La matriz

contiene también cristales no deformados de biotita, wollastonita y, según Merino y otros (2005), de feldespatos. En una de las muestras recogidas durante esta visita también hay clastos de roca intrusiva alterados (muestra FPE-251). Las brechas silíceas están frecuentemente acompañadas por sericitización y caolinitización, que indican que los fluidos que las han formado eran ácidos.

3. **Brecha calcárea:** Constituida principalmente por clastos y matriz calcáreos, en parte decarbonatizados y silicificados. El ejemplo mejor conocido es el del OB17, que presenta una gradación inversa del tamaño de los clastos, lo que apoya el origen por disolución y colapso parcial. El emplazamiento de los dos tipos de brechas es también controlado estructuralmente en direcciones NW y NS y no puede excluirse que, en parte, los fluidos hidrotermales se hayan emplazado en brechas tectónicas. Según la roca de caja afectada son monomícticas o, menos frecuentemente, heteromícticas.
4. **Skarn prógrado:** Se emplaza principalmente en los bordes de los intrusivos (en especial Santa Bárbara), pero también siguiendo fracturas NW y, en menor medida, en las partes inferiores de las chimeneas de brecha.
5. **Skarn retrógrado:** Con formación de abundante pirita, pirrotita, esfalerita, y magnetita y clorita. Se emplaza en áreas mayores que las afectadas por el skarn progrado y, especialmente cerca del pórfido de Atacocha, tiene un control estructural (NW). La pirita

puede ser masiva y se emplaza en posición proximal. La mayor parte de la calcopirita se forma en este evento 3 y en las partes proximales. La esfalerita es principalmente marmatítica (3a) y en los estadios tardíos o en posición distal esfalerita rubia (3b). En partes proximales se encuentra también molibdenita.

6. **Mineralización zonada:** De Pb-Zn-Ag en vetas y en brechas calcáreas con esfalerita, paulatinamente más rubia (figura 15), galena, tetrahedrita, cuarzo/calcita, rodocrosita. Este tipo de mineralización está generalmente zonada en vertical (algunas de las vetas se reconocen por más de 1 kilómetro en sentido vertical). En las partes más distales la galena es más abundante que la esfalerita y puede haber altos contenidos de Mn (rodocrosita, rodonita, alabandita). En partes más proximales hay minerales de Bi así como conteniendo Sn (estannita). El zoneamiento es el típico que resulta de la disminución de temperatura del fluido hidrotermal. La mayoría de la mineralización asignada a este evento 4 no presenta alteración visible asociada. Sin embargo, en parte, se observa alteración ácida (4SG). Así en la mineralización del sector San Gerardo, incluida la parte inferior del OB17, y en el OB 9, hay alteración con caolín visible (por ejemplo, en el stop 555 del OB9 con abundante kaolín intercrecido con galena y esfalerita). El desarrollo principal de mineralización de Pb-Zn-Ag en vetas es en el sector de Atacocha y San Gerardo y de brechas calcáreas.

f. Los Cuatro Eventos como Parte de un Mismo Sistema.

Por relaciones de corte, se pueden distinguir la siguiente secuencia de eventos posteriores a las intrusiones porfídicas.

Estos cuatro eventos se interpretan como partes de la evolución del sistema mineralizante relacionado a la intrusión porfídica, una evolución que es parecida a la observada en otros distritos y que es controlada por escape de volátiles (evento 1), metasomatismo a alta temperatura (evento 2) y paulatino descenso de la temperatura de fluidos hidrotermales de origen magmático (eventos 3 a 4).

Alteraciones ácidas aparecen solo en la fase inicial (evento 1) y en el final (evento 4), lo que es típico para estos sistemas. Se debe subrayar que este modelo puede explicarse por segregación de fluidos hidrotermales de origen magmático provenientes de varios focos "en paralelo" que corresponderían a apófisis en la parte superior de una gran cámara magmática.

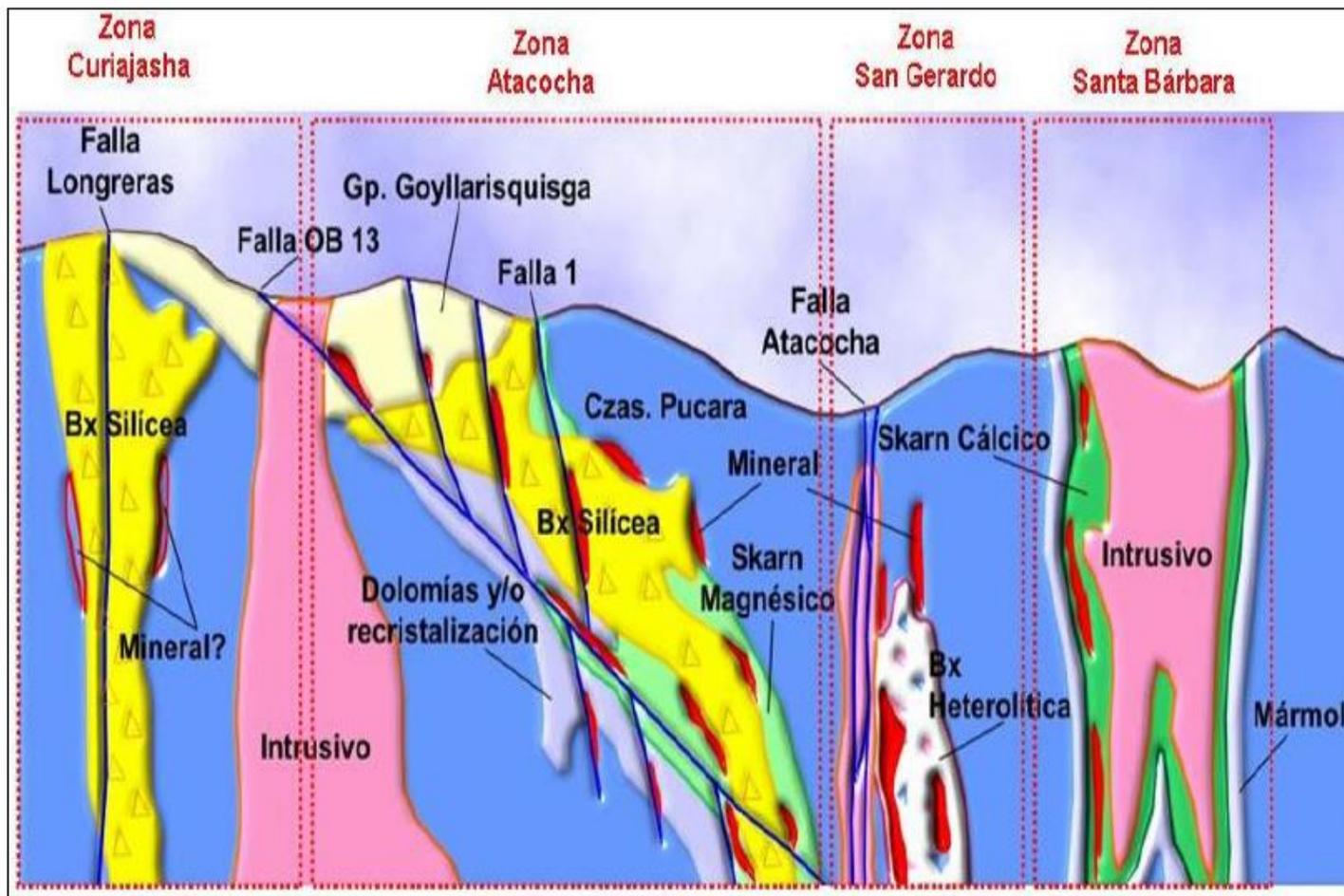


Figura 2. Sección geológica esquemática (yacimiento Atacocha).

Fuente: Departamento de Geología de la Compañía Minera Atacocha.

2.2 Bases teóricas-científicas

I. Características de los Medios de Transporte y Carguío.

Existen variedad de medios para el acarreo y transporte del mineral y desmonte en los tajos abiertos, siendo algunos de ellos.

- El transporte por trenes
- El transporte por camiones
- El uso de fajas transportadoras
- El transporte con mototrailas
- El transporte con tractores
- El transporte hidráulico o por tuberías
- El izaje inclinado con skips
- Transporte por chimeneas y túneles, etc.

Los medios de transporte más comunes” son:

Locomotoras.

Un tren se usa en:

- Tajos poco profundos
- Gradiente 0.5 - 1.5%
- Distancias mayores más de 3 km
- Alta producción
- Costo menor por tonelada que los camiones
- Frecuencia mínima de movilidad
- Costo de mantenimiento de vías es mayor

- Puede cargar y transportar cualquier material
- Alto costo de inversión.

Se resume en lo siguiente:

- Aplicable a grandes volúmenes de producción, grandes distancias, bajos costos de transporte”.
- La vía férrea debe cumplir estrictamente especificaciones de ingeniería
- Tiene un alto costo de inversión
- No son aplicables a pendientes mayores de 3%
- Pueden transportar cualquier tipo de material

Volquetes.

- Requiere de buenas carreteras para minimizar los costos en llantas.
- Aplicables a pendientes altas
- Son limitadas económicamente a distancias de 4 km.
- Son móviles y flexibles.

Fajas transportadoras.

- Son transportadores de alto volumen, largas distancias y bajos costos.
- Son difíciles y costosas de moverlas
- Tiene un alto costo de inversión
- Pueden transportar en pendientes altas hasta 40%
- El material requiere su fragmentación a tamaños pequeños para dar una buena vida a la faja.

Mototrallas.

- Requiere de buenas carreteras para minimizar los costos de llantas.
- Son rápidos pero limitados, económicamente a distancias de 1.6 km
- Tiene una excelente movilidad
- Limitadas a materiales suaves y fáciles de romper; materiales hasta 24 pulgadas de tamaño.

Tractores.

- Son limitados, económicamente a distancias cortas cerca de 500 pies.
- Tiene mayor tracción sobre terrenos duros, suaves, húmedos por orugas.

Combinación de sistemas de carguío y transporte.

Es recomendable una adecuada combinación entre los medios de carguío y transporte en función a sus capacidades, así:

- Pala – tren
- Pala – camión
- Pala – camión – tren
- Pala – camión – faja transportadora. (Rodríguez, 2018)

II. Camiones en Tajo Abierto.

El método o medio de transporte más usado en los tajos abiertos son volquetes, debido a su gran movilidad, flexibilidad, facilidad para vencer pendientes altas, su adaptabilidad a las condiciones de trabajo en diferentes tajos.

Tipos de camiones.

Existen 3 tipos de camiones y son:

Camiones convencionales (conventional rear dump truck).

- Camiones mecánicos (capacidad 240 – 300 ton)
- Camiones eléctricos (capacidad 200 – 350 ton)

Son de descarga posterior, la tolva va montado sobre el chasis, la cual se levanta por medio de un sistema hidráulico para el vaciado del material por atrás, se clasifica en:

Según el sistema de transmisión.

Según sus ejes.

- Camiones de 2 ejes, donde uno o ambos son los ejes de tracción.
- Camiones de 3 ejes, donde sólo los dos ejes traseros son las motrices.

Camiones tipo tractor – tráiler.

Es aquel camión donde la tolva no está montado sobre el chasis, es jalado por la parte primaria del camión que genera el movimiento y se conoce con el nombre de tractor. Este camión es usado mayormente en los tajos de carbón.

Se clasifica según su descarga:

- Camiones con descarga posterior (rockers)
- Camiones con descarga o vaciado por costado
- Camiones con descarga o vaciado por debajo o inferior

Camiones tipo integral botton dump.

Son camiones integrales con descarga inferior, tienen su propio motor.

(Rodríguez, 2018)

III. 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:

T_c: tiempo de carga

T_t: tiempo de transporte

T_d: tiempo de descarga

T_r: tiempo de retorno o regreso

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

T_v: tiempo variable: tiempo de transporte y retorno

IV. Factores que Afectan el Performance de los Camiones.

Los diferentes 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
- Eficiencia de trabajo (combinado la eficiencia de operación)

Estos factores se agrupan en dos:

Factores para producción.

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

Factores de acarreo.

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

El tamaño óptimo del camión para una distancia dada se puede obtener graficando los costos unitarios vs el tamaño de los camiones, y obteniendo el mínimo de la curva. A medida que profundiza el tajo, la distancia la distancia irá aumentando, siguiendo el método anterior, graficar diferentes curvas y se hallan los tamaños óptimos de los camiones para cada banco, estos puntos siguen aproximadamente una línea recta. (Rodríguez, 2018)

V. Rendimiento y Flota de Camiones.

Cálculo de producción horario de camiones.

$$\frac{\text{ton}}{\text{hr}} = \frac{N_{\text{ciclos}}}{\text{hora}} * \frac{\text{Capacidad}}{\text{Ciclo}} * f \text{ de llenado} * \text{eficiencia combinada}$$

Camiones requeridos.

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

Flota total.

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

Número de camiones por pala

$$N^{\circ} \frac{\text{Camiones}}{\text{Pala}} = \frac{60 * \text{Ciclo de trabajo por camión}}{\text{Ciclo de pala} * N^{\circ} \text{ Pases}}$$

VI. Índices de Disponibilidad y Utilización de Equipos en Tajo Abierto.

Ortiz, Canchari, Iglesias, & Gonzales (2007) en el artículo “Simulación determinística y estocástica para dimensionar, y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado en la explotación minera superficial citan los siguientes ítems sobre los índices de disponibilidad y utilización de equipos:

1 Disponibilidad Mecánica (DM).

$$DM = \frac{HP - (MP + RME) * 100}{HP}$$

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

Donde:

HP = Horas programadas para operar el equipo

MP = Horas de mantenimiento preventivo

RME = Horas de reparaciones mecánicas y eléctricas

2 Disponibilidad del Equipo (DE).

$$DE = \frac{HP - (MP + RME + DO + OD) * 100}{HP}$$

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

Donde:

DO = Demoras operativas (accidentes, derrumbes, traslado)

OD = Otras demoras (falta de repuestos, herramientas y charlas de seguridad)

3 Utilización Efectiva del Equipo (UE).

$$DE = \frac{HP - (MP + RME + DO + OD + DF) * 100}{HP}$$

$$DE = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\text{Horas Programadas}}$$

Donde:

DF = Demoras fijas (órdenes, marcación de la tarjeta, vestuarios, refrigerio, etc.)

VII. Costo de Producción en Minería Superficial.

4 *Costo de Transporte por Camiones.*

Preciado (2012) en el trabajo de investigación “Diseño y aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo de acarreo en una mina a cielo”, afirma que los rubros más influyentes en los costos de transporte por camiones son:

Tabla 1. Costo de transporte por camiones en porcentajes

COSTO DE TRANSPORTE POR CAMIONES	
RUBRO	PORCENTAJE
Costo de llantas	40%
Costo de mantenimiento	40%
Costo de lubricantes y combustible	20%
Labor y operador	10%

Fuente: Preciado (2012)

5 *Costos de Explotación a Cielo Abierto.*

Rodríguez (2018) en la tesis “Gestión del Transporte y Acarreo de Mineral y Desmonte en Mina Cuajone de Southern Peru Copper Corporation”, señala que Caterpillar ha desarrollado estudios referente a los costos de explotación a cielo abierto en una diversidad de explotaciones mineras. Estos muestran que “los costos de explotación a cielo abierto” pueden descomponerse en:

Tabla 2. Costos de explotación a cielo abierto en porcentajes

COSTOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO	
RUBRO	PORCENTAJE
Arrastre	40%

Sostenimiento	25%
Carga	20%
Perforación y voladura	15%

Fuente: Rodríguez (2018)

6 Costo Total de Producción en Minas a Cielo Abierto.

En base a los costos suministrados por cinco minas a cielo abierto de Estados Unidos, se ha confeccionado el siguiente gráfico de porcentajes de costos aproximados.

Tabla 3. Costo total de producción en cielo abierto en porcentajes

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN EN MINAS A CIELO ABIERTO	
RUBRO	PORCENTAJE
Voladura	25%
Carguío	10%
Transporte	34%
Chancado	20%
Equipos auxiliares	7%
Servicios auxiliares	4%
Total de Costos de producción	100%

Fuente: Rodríguez (2018)

2.3 Definición de términos básicos

Los términos más utilizados en el desarrollo del trabajo de investigación se detallan a continuación:

- **ACARREO:**

Es la acción de trasladar por carro o de otro modo, incluso inmaterial, una cosa (material o inmaterial) del sitio en que estaba a otro.

- **BANCO:**

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

- **BOTADERO:**

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

- **CHANCADORA (PRIMARIA, SECUNDARIA Y TERCIARIA):**

Una máquina para chancar roca, mineral u otro material.

- **CONCENTRADO:**

Un producto intermedio fino y polvoriento del proceso de molienda formado por la separación de un metal valioso del desperdicio.

- **DEPÓSITO:**

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

- **DESBROCE:**

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

- **DESECHO:**

Roca que no tiene suficiente ley ni otras características de mineral a minarse económicamente.

- **DILUCIÓN (PÉRDIDA QUE SE EXTRAE):**

El proceso por el cual la roca retirada junto con el mineral en el proceso de extracción disminuye la ley del mineral.

- **EXPLOSIVO:**

Un explosivo es aquella sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.) se transforma en gases; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve.

- **EXPLOTACIÓN:**

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

- **EXTRACCIÓN:**

Proceso de tratamiento que comprende el molido fino del mineral seguido de la extracción de minerales.

- **MINERAL:**

Una sustancia homogénea que ocurre naturalmente y tiene propiedades físicas y composición química definidas y que, si se forma en condiciones favorables, tiene una forma de cristal definida.

- **MUESTRA:**

Una pequeña porción de roca o de un depósito mineral que se toma para poder determinar por ensayo el contenido de metales.

- **MUESTREO:**

La selección de una parte fraccional pero representativa de un depósito mineral para el análisis.

- **PROYECTO:**

Un proyecto es un prospecto que luego del programa de perforación inicial indica la existencia de un posible depósito mineral que requiere mayor evaluación a través de un extenso programa de perforaciones para continuar con la evaluación.

- **RELAVES:**

Material de desecho de una molienda luego de que se ha recuperado los minerales valiosos. Los cambios de precios en los metales preciosos y las mejoras de la tecnología a veces pueden hacer que los relaves adquieran un valor económico y se reprocesen en una fecha posterior.

- **RESERVA:**

Esa parte de un depósito mineral que se puede extraer o producir de manera económica y legal en el momento de la determinación de la reserva.

- **RESERVAS DE MINERAL:**

El tonelaje y ley calculados de mineralización que se pueden extraer con rentabilidad, clasificados como posibles, probables y probados de acuerdo con el nivel de confianza que se pueda atribuir a los datos.

- **RESERVAS PROBABLES:**

Reservas para las cuales la cantidad y la ley se calculan a partir de información similar a la que se utiliza para las reservas probadas, pero los sitios de inspección, muestreo y revisión están más alejados o están menos adecuadamente espaciados. El grado de seguridad, aunque menor que el de las reservas probadas, es suficientemente alto como para asumir una continuidad entre los puntos de observación.

- **RESERVAS PROBADAS:**

Reservas para las cuales (a) se calcula cantidades a partir de dimensiones que se revelan en los afloramientos, zanjas, obras o huecos de voladura; (b) la ley y/o la calidad se calculan a partir de los resultados de muestreo detallado; y (c) los sitios para la inspección, el muestreo y las mediciones se espacian tan estrechamente que el carácter geológico está suficientemente definido como para que el tamaño, la forma, la profundidad y el contenido mineral de las reservas que se encuentren bien determinados.

- **SEGURIDAD:**

Se constituye en un medio ambiente de trabajo adecuado, con condiciones de trabajo justas, donde los trabajadores y trabajadoras puedan desarrollar una actividad con dignidad y donde sea posible su participación para la mejora de las condiciones.

- **TAJO ABIERTO:**

Se llaman minas a cielo (o rajo) abierto, a las explotaciones mineras que se desarrollan en la superficie del terreno, a diferencia de las subterráneas, que se desarrollan bajo ella. Para la explotación de una mina a cielo abierto, a veces, es necesario excavar, con medios mecánicos o con explosivos, los terrenos que recubren o rodean la formación geológica que forma el yacimiento. Estos materiales se denominan, genéricamente, estéril, mientras que a la formación a explotar se le llama mineral. El estéril excavado es necesario apilarlo en escombreras fuera del área final que ocupará la explotación, con vistas a su utilización en la restauración de la mina una vez terminada su explotación. Las minas a cielo abierto son económicamente rentables cuando los yacimientos afloran en superficie, se encuentran cerca de la superficie, con un recubrimiento pequeño o la competencia del terreno no es estructuralmente adecuada para trabajos subterráneos como ocurre con la arena o la grava. Cuando la profundidad del yacimiento aumenta, la ventaja económica del cielo abierto disminuye en favor de la explotación mediante minera subterránea.

- **VIBRACIÓN POR VOLADURA:**

Las voladuras generan vibraciones del terreno que pueden tener diferentes efectos sobre las estructuras de la masa rocosa (discontinuidades como fallas, diaclasas, juntas, contactos), pudiendo ocasionar deslizamientos, causando en consecuencia, efectos graves, como por ejemplo el cierre de acceso hacia otras zonas de la mina y/o afectar equipos o personal.

- **VOLADURA:**

Es la acción de fracturar o fragmentar la roca, el suelo duro, el hormigón o de desprender algún elemento metálico, mediante el empleo de explosivos. Las mismas se realizan para lograr un objetivo predeterminado, pueden ser controladas, o no, puede ser a cielo abierto, en galerías, tajes o debajo del agua.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis General.

El adecuado dimensionamiento de la flota de camiones mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

2.4.2 Hipótesis Específicas.

Primera Hipótesis Secundaria.

La minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

Segunda Hipótesis Secundaria.

La identificación de las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

Tercera Hipótesis Secundaria.

La aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable incrementaría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

2.5 Identificación de variables

Para la investigación se consideran las variables dependientes e independientes, con el fin de obtener respuesta a los problemas de investigación. (Pino, 2007)

2.5.1 Variable Dependiente.

Es la variable explicada, que es definida dentro del modelo por las variables independientes. Para la presente investigación, la variable dependiente considerada es:

- *Y = Mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.*

2.5.2 Variables Independientes.

Son las variables explicativas, que definen a la variable independiente. Para la presente investigación, las variables independientes son:

- *X = El dimensionamiento de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.*
- *X₁ = Minimizar los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte en la Cía. Minera Atacocha S.A.A.*
- *X₂ = Identificar las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno.*
- *X₃ = Aplicar nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha. S.A.A.*

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Es aquella que permite observar y medir la manifestación empírica de las variables, en otras palabras es la definición por desagregación o descomposición de las variables en sus referentes empíricos, mediante un proceso de deducción, es decir, de lo más general a lo más específico.

A efectos de analizar las variables de la investigación, se deberá conocer los resultados del estudio de los indicadores contemplados, para ello se detalla a continuación. (Sampieri et al., 1998)

Indicadores de la Hipótesis General.

Los indicadores de la hipótesis general se detallan a continuación:

- **Variables Independientes**

X = El dimensionamiento de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

- **Variables Dependientes**

Y = El mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

Indicadores de las Hipótesis Secundarias.

Los indicadores del trabajo se detallan a continuación:

- **VARIABLES INDEPENDIENTES**

X = El dimensionamiento de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

DIMENSIONES:

X₁ = Minimizar los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte en la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

X₂ = Identificar las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno.

X₃ = Aplicar nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha. S.A.A.

- **VARIABLES DEPENDIENTES**

Y = El mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

INDICADORES:

Y₁ = Cantidad de transporte de mineral.

Y₂ = Cantidad de transporte de desmonte.

En la Tabla 4 de la página 87 se muestra el cuadro de operacionalización de las variables donde se detallan las dimensiones e indicadores.

Tabla 4. Cuadro de operacionalización de variables

Variabes	Dimensiones	Indicadores	Técnica de análisis	Instrumento de análisis	Fuentes
<p>Variable Independiente:</p> <p>X = El dimensionamiento de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>X₁ = Minimizar los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte en la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p> <p>X₂ = Identificar las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno.</p> <p>X₃ = Aplicar nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha. S.A.A.</p>	<p>X₁₁= Tiempos muertos de excavadoras en el proceso de carguío (hr).</p> <p>X₁₂= Tiempos muertos de camiones en el proceso de carguío (hr).</p> <p>X₂₁= Deslizamiento del tajo</p> <p>X₂₂=Fallas mecánicas del camión</p> <p>X₃₃= Mal estado de la vía de transporte</p> <p>X₃₁=Con uso de herramienta computarizada de análisis multivariable.</p> <p>X₃₂= Sin uso de herramienta computarizada de análisis multivariable.</p>	Documental	Informe mensual de la Cía. Minera Atacocha.	Datos del área de Planeamiento de la Cía. Minera Atacocha.
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Y = El mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>Y₁= Cantidad de transporte de mineral.</p> <p>Y₂= Cantidad de transporte de desmonte.</p>	<p>Y₁= Cantidad de transporte de mineral (m³/gdia).</p> <p>Y₂= Cantidad de transporte de desmonte (m³/gdia).</p>	Documental. Documental.	Informe Informe	Mina Atacocha. Ministerio de Energía y Minas.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

3.1.1. De acuerdo al Propósito.

La investigación es de tipo aplicada ya que tiene como objetivo de resolver un determinado problema de la mina.

3.1.2. De acuerdo al Nivel de Investigación.

La investigación es de tipo descriptiva ya que permite establecer el cálculo de la flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.

3.1.3. De acuerdo al Diseño.

La investigación es No Experimental, ya que se realiza sin manipular deliberadamente las variables.

3.1.1.4. De acuerdo al Método.

Hipotético deductivo ya que el estudio cuenta con la prueba de hipótesis.

3.2 Métodos de investigación

Para el presente estudio de tipo descriptivo se optó por un diseño no experimental por ser el más adecuado para la presente investigación y se encuentra clasificado como un estudio transversal.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental.

3.4 Población y muestra

3.4.1. Población.

La población está constituida por todos los frentes del tajo San Gerardo de la Mina Atacocha.

3.4.2. Muestra.

La muestra, está constituido por los frentes donde se realizó las pruebas del estudio de la flota de camiones para el tajo abierto de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

La muestra del estudio se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nz_{\alpha}^2 p q}{d^2 x(N - 1) + Z_{\alpha}^2 p q}$$

Donde:

Z = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%).

p = Proporción esperada (en este caso 5% = 0.05).

q= 1-p (en este caso 1-0.05 = 0.95).

N = total de la población.

a = Nivel de significancia (a = 0.05).

d = precisión en la investigación (use d = 3 %).

n =Tamaño óptimo de la muestra.

Reemplazando, tenemos:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$
$$n = \frac{4 \times 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}{0.03^2 \times (4 - 1) + 1.96^2 \times 0.05 \times 0.95}$$

n = 2 frentes.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas.

Se revisará toda la información recopilada a efectos de determinar su calidad y el grado de confianza y se someterá a un tratamiento estadístico y uso de hojas Excel.

Las principales técnicas a usar serán:

- Análisis documental.
- Observación.
- Medición, etc.

3.5.2 Instrumentos.

Los principales instrumentos a utilizarse serán:

- Guía de análisis documental.
- Guía de observación.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se revisará la información recopilada a efectos de determinar su calidad y el grado de confianza y se desarrollará mediante la hoja de cálculo así como el SPSS para la prueba de hipótesis.

3.7 Tratamiento estadístico

3.7.1. Diseño Estadístico.

El diseño estadístico es un factor esencial para la evaluación de impacto. Este permite definir el esquema de muestreo, el diseño de la muestra, la selección y la forma de ampliar los resultados obtenidos en una muestra al conjunto del universo de predios estudiados (los factores de expansión). En el estudio utilizaremos el muestreo aleatorio simple.

3.7.2. Estrategia de la Prueba de Hipótesis.

a. Hipótesis General.

H₀: El adecuado dimensionamiento de la flota de camiones mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

b. Hipótesis Secundarias.

- **H₀₁:** La minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte mejoraría la

productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

- **H₀₂**: La identificación de las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.
- **H₀₃**: La aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable incrementaría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.

c. Procedimiento de la Estrategia.

Se empleará la estadística inferencial para las afirmaciones con respecto a la población completa. La hipótesis estadística es la afirmación con respecto al parámetro de la aplicación de un sistema para el estudio del cálculo de la flota de camiones para una operación minera a cielo abierto en el tajo San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha. S.A.A.

Los pasos son los siguientes:

Paso 1: Definición de la hipótesis nula y la hipótesis alterna

-H₀: Las variables en estudio son independientes.

-H_a: Las variables en estudio no son independientes.

Paso 2: Determinación del nivel de significancia

El nivel de significancia a considerar será de 95% ($p < 0.05$)

Paso 3: Utilización del estadístico de prueba

El estadístico de prueba a utilizar será “Chi cuadrado”

$$X^2_{calc} = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

- f_o : Frecuencia del valor observado
- f_e : Frecuencia del valor esperado

Paso 4: Definición de la regla de decisión

- Si $p < 0.05$ entonces se rechaza la hipótesis nula
- Si $p > 0.05$ entonces se aceptará la hipótesis nula.

Paso 5: Toma de decisiones

Conforme a la regla anterior se aprueba o rechaza la hipótesis propuesta.

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

El análisis de los datos se realizará utilizando los programas: Excel y SPSS.

3.9 Orientación ética

Sanjuanelo et al. (2007) en su trabajo “Consideraciones éticas en la publicación de investigaciones de investigación” explica de manera amplia las violaciones éticas que se cometen con mayor frecuencia al momento de publicar artículos científicos ya sea porque no se tiene el conocimiento necesario o porque se cree necesario realizarlas. Se hace referencia al proceso editorial y la parte ética que éste conlleva, el concepto de autoría y los criterios existentes para denominar a una persona “autora” de un artículo, además de explicar el proceso de revisión por pares por el cual pasan todas las investigaciones para su validación antes de ser publicadas. También se analizan las violaciones éticas más comunes y fáciles de cometer si no se tiene el conocimiento, como son el plagio y la publicación duplicada, y se adjuntan guías prácticas para evitar cometerlas. Por último hablamos de consideraciones finales que se deben tener en cuenta antes de publicar artículos, tales como los conflictos de interés y el consentimiento informado, los cuales son muy importantes al momento de validar la información que se presente en el artículo en cuestión.

Hoy en día la investigación es una herramienta fundamental para el desarrollo del conocimiento, por esta razón es necesario que se tenga información en la cual se pueda confiar, para lo cual se debe ser cuidadoso en los aspectos éticos relacionados con la publicación de un trabajo. La parte final del proceso de investigación debe incluir la presentación de los datos en forma de una publicación científica. Por lo tanto, es necesario que tengamos una formación apropiada que nos permita presentar la información obtenida a través del proceso de investigación de la mejor manera posible. Se considera que un buen investigador debe tener un adecuado conocimiento

sobre cómo se debe escribir un artículo, además de las normas generales establecidas para las publicaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Diseño del Tajo San Gerardo.

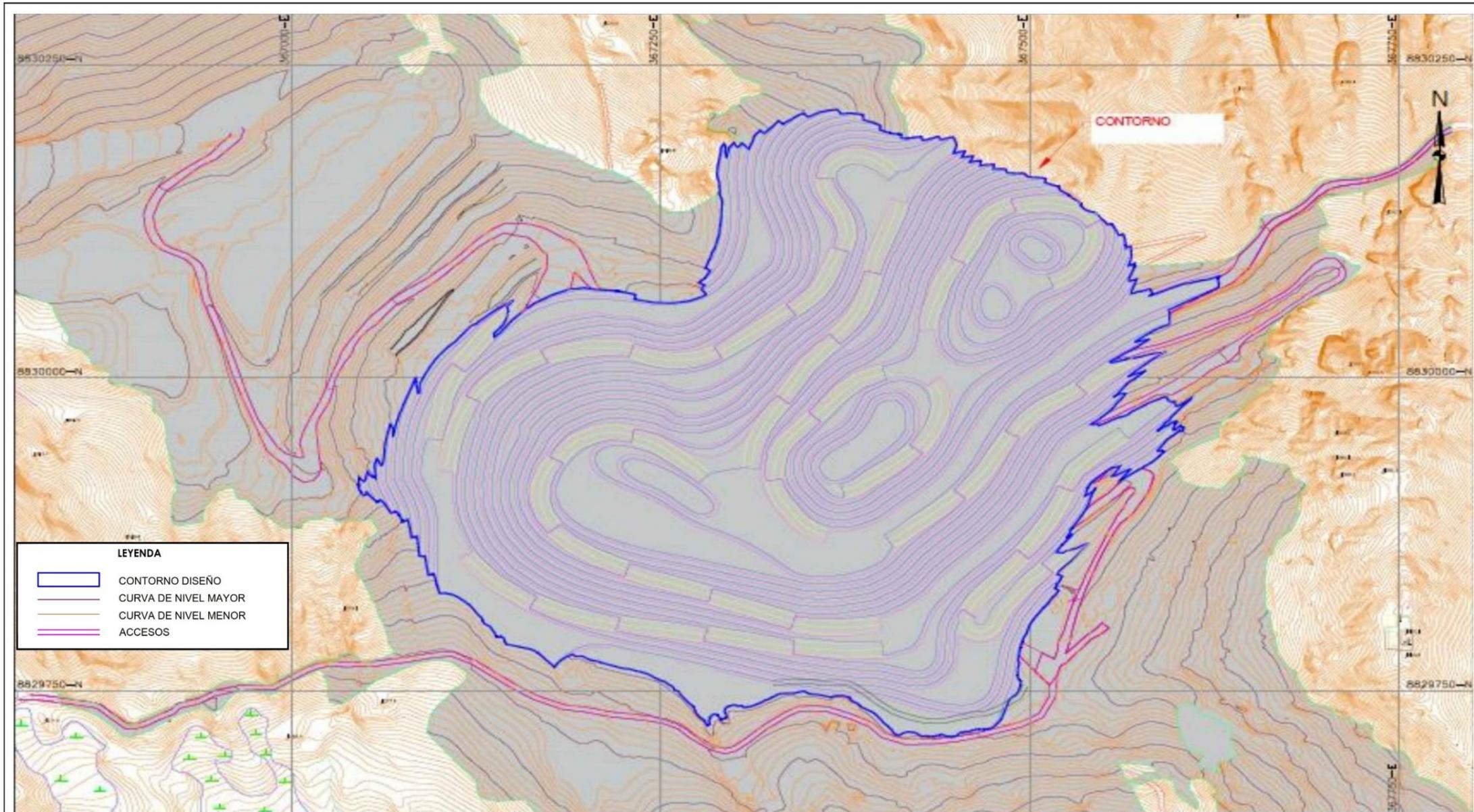
El diseño del tajo final se basa en un cono de un NSR de 15 \$/tn de material, con la inclusión de una rampa de 10 metros de ancho y una pendiente máxima de rampa de 10%. Las características del depósito hacen que la relación desmonte/mineral sigan una tendencia de 5.42@7.74, encontrando un ratio promedio de 6.6 con unas leyes promedios de 1.21% de zinc, 1.38% de plomo, 1.30 Onz/tn de plata y 0.04% de cobre. El tajo final tendrá las siguientes características, 500 m × 800 m (40 hectáreas), 144 m de profundidad hasta la zona de salida a superficie (Cota 4336 metros de altitud aproximadamente). (Bazán, 2016)

Los parámetros utilizados se muestran a continuación en la siguiente tabla.

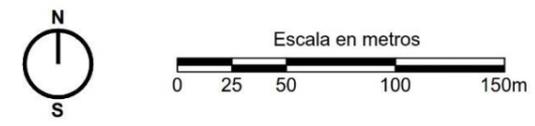
Tabla 5. Parámetros de diseño del Tajo San Gerardo

PARÁMETROS DE DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO	
Ancho de rampa	11 m
Gradiente de rampa	0.1
Altura de banco	6 m
Talud de banco	60° - 70°
Ancho de berma	3.0 @ 4.0

Fuente: Departamento de Planeamiento de la Compañía Minera Atacocha. S.A.A.

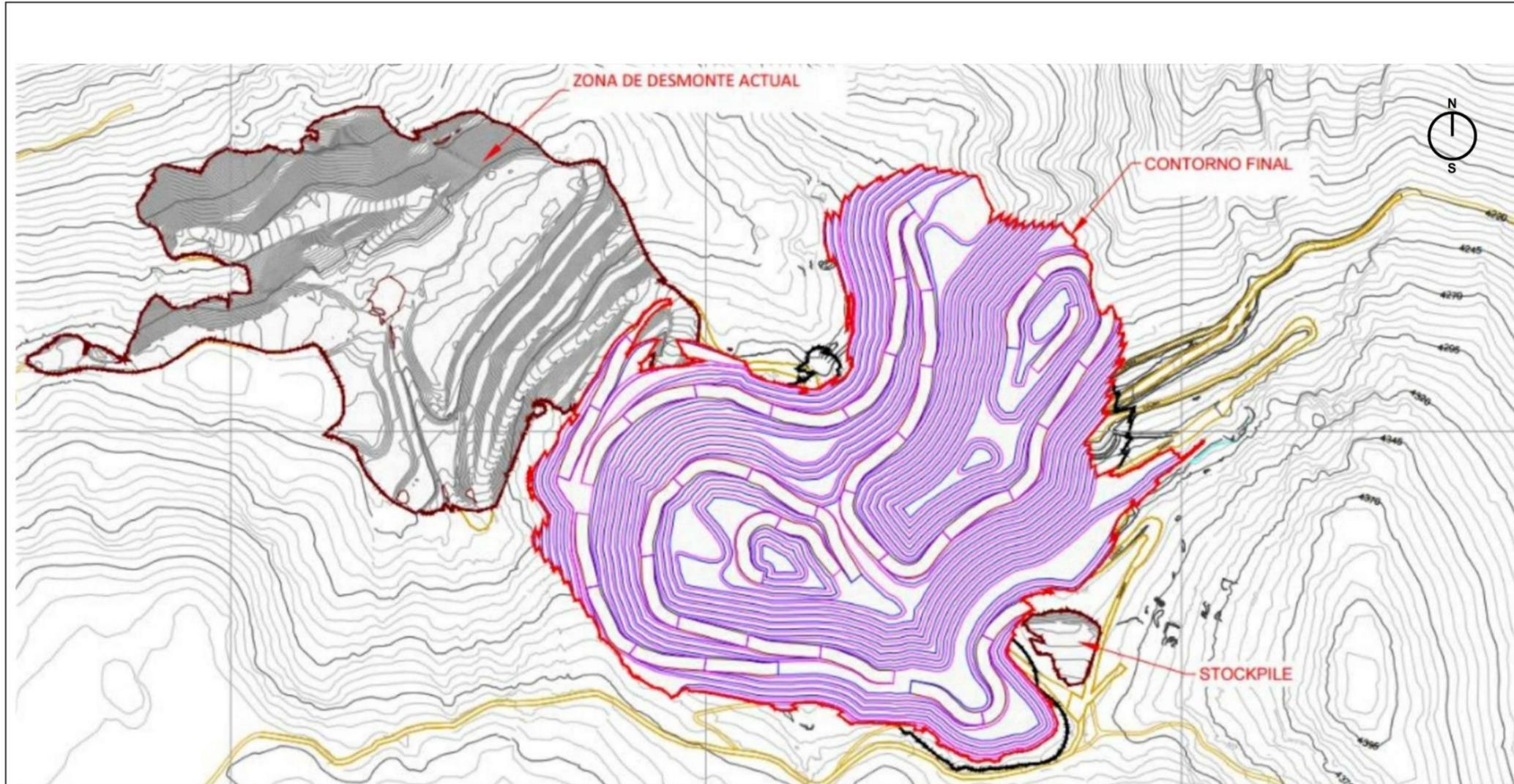


DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS		
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
Tesis:	"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina:
Presentado por:	Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		<h1 style="font-size: 48px; margin: 0;">9</h1>
Título:	DISEÑO DEL TAJO SAN GERARDO - MINA ATACOCHA	Fecha: OCTUBRE DEL 2019	
Fuente:	<small>"CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES DE LA FLOTA DE CAMIONES EN EL TAJO ABIERTO SAN GERARDO, PERTENECIENTE A LA COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA"</small>	Escala: 1/2500	

Lámina 9. Diseño del tajo San Gerardo – mina Atacocha
 Fuente: Departamento de Planeamiento de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.



BOTADERO DE DESMONTE DEL TAJO SAN GERARDO

LEYENDA	
	CONTORNO DISEÑO
	BOTADERO DE DESMONTE
	CURVA DE NIVEL MAYOR
	CURVA DE NIVEL MENOR
	ACCESOS

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS			
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS			
Tesis:	"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina:	
Presentado por:	Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		<h1>10</h1>	
Título:	BOTADERO DE DESMONTE Y CONTORNO FINAL TAJO SAN GERARDO - MINA ATACOCHA	Fecha:		OCTUBRE DEL 2019
Fuente:	<small>"CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES DE LA FLOTA DE CAMIONES EN EL TAJO ABIERTO SAN GERARDO, PERTENECIENTE A LA COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA"</small>			Escala:

Lámina 10. Botadero de desmonte y contorno final del tajo San Gerardo – mina Atacocha
 Fuente: Departamento de Planeamiento de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

4.1.2. Control de las Operaciones.

El proceso productivo de la unidad operativa está controlado a través de un plan de minado que considera tonelaje de mineral, desmonte y leyes a explotarse durante la vida del tajo San Gerardo. Para este proceso, se tiene un control en la secuencia de minado del tajo con las principales actividades mineras que se describen a continuación. (Bazán, 2016)

4.1.3. Operaciones de Mina.

Las operaciones unitarias más importantes dentro de las operaciones de mina son:



Lámina 11. Diagrama de operaciones de minado
 Fuente: Bazán (2016)

A. Perforación.

Para la perforación, se utilizan dos perforadoras: una rotativa D245S y otra de martillo de fondo L8.

Para los taladros de producción, se tiene el diámetro de perforación de 6 3/4" y 6.50 metros de longitud total de perforación. Este último incluye 0.50 metros de sobreperforación para obtener un piso uniforme. Esto se realiza con la perforadora rotativa.

Mientras que los taladros precorte se ejecutan con la perforadora de martillo de fondo, cuyo diámetro de perforación es de 4 1/2" y 6.0 metros de longitud, estos no cuentan sobreperforación. (Bazán, 2016)



Figura 3. Perforadora D245S en el tajo San Gerardo

B. Voladura.

El objetivo es fragmentar el macizo rocoso a través de agentes de voladura. Los taladros son cargados con aproximadamente 110.88 kilos de material explosivo por taladro. Con accesorios de voladura, se garantiza la mayor seguridad posible y la mejor fragmentación del material.

De existir presencia de agua, el anfo pesado es utilizado en una proporción de 40/60 y el factor de potencia estimado es de 0.28 kg/tn. Los taladros de producción son primados con booster de 1 libra y dos fulminates por seguridad. Para evitar impacto de sonido, se inicia la voladura con línea silenciosa (similar a Fanel LSEF).

En lo que respecta a este tema, se realizan y aplican los siguientes controles: calibración de camiones mezcladores, medición de densidad de nitrato, medición de dispersión de faneles y retardos.

En lo que concierne al sistema de control y reportes realizados, estos son: consumo de nitrato y emulsión diario, stock de material disponible en mina (diario), factor de potencia (por disparo), tiempo de demora por disparo de los principales equipos (por disparo), número de disparos a la semana, tonelaje promedio volado por taladro y totales semanal y mensual, además del control de la vibración, que es un tema muy importante en la perforación y voladura de rocas en el tajo San Gerardo. (Bazán, 2016)



Figura 4. Carguío de taladros con camión fábrica en el Tajo San Gerardo

C. Carguío.

Las operaciones de carguío se realizan mediante el uso de maquinaria pesada como: excavadoras, las cuales cargan camiones de 20 m³ de capacidad. Estos son:

- 2 excavadoras Komatsu - 3.5 m³

Para el presente estudio, usaremos las excavadoras Komatsu PC 600 en los frentes de trabajo. (Bazán, 2016)



Figura 5. Carguío de material disparado en el tajo San Gerardo

D. Acarreo.

Para el acarreo de mineral, se utilizan camiones de 20 m³ para transportar el mineral del tajo al echadero mediante una rampa con pendiente máxima de 10% y 11 metros de ancho mínimo. Se mantienen los parámetros de diseño de las vías.

Para el acarreo se cuenta con la siguiente flota:

- 5-12 camiones operativos para el material
- 1 camión en stand by. (Bazán, 2016)



Figura 6. Acarreo de material en el tajo San Gerardo

Tabla 6. Transporte de material al ore pass y/o desmontera

TRANSPORTE DE MINERAL A ORE PASS		
Ítem	Unidades	Cantidad
Velocidad ida (cargado)	km/h	12
Velocidad vuelta (vacío)	km/h	15
Distancia (ida y vuelta)	km	2.2
Tiempo de carga	min	2.5
Tiempo de descarga	min	1
Tiempo de cuadrado, acomodo, espera y pérdidas	min	1.5
Volumen de transporte (promedio)	m ³	20
BCM transportado (promedio)	Bcm	16
Tonelaje (promedio)	tn	37.79
Resumen		
Ciclo (promedio)	min	20.4

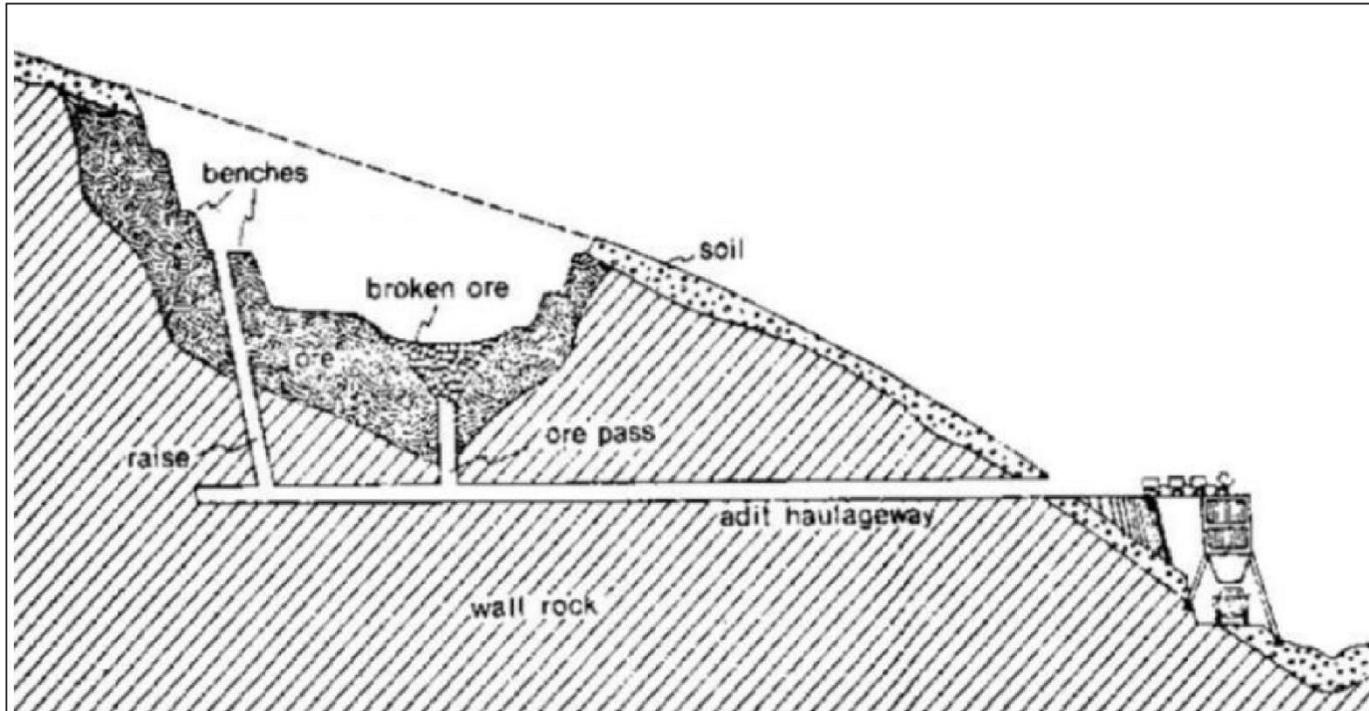
Fuente: Cía Minera Atacocha

E. **Transporte** del Mineral a la Planta Concentradora.

Para el transporte del mineral hacia la planta concentradora, se utiliza una infraestructura subterránea, mediante la cual el open pit es conectado a un ore pass por donde el mineral roto cae al nivel inferior 3600 mediante la gravedad y seguidamente se transporta a la planta

concentradora. Este método es de reducido impacto al medio ambiente.

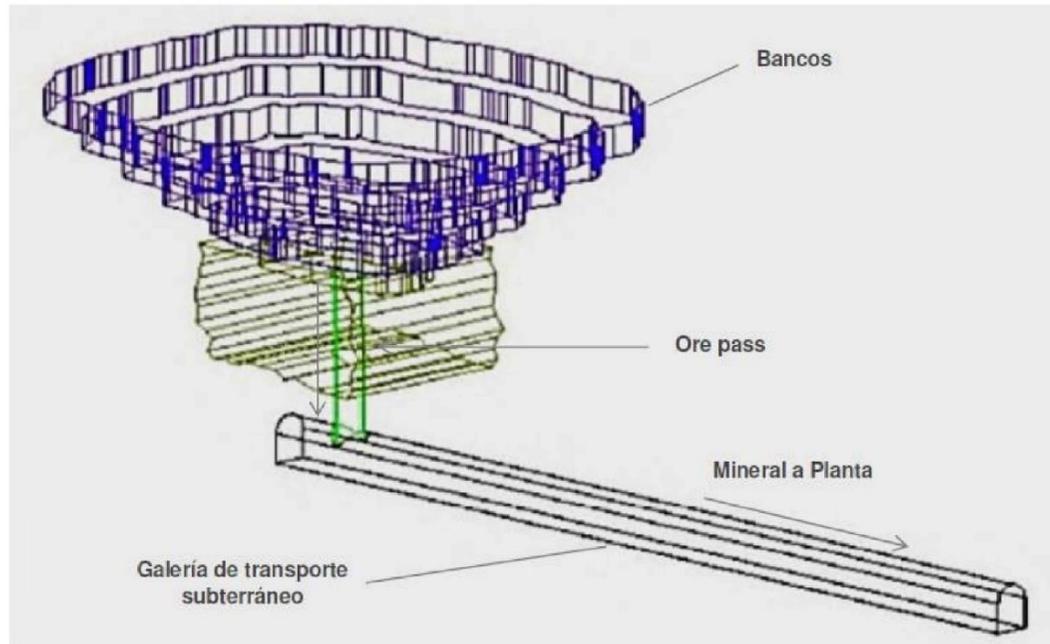
(Bazán, 2016)



SECCION DE TAJO ABIERTO - TRANSPORTE DE MINERAL A PLANTA CONCENTRADORA

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS		
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
Tesis:	"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina:
Presentado por:	Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		12
Título:	SECCION DEL TAJO ABIERTO - TRANSPORTE DE MINERAL	Fecha: OCTUBRE DEL 2019	
Fuente:	"CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES DE LA FLOTA DE CAMIONES EN EL TAJO ABIERTO SAN GERARDO, PERTENECIENTE A LA COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA"	Escala: S/E	

Lámina 12. Sección del tajo abierto – transporte de mineral
 Fuente: Departamento de Planeamiento de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.



VISTA EN 3D - TRANSPORTE DE MINERAL A PLANTA CONCENTRADORA

	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE MINAS		
	TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
Tesis:	"ESTUDIO DEL CÁLCULO DE FLOTA DE CAMIONES PARA UNA OPERACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO"		N° de lámina:
Presentado por:	Bach. Augusto Abel Neyra Ayma		13
Título:	VISTA 3D DEL TAJO ABIERTO - TRANSPORTE DE MINERAL	Fecha:	
Fuente:	"CÁLCULO DEL NÚMERO DE UNIDADES DE LA FLOTA DE CAMIONES EN EL TAJO ABIERTO SAN GERARDO, PERTENECIENTE A LA COMPAÑÍA MINERA ATACOCHA"	Escala:	
			S/E

Lámina 13. Vista 3D del tajó abierto – transporte de mineral
 Fuente: Departamento de Planeamiento de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

F. Servicios Auxiliares.

Las vías principales de accesos hacia el tajo abierto, botadero de desmonte, están acondicionadas y mantenidas mediante el uso de dos motoniveladoras y un camión cisterna para el regado con agua. Esto permite tener las vías en buen estado y evitar el polvo originado por el paso de vehículos y maquinarias.

Estos equipos están encargados básicamente del apoyo en las áreas de carguío, nivelación de pisos, acumulación de material para alimentar a los equipos de carguío, limpieza de frentes, en las zonas de acceso. También en la limpieza de vías, construcción de bermas, construcción de accesos, regado de vías y en las zonas de descarga, empuje de material y nivelación de pisos. Para ello, se cuenta con tractores de oruga, motoniveladoras y cisternas de agua. Los equipos a usar son:

- 1 tractor oruga CAT modelo D8R
- 1 tractor oruga CAT modelo D6R
- 1 motoniveladora CAT 140H
- 5 luminarias
- 2 cisternas de agua para regar vías (5,000 gal.)
- 1 cisterna de combustible (3,000 gal.). (Bazán, 2016)

G. Costos Mina.

Los costos considerados para el minado del tajo San Gerardo son:

Tabla 7. Costo de minado de mineral del tajo San Gerardo

MINERAL		
PARTIDAS	P.U. US\$/BCM	P.U. US\$/tn
Perforación	0.346	0.123
Voladura	0.055	0.02
Carguío	0.24	0.086
Acarreo menor a 1 km	0.611	0.218
Acarreo mayor a 1 km	0.332	0.119
Servicios	0.438	0.156
SUBTOTAL	2.022	0.722
GG y utilidades (24%)	2.507	0.895
TOTAL	4.529	1.618

Fuente: Departamento de Mina de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

Tabla 8. Costo de minado de desmonte del tajo San Gerardo

DESMONTE		
PARTIDAS	P.U. US\$/BCM	P.U. US\$/tn
Perforación	0.346	0.133
Voladura	0.055	0.021
Carguío	0.24	0.092
Acarreo menor a 1 km	0.611	0.235
Acarreo mayor a 1 km	0.664	0.255
Servicios	0.438	0.168
SUBTOTAL	2.354	0.905
GG y utilidades (24%)	2.919	1.123
TOTAL	5.273	2.028

Fuente: Departamento de Mina de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Selección de los Equipos de Carguío y Acarreo.

Una vez ejecutado el planeamiento de minado con el programa de producción y desbroce por semestres, se calcula la flota de camiones que serán cargados por cada excavadora Komatsu PC 600.

Es necesario recalcar que el presente estudio es el cálculo del inicio al final de toda la vida del tajo San Gerardo. Por ello, se calculará el número óptimo de la flota de camiones que laborarán según el planeamiento, que se visualiza más adelante.

Para el cálculo del número óptimo de la flota de camiones, se conservarán factores técnicos, como el tipo de material a ser transportado, gradiente de la rampa, factor de esponjamiento. Esto debido a que para el cálculo de velocidades para camiones tipo volquetes se usan velocidades promedios, siendo diferente el caso para camiones fuera de carretera que incluye más ítems, como cálculo de radio de curvatura, resistencia a la rodadura y altitud.

La variable principal que variará a causa de la mayor distancia debido a la profundización es el tiempo de transporte y retorno hacia y desde el botadero y ore pass, donde el material será llevado hacia la planta concentradora, conservando los otros tiempos del ciclo de operación parecidos a las condiciones actuales. (Bazán, 2016)

Para la vida de la mina, se ha desarrollado el siguiente programa de producción:

4.2.2 Cálculo del Número de la Flota de Camiones Requeridos para la Producción y Acarreo de Desmorte

Con el programa de preminado y producción, en el tiempo de vida del tajo San Gerardo se tiene propuesto producir 2'236'481 toneladas de mineral y 14'760'775 toneladas de desmorte, lo cual hace un total de 16'997'256 toneladas de materia. Para ello, se tiene una producción requerida de material según el cuadro siguiente:

Se trabaja con dos guardias por día, de 12 horas cada una y con una disponibilidad mecánica del 85% y utilización de los equipos del 85%, con lo cual se tendrían 17.34 horas operativas por día.

Para calcular la disponibilidad mecánica y utilización de los camiones y las excavadoras, se tomaron estándares operacionales de mineras similares en el método de minado de los tajos abiertos del grupo Buenaventura en sus unidades: La Zanja, Tantahuatay y Breapampa, como se muestra en el cuadro siguiente.

4.2.3 Cálculo del Número de Flota de Camiones

El cálculo de la flota de camiones se detallará en toda la vida de la mina, el cual se ha disgregado en semestres desde el semestre 0 hasta el semestre 5, incluye el preminado y el minado en su plenitud. El primer procedimiento es efectuar el cálculo de los tiempos de ciclo para los camiones tanto al ore pass como al botadero, con las distancias establecidas en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Cálculo de velocidad promedio cargado

	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	HI	IJ
Pendiente	6%	10%	2%	9%	9%	10%	5%	0%	10%
Distancia (mts)	25	411	174	160	308	166	78	76	152
Velocidad (KPH)	14	13	15	13.5	13.5	13	14.5	16	13
Factor "p"	0.94	0.89	0.99	0.91	0.91	0.89	0.95	1	0.89
Factor "r"	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Velocidad corregida (KPH)	12.9	11.34	14.55	12.04	12.04	11.34	13.5	15.68	11.34
Tiempo total de acarreo	0.13 Hrs								
Velocidad promedio	12.13 KPH								

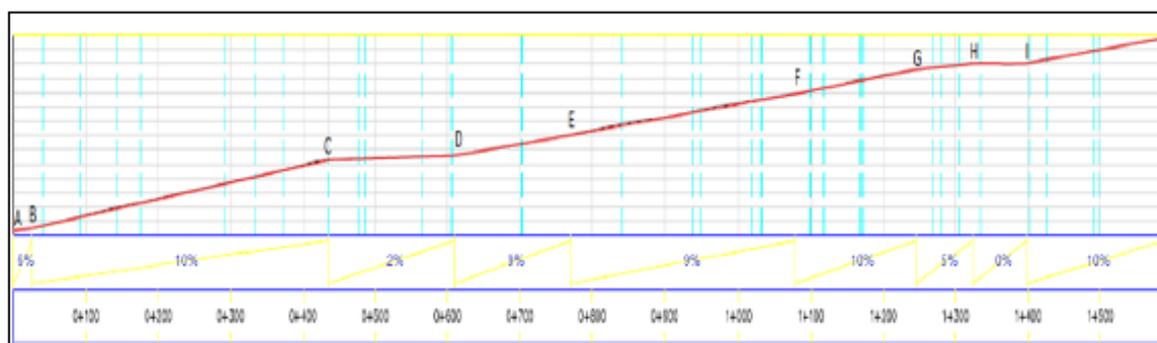


Figura 7. Acarreo del material del tajo al ore pass y/o desmontera
Fuente: Bazán (2016)

Tabla 10. Cálculo de velocidad promedio vacío

	JI	IH	HG	GF	FE	ED	DC	CB	BA
Pendiente	-10%	0%	-5%	-10%	-9%	-9%	-2%	-10%	-6%
Distancia (mts)	152	76	78	166	308	160	174	411	25
Velocidad (KPH)	13.1	25	14.5	13.1	13.5	13.5	16	13.1	14
Factor "p"	1.14	1	1.07	1.14	1.12	1.12	1.01	1.14	1.08
Factor "r"	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Velocidad corregida (KPH)	14.64	24.5	15.2	14.64	14.82	14.82	15.84	14.64	14.82
Tiempo (Hrs)	0.1								
Velocidad promedio	15.15 KPH								

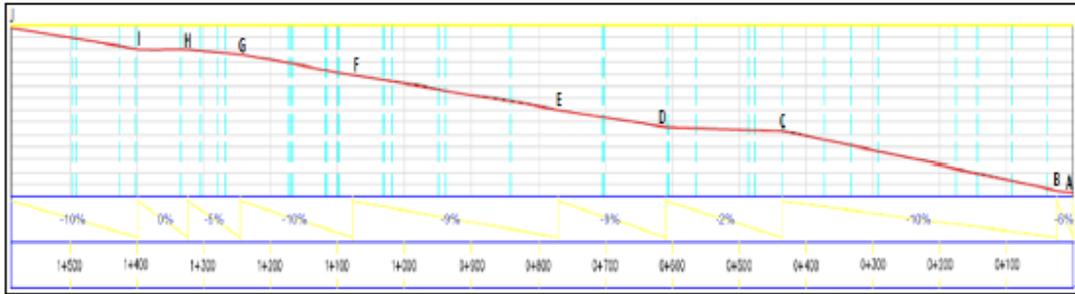


Figura 8. Acarreo del material del tajo al ore pass y/o desmontera
Fuente: Bazán (2016)

Una vez calculados los tiempos de transporte para la operación de la mina, se procede a determinar los tiempos totales del ciclo. Para ello, se tienen los números de hora a trabajar durante el día, la producción diaria, los tiempos de carguío, acarreo y retorno cumpliendo el ciclo del transporte para cada camión.

Para calcular el número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo, haremos el estudio correspondiente:

Se considera lo siguiente:

- Excavadora Komatsu PC 600 de 3.5 m³
- Camiones de 20 m³. (Bazán, 2016)

Además de la siguiente combinación:

Tabla 11. Consideraciones generales

Consideraciones generales		
Capacidad de camión	20	m ³
Capacidad de camión	16	BCM
Capacidad de camión real (promedio)	37.79	tn
Costo horario	48.34	\$/Hr
Costo de posesión	12.54	\$/Hr
Costo de operación	35.79	\$/Hr
Distancia de transporte (promedio)	1.55	Kms
Ciclo de transporte (promedio)	3.1	Kms
Cantidad de llantas	12	#

Tabla 12. Cálculo del número de camiones de 20 m³

Cálculo del número de unidades de la flota de camiones de 20 m ³									
Periodo	set-17	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	
Número de camiones	#	12							
Consumo de combustible diésel	gls/hr	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56
Número de pases equipo de carguío 3,5 m ³ balde	#	5	5	5	5	5	5	5	5
Tiempo por baldada	seg	30	30	30	30	30	30	30	30
Tiempo de carguío	min.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Velocidad de cargado	km/hr	12	12	12	12	12	12	12	12
Tiempo de viaje de cargado	min.	8.8	8.8	8.8	8.7	8.6	8	8.8	8.8
Tiempo de descarga	min.	1	1	1	1	1	1	1	1
Velocidad de vacío	km/hr	15	15	15	15	15	15	15	15
Tiempo de viaje vacío	min.	7	7	7	6.9	6.9	6.4	7	7
Tiempo de espera y pérdidas	min.	3	3	3	3	3	3	3	3
Tiempo de ciclo tramo 1-2 km	minutos	22.3	22.3	22.3	22.1	22	20.9	22.3	22.3
Total de horas operativas	Hrs/mes	6,242	6,242	6,242	6,242	6,242	6,242	6,242	6,242
Disponibilidad	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Utilización	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Horas operativas	Hrs/día	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34	17.34
Horas por camión operativas	Hrs/mes	520	520	520	520	520	520	520	520
Rendimiento	tn/hr	102	102	102	103	103	109	102	102
Perfil de transporte	kms/mes	1,964	1,964	1,964	1,957	1,954	1,912	1,964	1,964
Extracción de equipo de acarreo	tn/día	1,770	1,770	1,770	1,785	1,792	1,885	1,770	1,771
Extracción de equipo de acarreo	tn/mes	53,100	53,100	53,100	53,550	53,760	56,550	53,100	53,130
PRODUCCIÓN MENSUAL MATERIAL	Tn	635,000	630,000	635,000	635,000	636,000	635,000	635,000	635,000
Requerimiento de camiones	Und	12							

4.3. Prueba de hipótesis

Hipótesis general:

Sea:

H_0 = El adecuado dimensionamiento de la flota de camiones mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

H_1 = El adecuado dimensionamiento de la flota de camiones **no** mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

Para la prueba de hipótesis se tienen los datos del programa de producción de la mina con el sistema tradicional y el sistema optimizado.

Tabla 13. Programa de producción con el sistema tradicional

Año	Mes	Mineral (ton)	Desmante (ton)
2016	Enero	40,092	294,993
	Febrero	50,000	408,207
	Marzo	55,000	445,958
	Abril	55,000	445,533
	Mayo	60,000	440,664
	Junio	60,000	440,585
	Julio	60,000	440,540
	Agosto	70,000	430,000
	Setiembre	80,000	420,000
	Octubre	85,000	420,000
	Noviembre	90,000	409,000
	Diciembre	90,000	451,000
Total		795,092	5,046,480

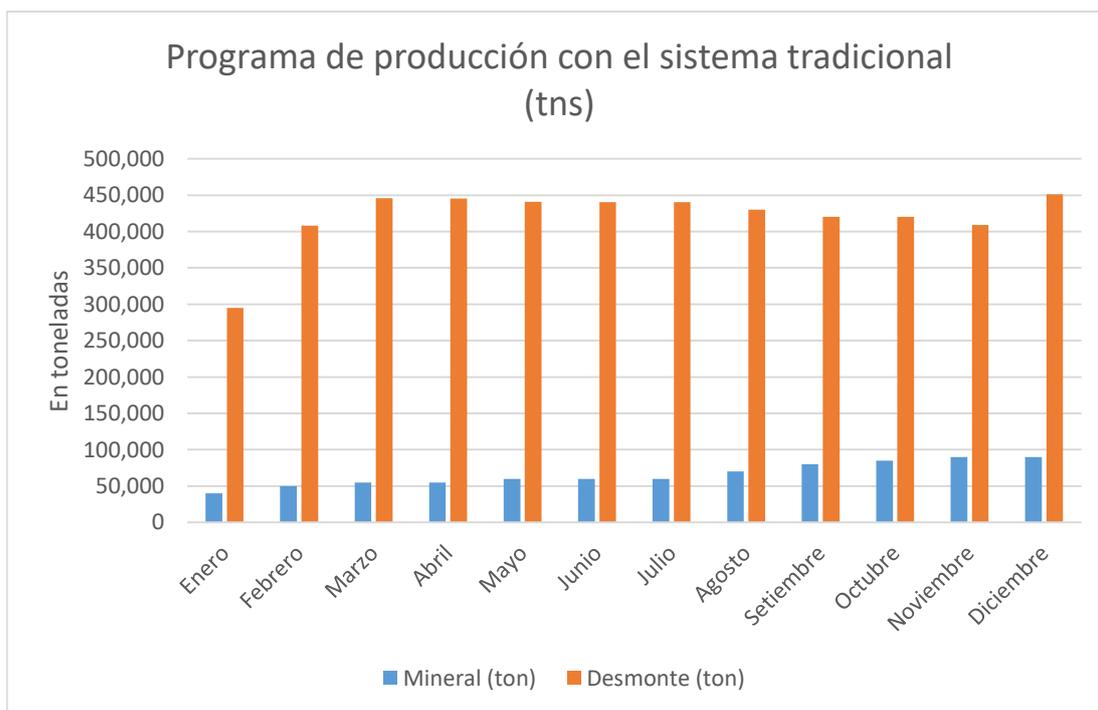


Figura 9. Programa de producción con el sistema tradicional-2016

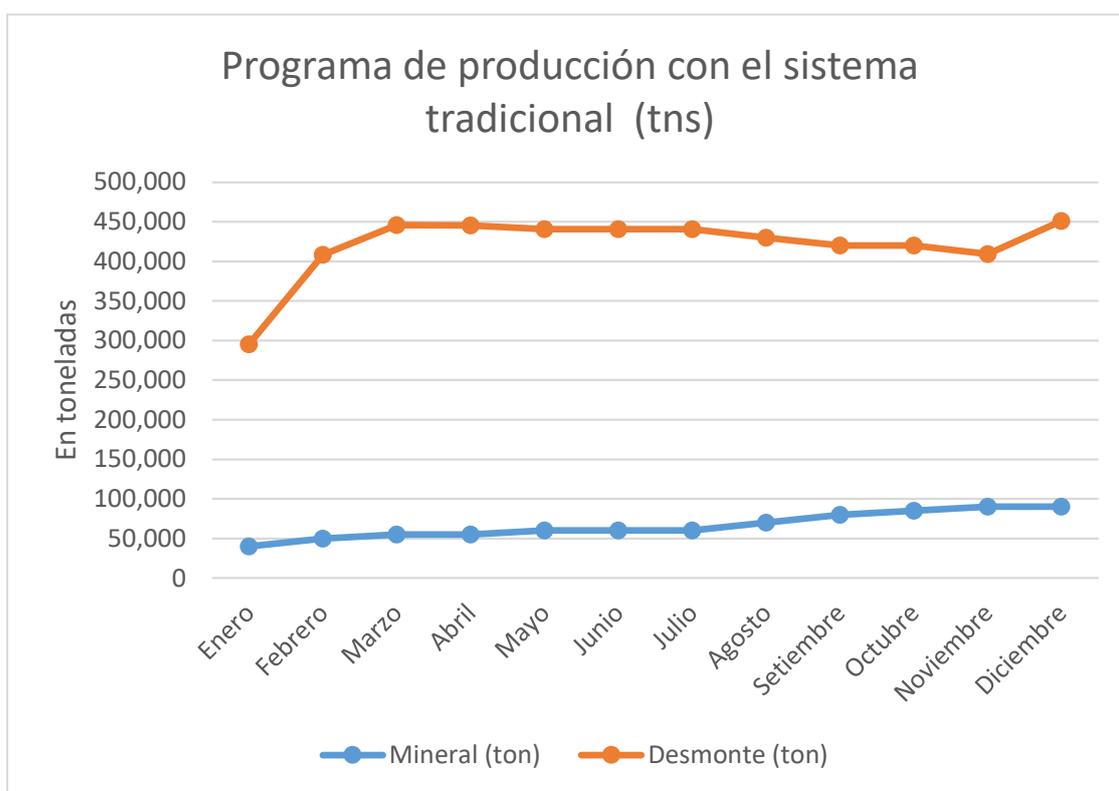


Figura 10. Programa de producción con el sistema tradicional-2016

Tabla 14. Programa de producción con el sistema optimizado

Año	Mes	Mineral (ton)	Desmante (ton)
2017	Enero	90,000	500,000
	Febrero	90,000	500,000
	Marzo	90,000	510,000
	Abril	90,000	490,000
	Mayo	90,000	525,000
	Junio	90,000	504,000
	Julio	90,000	535,000
	Agosto	90,000	540,000
	Setiembre	90,000	545,000
	Octubre	90,000	540,000
	Noviembre	90,000	545,000
	Diciembre	90,000	545,000
Total		1,080,000	6,279,000

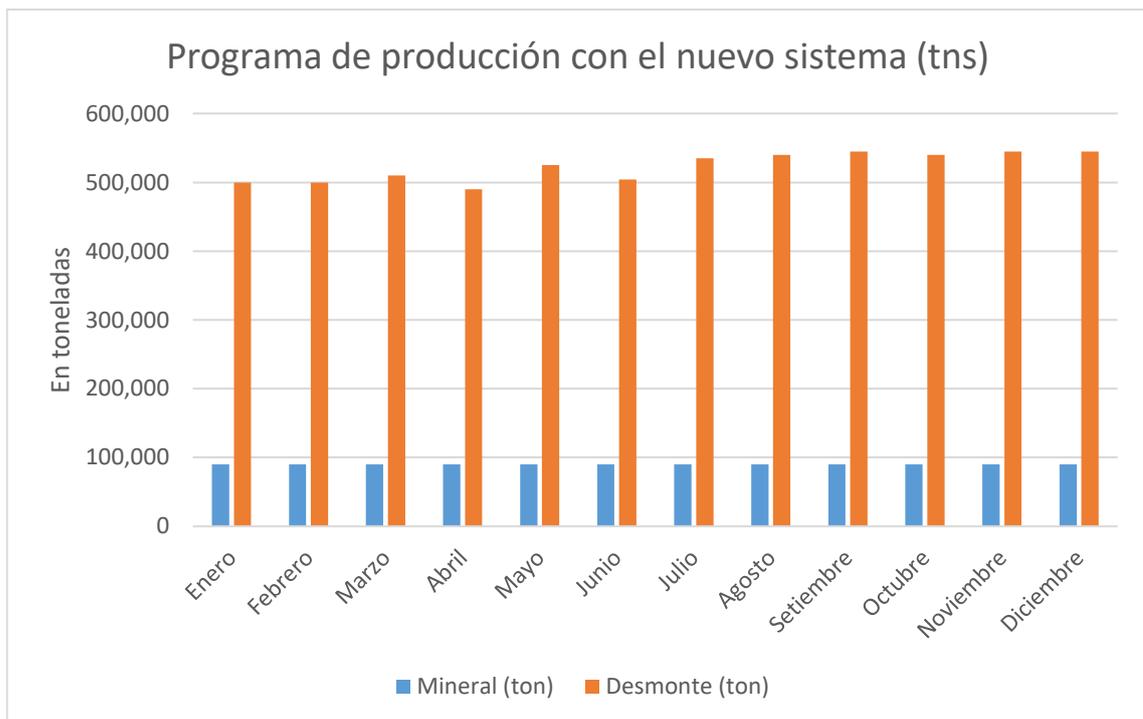


Figura 11. Programa de producción con el nuevo sistema-2017

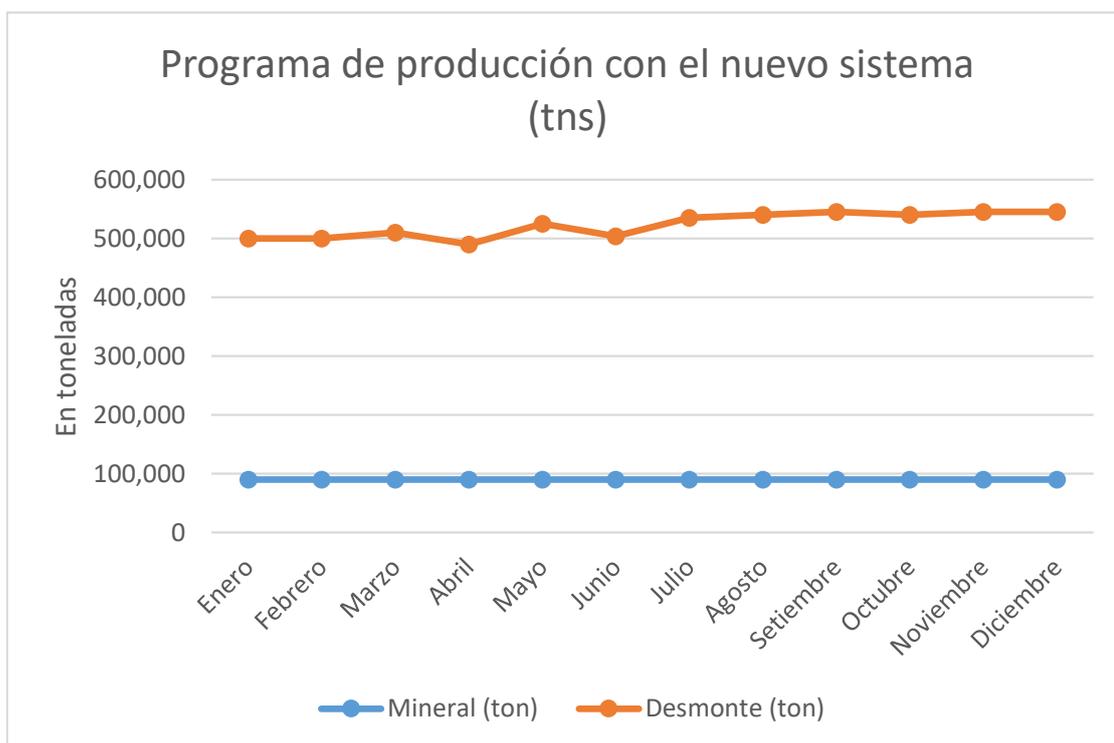


Figura 12. Programa de producción con el nuevo sistema-2017

Conclusión:

Por comparación de la cantidad de producción mediante el sistema tradicional y el nuevo sistema, se concluye que el adecuado dimensionamiento de la flota de camiones mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.

4.4. Discusión de resultados

Objetivo general:

De los resultados obtenidos del programa de producción se tiene que para el sistema tradicional el promedio de la producción de mineral es de 66257.67 tns y el promedio de la producción de desmonte es de 420540 tns.

Para el nuevo sistema, el promedio del programa de producción de mineral es de 90000 tns y el promedio de producción de desmonte es de 523250 tns.

En la Tabla 12 de la página 117 se muestra el cálculo del número de camiones de 20 m³.

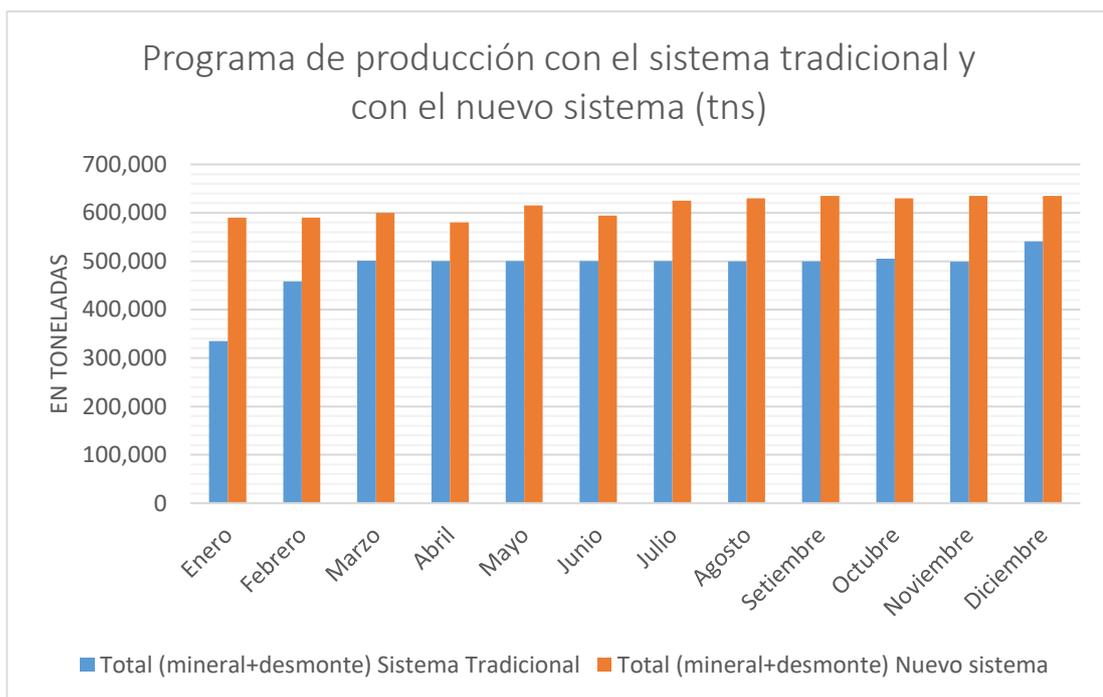


Figura 13. Programa de producción con el sistema tradicional y el nuevo sistema

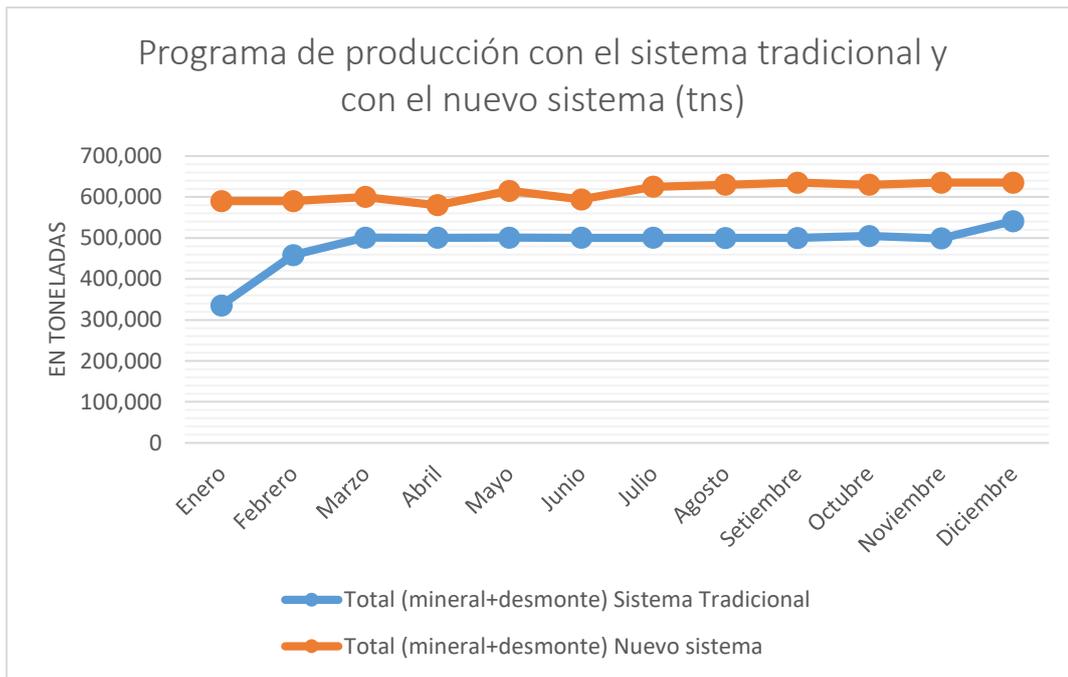


Figura 14. Programa de producción con el sistema tradicional y el nuevo sistema

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se desprenden del desarrollo de esta tesis son las siguientes:

1. Para el tajo San Gerardo se requieren una flota de 12 camiones para el transporte de mineral y desmonte.
2. Se debe optimizar el uso de excavadoras, para lo cual si se agregan camiones a la operación sin que haya una relación match factor cercano a uno, esta solo trae menor productividad y consecuentemente mayores costos.
3. El cálculo adecuado de la flota de camiones permite mantener en óptimas condiciones la relación \$/Ton para el costo de operaciones mineras. El excedente o la faltante de camiones influye directamente en los costos unitarios de la operación minera.
4. El costo de un camión de 20 m³ es aproximadamente 48.34 \$/hr, como se puede apreciar en el desarrollo de la tesis. Si se tiene un excedente de camiones, se generarán tiempos muertos, pues estos equipos se verán en la obligación de esperar a que se liberen las excavadoras.
5. Si el número de camiones fuera menor al que se necesita, entonces las excavadoras tendrían tiempos muertos incrementando el tiempo de ciclo de transporte de los camiones, lo cual se traduce en menor producción horaria y mayor costo por unidad cargada y transportada adicionalmente al costo por tener las excavadoras sin trabajar.

6. El costo por hora de una excavadora es de 122.47\$/hr aproximadamente. Por ello, es primordial tener una cantidad óptima de camiones para cumplir con los requerimientos de producción y que las excavadoras estén el menor tiempo posible inactivo y/o parado para así evitar pérdidas económicas.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones son:

1. El cálculo del número óptimo de camiones del tajo San Gerardo, podemos utilizarlo mucho antes que se comience con la explotación, en la etapa del preminado, en el inicio de la explotación del tajo y durante el desarrollo de la mina. Por ello, los parámetros pueden variar debido a que las condiciones en cada etapa son diferentes y tendremos resultados nuevos.
2. Se debe tener en cuenta el deterioro prematuro de los camiones, lo cual disminuye el valor de rescate de las unidades.
3. En relación con el Dispatch, éste es de vital importancia para la administración de la operación en el tajo abierto, pero cabe resaltar que el funcionamiento del mismo es cuando está en marcha la operación de minado.

BIBLIOGRAFIA

- Alarie, S., & Gamache, M. (2002). Overview of solution strategies used in truck dispatching systems for open pit mines. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, 16(1), 59–76.
- Baldeón, Z. L. (2011). Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A. *Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú*, 103.
- Bazán, A. M. (2016). Cálculo del número de unidades de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo, perteneciente a la Compañía Minera Atacocha. *Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Continental de Huancayo*.
- Calderón, J. A. (2017). Optimización de los Estándares de Operación de la Flota de Scooptrams para Reducir los Costos de Explotación en la Mina Atacocha. *Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalúrgia de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*, 96.
- Herrera, R. F. (2011). GPS aplicado a la ubicación de vehículos de transporte terrestre y sus alternativas en su gestión. *Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Huarocc, P. M. (2014). Optimización del carguío y acarreo de mineral mediante el uso de indicadores claves de desempeño U.M. UPKAR MINING S.A.A. *Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú*, 133.
- Luque, E. (2016). *Modelo De Estimación Y Comparación De Velocidades Reales Vs Simuladas De Los Camiones Komatsu 930e En Minera Los Pelambres–Antofagasta Minerals Chile* [PhD Thesis]. Tesis para obtener Título de Ingeniero de Minas. Universidad del Antiplano
- Manzaneda, J. E. (2015). Optimización de la flota de carguío y acarreo para el incremento de producción de material de desbroce de 400k a 1000k BCM-U.E.A. El Brocal Consorcio Pasco Stracon GyM. *Facultad de Geología, Geofísica y Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa*.
- Ortiz, O., Canchari, G., Iglesias, S., & Gonzales, M. (2007). Simulación determinística y estocástica para dimensionar, y seleccionar equipo y elegir alternativas de minado

en la explotación minera superficial. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 10(19), 38–50.

Pino, R. (2007). Metodología de la Investigación. *Editorial San Marcos EIRL Primera edición Lima–Perú*.

Preciado, J. (2012). *Diseño Y Aplicación De Un Modelo Económico Para La Toma De Decisiones En Reemplazo De Equipo De Acarreo En Una Mina a Cielo Abierto* [PhD Thesis]. Tesis de Maestría.

Quiquia, M., & William, G. (2015). *Mejoramiento continuo en la gestión del ciclo de acarreo de camiones en minería a tajo abierto en Antamina, Cerro Verde, Toquepala, Cuajone, Yanacocha, Alto Chicama, Las Bambas, Cerro Corona, Antapacay y Pucamarca*.

Reyna, G. (2016). *Compañía Minera Atacocha S.A.A.*

Rodríguez, F. E. (2018). Gestión del transporte y acarreo de mineral y desmonte en Mina Cuajone de Southern Peru Copper Corporation. *Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú*.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. de la L. C. (1998). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). McGRAW-HILL México.

Sanjuanelo, S. L., Caballero-Uribe, C. V., Lewis, V., Mazuera, S., Salamanca, J. F., Daza, W., & Fourzali, A. (2007). *Consideraciones éticas en la publicación de investigaciones científicas*. 15.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿Cómo el adecuado dimensionamiento de la flota de camiones influye en el mejoramiento de la productividad en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.?</p>	<p>General</p> <p>Mejorar la productividad del sistema de carguío y transportes en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. mediante el adecuado dimensionamiento de la flota de camiones.</p>	<p>General</p> <p>El adecuado dimensionamiento de la flota de camiones mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>Variable Independiente (X)</p> <p>X = El dimensionamiento de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p> <p>Variable Dependiente (Y)</p> <p>Y = El mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>Nivel: Descriptivo.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Método: No experimental. Hipotético deductivo.</p> <p>Diseño:</p>
<p>Específico 1</p> <p>¿Cómo la minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones incide en el mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.?</p>	<p>Específico 1</p> <p>Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A. mediante la minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte.</p>	<p>Específico 1</p> <p>La minimización de los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>Variable Independiente (X)</p> <p>X = El dimensionamiento de la flota de camiones en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p> <p>INDICADORES:</p> <p>X₁ = Minimizar los tiempos muertos de las excavadoras y camiones en el proceso de carguío y transporte en la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>No experimental.</p>

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Específico 2</p> <p>¿Cómo la identificación de variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno afecta en el mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.?</p>	<p>Específico 2</p> <p>Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. mediante la identificación de variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno.</p>	<p>Específico 2</p> <p>La identificación de las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno mejoraría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>	<p>X_2 = Identificar las variables que más afectan la curva de productividad del sistema de carguío y transporte a lo largo del turno.</p> <p>X_3= Aplicar nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha. S.A.A.</p> <p>Variable Dependiente (Y)</p> <p>Y = El mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p> <p>INDICADORES:</p> <p>Y_1= Cantidad de transporte de mineral.</p> <p>Y_2= Cantidad de transporte de desmonte.</p>	
<p>¿Cómo la aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable influye en el mejoramiento de la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.?</p>	<p>Mejorar la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Compañía Minera Atacocha S.A.A. mediante la aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable.</p>	<p>La aplicación de nuevas herramientas computarizadas de análisis multivariable incrementaría la productividad del sistema de carguío y transporte en el tajo abierto San Gerardo de la Cía. Minera Atacocha S.A.A.</p>		

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Tabla 15. Costo de transporte por camiones en porcentajes

COSTO DE TRANSPORTE POR CAMIONES	
RUBRO	PORCENTAJE
Costo de llantas	
Costo de mantenimiento	
Costo de lubricantes y combustible	
Labor y operador	

Tabla 16. Cálculo de velocidad promedio cargado

	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	HI	IJ
Pendiente									
Distancia (mts)									
Velocidad (KPH)									
Factor "p"									
Factor "r"									
Velocidad corregida (KPH)									
Tiempo total de acarreo									
Velocidad promedio									

Tabla 17. Cálculo de velocidad promedio vacío

	JI	IH	HG	GF	FE	ED	DC	CB	BA
Pendiente									
Distancia (mts)									
Velocidad (KPH)									
Factor "p"									
Factor "r"									
Velocidad corregida (KPH)									
Tiempo (Hrs)									
Velocidad promedio									

