

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y

METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y TRANSPORTE
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD APLICANDO LA
TEORIA DE COLAS EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL-
JUNIN”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS
PRESENTADO POR:**

BACH. JORGE LUIS MANRIQUE CORDOVA

ASESOR:

ING. MAXIMO VICTOR MAYTA LINO

**CUSCO- PERÚ
2021**

DEDICATORIA

A mi madre Olga Cordova, por su constante empuje y amor.

A mi familia en general por enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa.

A los amigos sinceros que siempre están conmigo apoyándome en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Primero darle las gracias a mi señor DIOS, por apoyarme en todo tipo de situaciones iluminando mi camino dándome fuerza para salir adelante.

Agradecido de por vida a mis padres no por darme todo mas bien por enseñarme que el esfuerzo de cada uno tarde o temprano es recompensado en la vida.

Agradezco a mi centro de estudios superiores la tricentenario casa de estudios Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco por darme sabiduría de nivel en minería para aplicarlo en mis futuros trabajos como profesional.

A la contratista minera SAVAR CORPORACION que labora en Compañía Minera VOLCAN S.A.C. especialmente al Ing. Ronal Unsihauy Asto, por darme la oportunidad de realizar trabajos en mina mecanizada.

Además de manera especial expreso mi gratitud y agradecimiento a mi asesor Ing. Maximo Victor Mayta Lino, que con paciencia y dedicación supo guiarme hasta la culminación de la presente investigación .

INTRODUCCIÓN

La empresa Minera San Cristóbal del grupo VOLCAN se dedica a la extracción de minerales polimetálicos tales como el cobre, plomo, plata y zinc; así mismo, es la segunda unidad más grande del grupo VOLCAN logrando alcanzar una producción diaria de 3500 TMD de mineral por lo que la convierte en una empresa valiosa dentro del sector.

La mina cuenta con 3 niveles de explotación que son la zona 1 (NV 480 al NV 780), zona 2 (NV830 al NV1020) y zona 3 (NV1070 al NV1370), siendo la zona 1, 2 y 3 los tres niveles de explotación destinados a la extracción de mineral.

Actualmente en la minería (Subterránea) las actividades de carguío y acarreo de mineral son actividades vitales para el logro de los objetivos operacionales y son la clave para lograr la continuidad de la empresa por los equipos deben de asegurar una alta optimización para el logro de la producción programada a diaria en la empresa minera.

Para que los equipos alcancen los objetivos se tiene que realizar seguimiento en los tiempos productivos y improductivos en campo; por lo cual el estudio se centra en la zona 3, donde se encuentra desvíos en los puntos de carguío ocasionando perdidas en el rendimiento del scoop LHD y colas de los Volquetes.

RESUMEN

La presente investigación, se realizó en la unidad minera San Cristóbal que está ubicado en la parte suroeste del distrito de Yauli, provincia de Yauli, región Junín. Desarrollado en la zona 3 del NV 1220 al NV 1370 (profundización), el objetivo central fué incrementar la producción de la empresa minera aumentando el número de viajes de mineral y evaluando dos marcas de volquetes (Sitruk y Volvo) a través de los tiempos improductivos y seguidamente se aplicó el modelo matemático que brinda la investigación de operaciones conocida como teoría de colas. La empresa tiene como producción diaria 3500 TMD, para ello se centra en problemas que se presentan principalmente en los equipos de transporte Sitruk, número de viajes, tiempos improductivos y la presencia de colas que se presentan en las operaciones de transporte y carguío. Para realizar dicho estudio se evidencia equipos parados y en colas para ello se realizara un estudio de tiempos minuciosos de los ciclos de carguío y transporte, seguidamente se evalua las diferencias entre los equipos de transporte luego se realizara el estudio del modelo matemático que ofrece la investigación de operaciones llamada teoría de colas, para analizar la evaluación de los equipos de carguío y transporte y así poder mejorar la cantidad de viajes de mineral, los rendimientos de los equipos de carguío y la producción diaria. El diagrama de la teoría de colas para este estudio se basa en el sistema M/M/1 de Erlang ya que los volquetes Sitruk realizan colas en cada punto de carguío siguiendo una distribución exponencial en el tiempo de llegadas y tiempos de servicio y sigue el mecanismo de servicio FIFO. Para darle validez a la teoría de colas se usara el programa QM for Windows, el cual consta de ingresar la data obtenida en campo de los tiempos de espera y tiempo de llegada para así evaluar la mejora del ciclo de transporte y carguío al disminuir el número de equipos y realizar el cambio de los volquetes SITRAK para así aumentar el número de viajes de mineral con el fin de mejorar la producción diaria de mineral.

***Palabras clave:* teoría de colas, productividad**

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	v

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	11
1.2 Formulación del Problema.....	13
1.2.1 Problema general	13
1.2.2 Problemas específicos	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Hipótesis	13
1.4.1 Hipótesis general	14
1.4.2 Hipótesis específicas	14
1.5 Variables e indicadores.....	14
1.6 Justificación del Estudio.....	14
1.7 Delimitación de la Investigación	15
1.7.1 Delimitacion Espacial.....	15
1.7.2 Delimitacion Temporal.....	15
1.8 Metodología de la Investigación.....	15
1.8.1 Tipo de investigación.....	15
1.8.2 Nivel de investigación	16
1.8.3 Población y muestra.....	16
1.8.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	16
1.8.5 Técnicas e instrumentos de análisis de datos	17

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación	19
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	19
2.2 Bases Teóricas	21
2.2.1 Definición	21
2.3 Marco Conceptual (Fórmula de rendimiento de volquete y scoop)	22

2.3.1. Volquetes	22
2.3.2. Volquete SITRAK	22
2.3.3. Volquete VOLVO	23
2.3.4. Equipo de carguío de bajo perfil.....	24
2.3.5. Parámetros de los tiempos y carguio	25

CAPÍTULO III:

DESCRIPCIÓN DE LA MINERA VOLCAN UNIDAD SAN CRISTÓBAL

3.1 Aspectos Generales.....	28
3.1.1 Historia	28
3.1.2 Ubicación	29
3.1.3 Accesibilidad	29
3.1.4 Clima	30
3.1.5 Operaciones	30
3.2 Geología	30
3.2.1 Geología regional	30
3.2.2 Geología local.....	32
3.2.3 Estratigrafía regional y local.....	32
3.2.4. Geología estructural.....	32
3.2.5. Geología económica y mineralización	33
3.2.6. Reservas y Recursos	33
3.3. Operaciones de Mina.....	33
3.4. Operaciones de Mineras Unitarias.....	34
3.5. Transporte de Mineral	36
3.6. Relleno del Tajeo.....	36
3.6.1. Relleno detrítico con Scoop.....	36
3.7. Características de la Teoría de Colas.....	40
3.7.1 Elementos de la Teoría de Colas	40
3.7.2 Teoría de colas aplicada al carguío y acarreo en mina San Cristóbal	41
3.8. Base Matemática.....	44
3.9. Clase de Llegadas	44
3.10. Clases de Servicio.....	45
3.10.1. Población finita.....	45
3.10.2. Población infinita.....	45

**CAPÍTULO IV:
APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS**

4.1. En el Campo	48
4.2. Primer Caso de Estudio	50
4.3. Segundo caso de estudio.....	50

CAPITULO V

ANÁLISIS, PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis	68
5.2 Presentación	68
5.3 Interpretación:.....	68
5.4 Contrastacion de la Hipótesis de los Casos - Estudio.....	68
5.5. Procesos de la Prueba De Hipótesis	69
5. 5.1 Proceso de prueba de Hipótesis General	69
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	76
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	77
ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 (Operacionalización de variables)</i>	14
<i>Tabla 2: Reservas de Mineral Mina San Cristóbal</i>	33
<i>Tabla 3: Datos tomados en campo de tajo</i>	48
<i>Tabla 4: Muestra del ciclo de carguío fue expresado en horas, minutos y segundos. Volquete Sitrak capacidad de 32 Tn</i>	49
<i>Tabla 5: Datos tomados en campo :</i>	50
<i>Tabla 6: Muestra de carguío y acarreo de mineral usando volquete Volvo</i>	53
<i>Tabla 7: Para un día de trabajo normal las demoras operativas y no operativas</i>	57
<i>Tabla 8: Demoras durante una guardia</i>	58
<i>Tabla 9: Distribución de volquetes por zona</i>	59
<i>Tabla 10: Acarreo de Mineral con volquete Volvo</i>	59
<i>Tabla 11: Para un día de trabajo normal las demoras operativas y no operativas, pero con volquetes Sitrak</i>	60
<i>Tabla 12: Demoras durante una guardia</i>	60
<i>Tabla 13: Acarreo de Mineral con volquete Sitrak</i>	61
<i>Tabla 14: Para un día de trabajo normal las demoras operativas y no operativas, aplicando la teoría de colas a los volquetes Sitrak</i>	62
<i>Tabla 15: Tiempo de trabajo no productivo por guardia en promedio</i>	63
<i>Tabla 16: Acarreo de Mineral con volquete Sitrak aplicando la teoría de colas</i>	64
<i>Tabla 17: Producción total necesaria</i>	65
<i>Tabla 18: Distribucion de Scoop</i>	65
<i>Tabla 19: Muestra de carguío y acarreo de mineral (Los tiempos se están midiendo en horas, minutos y segundos) usando volquete Sitrak sin colas</i>	66
<i>Tabla 20: Resumen de los parámetros para el incremento de la producción</i>	67
Tabla 21: Tendencia con colas del mes de agosto a diciembre del 2020	70
Tabla 22: Tendencia con sin colas del mes de agosto a diciembre del 2020	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Teoría de Colas</i>	21
<i>Ilustración 2. Volquete SITRAK</i>	23
<i>Ilustración 3. Volquete VOLVO</i>	23
<i>Ilustración 4. Caterpillar Scoop</i>	24
<i>Ilustración 5. Sistema de control de tiempo total (SCTT)</i>	27
<i>Ilustración 6. Relleno detrítico con Scoop</i>	37
<i>Ilustración 7. Sistema de colas</i>	40
<i>Ilustración 8. Muestra el concepto básico de la teoría de colas</i>	42
<i>Ilustración 9. Distribución de Tiempos</i>	44
<i>Ilustración 10. Muestra un ejemplo típico de población finita aplicado a la minería.</i>	45
<i>Ilustración 11. Muestra del carguío y acarreo con camion sitrak.</i>	51
<i>Ilustración 12. Muestra las operaciones de carguío y acarreo (volvo).</i>	51
<i>Ilustración 13. Plano de ubicación de la Unidad Minera San Cristóbal.</i>	52
<i>Ilustración 14. En los datos del programa QR for windows para ambos casos</i>	54
<i>Ilustración 15. Análisis al ciclo de Carguío y Transporte considerando los camiones Volvo.</i> 54	
<i>Ilustración 16. Distribucion de probabilidades vs cantidad de camiones Volvo en el sistema</i> 55	
<i>Ilustración 17. Análisis al ciclo de Carguío y Transporte considerando los camiones Sitrak.</i> 55	
<i>Ilustración 18. Análisis al ciclo de Carguío y Transporte considerando los camiones Sitrak.</i> 56	
<i>Ilustración 19. Distribución de probabilidades vs cantidad de camiones Sitrak en el sistema</i> 56	
<i>Ilustración 20. Diagrama de Barras</i>	57
<i>Ilustración 21. Diagrama de Barras Demoras operativas</i>	58
<i>Ilustración 22. Diagrama de Barras Demoras operativas y no operativas</i>	58
<i>Ilustración 23. Diagrama de Barras Demoras operativas y no operativas</i>	60
<i>Ilustración 24. Diagrama de Barras Demoras operativas</i>	62
<i>Ilustración 25. Diagrama de Barras Demoras operativas y no operativas</i>	63
<i>Ilustración 26. Distribución de Minas y Plantas de Volcan Cia Minera SAA.</i>	80
<i>Ilustración 27. Ubicación de Propiedades Mineras de Volcán</i>	81
<i>Ilustración 28. Plano Geológico Regional.</i>	82
<i>Ilustración 29. Ubicación de la Unidad de Producción San Cristóbal</i>	83

CAPÍTULO I:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La Unidad Minera San Cristóbal está ubicado en la parte suroeste del distrito de Yauli, provincia de Yauli, región Junín, esta unidad que pertenece a la Compañía Minera Volcan S.A.A. actualmente viene explotando yacimientos polimetálicos de Zn, Pb, Ag y Cu.

Las empresas mineras ya sea en explotación subterránea como a cielo abierto tienen actividades de carguío y acarreo de mineral que son muy vitales para lograr los objetivos de la empresa y así poder conseguir rentabilidad y beneficios; para ello, los equipos deben asegurar una alta optimización para lograr la producción requerida. Así mismo, los equipos de acarreo deben operar eficientemente y se debe analizar varios factores importantes para mejorar la producción cuando se tienen equipos parados y en colas.

En la Unidad de Producción San Cristóbal se aplica el método de minado Over Cut and Fill (Breasting) y taladros largos (Long.Drills) , estando dividida en 3 zonas. La investigación de la presente tesis se enfoca en el estudio del incremento de la producción de 3500 a 3700 TMD aplicando para ello una de las herramientas que tiene la investigación de las operaciones llamada teoría de colas.

La unidad minera San Cristóbal está conformada por tres zonas: La zona 1 (Ferraminas al NV 730), zona 2 (NV 780 al NV 1020) y por último la zona 3 (NV

1070 al NV 1370) o llamada también zona de profundización donde actualmente se realiza los trabajos de preparación, desarrollo y explotación de la mina.

En la presente tesis se busca incrementar la producción aplicado el modelo matemático de la teoría de colas, para ello se evalúa los equipos de carguío y transporte de mineral aplicando la teoría de colas con la cual identificaremos los factores que afectan a los volquetes Sitrak para realizar el incremento de 3 a 4 viajes de mineral y así incrementar la producción de la mina.

Dicho estudio se realizara en las labores de profundización en los niveles 1220, 1270 y 1320 teniendo como rampas principales -616,-619_5,-1220_2 y -1200_1 y puntos de carguío de los tajos en explotación, donde se han incrementado las distancias dando bajo performance de los equipos en la medida de tiempos y colas que se producen, esto a su vez ocasiona perdidas de viajes de mineral en la zona 3.

El sistema de carguío de la zona 3 (profundización) se realiza con equipos de carguío LHD (Scoop) de 6 yd³ de capacidad y equipos de acarreo (volquetes) de 32 Tm de capacidad que para lo cual se tiene ubicados 10 camaras de carguío distribuidas de acuerdo a las geometría del yacimiento.

Según los reportes obtenidos en el acarreo de mineral durante los 6 últimos meses (agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre, enero) que realizaba el área de operaciones de la empresa Savar, quien se ocupa del área de transporte de la Unidad Minera San Cristóbal, se ha detectado los diferentes problemas en el sistema de transporte de mineral, siendo los siguientes:

- Ausencia de los equipos de carguío al inicio de cada guardia debido a una falla en la coordinación entre ingenieros de compañía para el envío de volquetes a los distintos puntos de carguío.
- Aglomeraciones de los volquetes en un solo punto de carguío debido a una falla en la coordinación para poner mas equipos en otros puntos.
- Equipos parados en cancha 600 desde las 4 de la tarde por falla de coordinación para que vuelvan a mina y mal control de tiempo.
- Equipos de carguío en colas produciendo perdidas de viajes.
- Rendimiento de los scoop inadecuados.
- Demoras de los volquetes para ingresar a las labores por reparaciones mecánicas en cancha 600.
- Vías en mal estado en las rampas principales (-090, -400, -013, -616, +042, +672, +995)

- Equipos de transporte regresan vacías de profundización .
- Los volquetes Volvo realizan 4 viajes/guardia mientras los volquetes Sitrak realizan 3 viajes de mineral.
- Acumulación de mineral en los puntos de carguío sin extraer.

Estos problemas hacen que los equipos de transporte y carguío tengan pérdidas económicas en los costos de espera.

Para ello, se busca incrementar la producción de la empresa minera aumentando el número de viajes de mineral.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

- ¿Cuál es el efecto en la producción que genera la aplicación de la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuántos viajes de mineral por guardia se aumentará para lograr un incremento de la producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín?
- ¿Cuál será la asignación correcta de equipos de transporte de mineral en los puntos de carguío de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal- Junín?
- ¿En qué medida se reducirá la flota de equipos de transporte de mineral de la zona 3 al aplicar la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar el efecto en la producción que genera la aplicación de la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el número de viajes de mineral que se aumentará para lograr el incremento de la producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.
- Determinar la asignación correcta de equipos de transporte de mineral en los puntos de carguío de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.
- Determinar la reducción de flota de transporte de mineral de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín aplicando la teoría de colas.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

- La aplicación de la teoría de colas generará un incremento (efecto) en la producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín

1.4.2 Hipótesis específicas

- El aumento del número de viajes de mineral logrará el incremento de la producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.
- La asignación de equipos de transporte de mineral en los puntos de carguío de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal- Junín será la correcta.
- Al aplicar la teoría de colas se reducirá la flota de los equipos de transporte de mineral de la zona 3 de producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.

1.5 Variables e indicadores

Tabla 1 (Operacionalización de variables)

	VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
DEPENDIENTE	INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN	Producción diaria	TMF
		Rendimiento de los Scoop	m ³ /hora
		Costo de transporte	\$/TM
		Capacidad de la planta	TM TRATADAS
INDEPENDIENTES	TEORÍA DE COLAS	Tamaño de los equipos de carguío y transporte	TM
		Número de viajes de mineral	VIAJES/GUARDIA
		Disponibilidad mecánica	%
		Tiempos de llegadas de volquetes	Minutos
		Tiempo de servicio de los scoop	Minutos
		Servidores	# de scoop

Fuente:Elaboración propia

1.6 Justificación del Estudio

Debido a equipos de transporte en colas todos los días al inicio de guardia y a los tiempos que se pierden en los equipos de carguío de mineral como también el incremento de la accidentabilidad de los operadores de equipos de carguío y transporte de mineral se pretende incrementar la producción a través de la teoría de colas, cuyo

foco es las líneas de espera, colas y el comportamiento de los trabajadores, basada en un proceso de estudio de tiempos de los equipos y el cambio de su actitud hacia la seguridad, salud y ambiental, buscando la incorporación de estos como valores.

Así mismo, de esta manera no generándose tiempos ni días perdidos que puedan llevar a la quiebra de la empresa como por ejemplo; en choques, muertes múltiples, demandas, etc.

Por ende, elevando la productividad de forma efectiva con una asignación correcta de equipos de transporte de mineral y realizando un cambio de actitud de los operadores se incrementará la productividad.

- Aplicar la teoría de colas reduciendo las llegadas en las colas y los tiempos improductivos de los equipos de carguío.
- Mejorar el numero de viajes de mineral disminuyendo la dimensión de la flota de 14 volquetes a 12 volquetes en la zona 3.
- Ayuda a medir el impacto de campañas, lecturas, capacitaciones mediante las estadísticas generadas.
- Incrementar la produccion de mineral de 3500 TMD a 3750 TMD.

1.7 Delimitación de la Investigación

1.7.1 Delimitacion Espacial

El presente trabajo de investigación se ha realizado específicamente en la zona 3 del NV 1220 al NV 1370 en la Unidad Minera San Cristóbal – Empresa Minera Volcan S.A.A.

1.7.2 Delimitacion Temporal

El periodo de tiempo se realizó entre los meses de agosto del 2020 a enero del 2021. (06 meses).

1.8 Metodología de la Investigación

La realización de esta investigación implica aplicar el método analítico dado que este proceso consiste en descomponer un objeto de estudio separando cada una de sus partes del todo para estudiarlas en forma individual, y el método científico, ya que enmarca la realidad, investigación y conocimiento, esto se logra mediante la observación y refutación.

1.8.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación a utilizar es cuantitativa por que recopilamos y hacemos el análisis de datos.

1.8.2 Nivel de investigación

La investigación desarrollada es descriptivo-evaluativo, ya que desarrolla el ¿Cómo es?. Aquí describimos la aplicación de la teoría de colas para luego evaluar los problemas que se tiene para minimizar los tiempos improductivos y así mejorar el número de viajes de mineral y con ello incrementar la productividad.

1.8.3 Población y muestra

4.1. 1.8.3.1 Población.

Está conformada por 14 equipos de transporte y 3 equipos de cargio de mineral de la unidad minera San Cristóbal – Junín en una sola guardia.

4.2. 1.8.3.2 Muestra.

Se considero el mismo tamaño de la población.

1.8.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

4.3. 1.8.4.1 Técnicas de recolección de datos.

En la recolección de datos se realizó mediante observaciones directas, reportes diarios, mensuales, de las operaciones de carguío y acarreo en campo para su identificación y análisis.

Seguidamente se analiza la diferencia de viajes que presentan tanto los volquetes Sitrak y los volquetes Volvo en las operaciones de transporte se tomaron tiempos de viaje por ciclo.

Todo esta información se recopilo en las operaciones de la zona 3 del NV 1220 al NV 1370 en la Unidad Minera San Cristóbal – Empresa Minera Volcan S.A.A.

4.4. 1.8.4.2 Instrumento de recolección de datos.

En función a los datos de acorde a la actividad para el incremento de la productividad se implementó los siguientes instrumentos:

- Ficha de reporte de equipos
- Cuadernos de reporte de guardia.
- Cámara digital
- Cronómetro

4.5. 1.8.4.3 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos.

Para el procesamiento de los datos previamente recolectados se utilizaron como apoyo los programas Microsoft Excel, QM for Windows V5, desarrollo y la estructura formal de este trabajo.

Para ello se sigue tres etapas que se detallan a continuación:

- **Etapas de Gabinete**

En esta primera etapa se recopila información en base al problema planteado, se recoge información de presedentes y actuales se extrae los datos cuantitativos y cualitativos

- **Etapas de campo**

Se recopila información de las operaciones de carguío y transporte(principalmente los tiempos de las actividades de la operación) y factores para el incremento de la productividad de la mina. Identificando serie de problemas en los tiempos de carguío y transporte para poder realizar las mejoras y los reajustes necesarios.

- **Etapas final realización del informe final**

Los datos recopilados en campo han sido trasladados a una base de datos y trabajados con softwares distintos como para la simulación de la teoría de colas con el programa QM for Windows V5 y los trabajos de procesamiento de datos con el programa Excel.

1.8.5 Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizaron programas basadas en una estadística inferencial y descriptiva como lo podemos mencionar lo siguiente: Excel con cuadros, tablas estadísticas y QM for Windows V5.

Las técnicas que se realizan son principalmente realizadas y basadas en estadística descriptiva para el proceso de rendimientos de scoop y ciclos de los volquetes en la mina para lo cual se realiza ingreso de datos reales extraídos con mucho cuidado-

Dentro de las técnicas esta el proceso de llenado de data obtenida en el Excel y así tomar referencia real a travez de formulas para darle valor a los parámetros que se requieren para la solución de los problemas que se detallaron.

En seguida al evidenciar la data obtenida se realiza el ingreso al programa QM for Windows Vs para luego obtener los datos que se aplican en la teoría de colas, para luego evidenciar las fallas de los ciclos de carguio y transporte de la mina.

Y con todo ello darle solución real a la empresa que se tiene para mejorar la produccion y con ello aumentar la productividad de maquina y personal.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes nacionales

A) Tema: “Optimización del transporte de desmonte con volquetes mediante la teoría de colas en Sociedad Minera Corona S.A”.

Universidad Nacional del centro del Perú

Autor: Pardo Navarro, Kennedy

Objetivo “Por aplicación de herramientas del modelo de colas se estimo el costo de la espera y luego se estudia la posibilidad de reducir este costo incrementando puntos de carguío. La información que se analiza proviene de los tiempos de acarreo y demoras generadas entre los puntos de carguío y los puntos de descarga. La variable que se evalúa es el número de puntos de carguío vs. el costo de la demora de los transportadores más el costo unitario del uso de las tolvas en interior mina.

Conclusión Minimizar los tiempos de espera de los equipos de carguío y transporte (cargador frontal y volquetes), para lo cual se estudiará el sistema que abarca frentes de carguío y puntos de descarga.

B) Tema Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en Compañía Minera Los Andes Peru Gold SAC”.

Universidad Nacional del centro del Peru

Autor: Martinez Aguilar, Edwin Edguardo

Objetivo “tiene como finalidad mejorar sustancialmente las operaciones de carguío y transporte emplenado ,la teoría de colas ya que se venia evidenciando déficit

en estos procesos, el carguío se realizaba con 4 excavadoras 336DL_CAT distribuidas en los diversos frentes de minado, así mismo la operación cuenta con 40 volquetes de 20m³ de los cuales 30 están asignados a la operación de carguío y acarreo, y 10 al área de proyectos, se detectó una incorrecta distribución de volquetes en los frentes de carguío generando sobredimensionamiento de volquetes y en otros frentes la falta de volquetes.

C) Tema “Evaluación de las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad en la unidad minera Tacaza – CIEMSA”

Universidad Nacional del Altiplano

Autor: Escarcena Guzman, Renzo

Objetivo El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Tajo José María y Tajo Central, de la Unidad Minera Tacaza que pertenece al Consorcio de Ingenieros Ejecutores Mineros S.A. - CIEMSA, ubicada en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, departamento de Puno, en el año 2018, este se encuentra aplicado a las actividades operativas de carguío y transporte para la extracción de mineral y desmonte. Debido a que durante los últimos trimestres se ha detectado bajo rendimiento de productividad a causa de una inadecuada relación de equipos, se propuso como objetivo evaluar las operaciones de carguío y transporte para el mejoramiento de la productividad, específicamente a tres excavadoras y seis volquetes de la empresa contratista COEMPSA, quienes laboran en esta unidad, la metodología utilizada para este estudio es de tipo descriptivo y se toma en cuenta la producción requerida, el tiempo de ciclo de carguío y transporte, con lo que se determina el rendimiento horario de los equipos, además de ello se relaciona con la carga útil de los equipos de transporte, seguidamente se aplica el modelo del factor de acoplamiento para determinar la cantidad de equipos de transporte necesarios por cada equipo de carguío, de acuerdo a la evaluación se determinó que el ciclo de transporte de mineral del Tajo José María y el Tajo Central a la cancha de gruesos es de 38,5 y 25,2 minutos respectivamente, por lo tanto, el factor de acoplamiento actual es de 0,83 y 1,27 respectivamente, para mejorar esta situación e incrementar la productividad, se requiere distribuir 01 excavadora con 08 volquetes en mineral para el Tajo José María y 05 volquetes con 01 excavadora para el Tajo Central.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Definición

Teoría de colas aplicada en minería

La teoría de colas es un conjunto de modelos matemáticos que se utilizan para describir las líneas de espera que podemos observar en la realidad con el objetivo de encontrar un estado estable y determinar una capacidad de servicio apropiada por medio de la modelación.

Existen múltiples aplicaciones de la teoría de líneas de espera en este caso será en el sector minero donde se presenta la necesidad de tomar decisiones de capacidad y distribución de recursos a partir de modelos de simulación que permitan encontrar soluciones técnicas de menor costo y mayor efectividad.

Cálculos de tiempos

A lo largo del tiempo se producen llegadas de clientes a la cola de un sistema desde una determinada fuente demandando un servicio minero.

Pasos de la teoría de colas

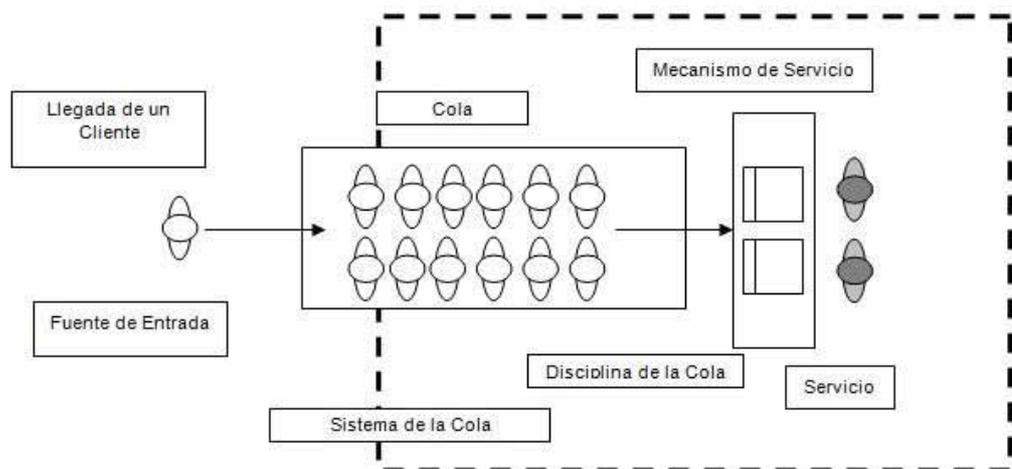


Ilustración 1. Teoría de Colas

Fuente: Hernandez - Metodología de la Investigacion

2.3 Marco Conceptual (Fórmula de rendimiento de volquete y scoop)

2.3.1. Volquetes

Los sistemas de transporte de volquetes son ampliamente utilizados en las operaciones subterráneas, se dividen en tres categorías, volquetes con chasis frontal y posterior rígidos, volquetes con chasis trasero articulada de giro y unidades de tractor con un remolque de alimentación independiente. Todos los camiones en su mayoría tienen tener un motor diesel, excepto para camiones con línea eléctrica, que requieren una infraestructura especial. Se requieren camiones para transportar mineral y/o desmonte a través de las aberturas de desarrollo (galerías y rampas). Los accesos entre niveles para los camiones, conocido como rampas se construyen en función a sus dimensiones y especificaciones técnicas, por otro lado, los camiones deben ser capaces de desplazarse en gradientes de hasta 12%. Las dimensiones de los descensos diseñados tales como el ancho y las curvas deben incluir la consideración de rendimiento del vehículo, las curvas cortas disminuyen la velocidad del vehículo, lo que resulta en un tiempo de ciclo más largo y por lo tanto disminuye la productividad.

El ancho y el grado del camino de acarreo declive debería permitir vehículos para negociar de forma segura en las curvas en una velocidad determinada teniendo en cuenta la distancia y la vista del vehículo con el radio de giro mínimo.

Los volquetes en mina san Cristóbal para la extracción de mineral son los siguientes:

2.3.2. Volquete SITRAK

Camiones de procedencia china con ensamblaje alemán de dimensiones 6x4 y 8 con las siguientes características:

- Marca : SINOTRUK (Tecnología de MAN)
- Modelo : MC11.40-50
- Tipo de inyección/ alimentación : Directa/ Turbo alimentador y post-enfriado (turbocooler)/ 6 en línea.
- Cilindrada : 10518
- Potencia Maxima : 440 hp (324 KM) - 1900 rpm
- Torque Maximo : 2100N.M / 1000 - 1400 rpm



Ilustración 2. Volquete SITRAK

Fuente: Empresa Snavar Minera Volcan Unidad Yauli

2.3.3. Volquete VOLVO

Son camiones de procedencia Sueca de dimensiones 6x4 y 8 con las siguientes características:

- Marca : VOLVO
- Modelo : FMX 8x4R
- Potencia (cv/kW (rpm)) : 480-353 (1400-1800)
- Torque (Nm/kgfm (rpm)) : 2400-245 (1050-1400)
- Cilindrada (dm3) : 12.8
- Diámetro x Carrera del pistón (mm) : 131 x 158
- Relación de compresión : 1 8.1:1
- Sistema de lubricación (l) : 33
- Sistema de enfriamiento (l) : 38



Ilustración 3. Volquete VOLVO

Fuente: Empresa Savar Minera Volcan Unidad Yauli

2.3.4. Equipo de carguío de bajo perfil

Son cargadores subterráneos de bajo perfil, llamados scoop o LHD, Estos cargadores se encargan de extraer el mineral de los frentes y tajeos de explotación y descargan el mineral directamente en un echadero o acumulación el material en la cámara.

Existen varios tipos de cargadores sobre neumáticos y cargadores de transporte. Los equipos con neumáticos de caucho se utilizan comúnmente en las minas de roca dura y se conocen como LHD (carga agarreo y descarga).

Un LHD puede ser diésel o eléctrico, las unidades diésel son versátiles y se pueden mover fácilmente de una ubicación a otra. Las unidades eléctricas llevan un tambor de cable y se basan en cadenas cortacables eléctrica, tienen bajos niveles de ruido y de emisiones cero, y son altamente productiva en las minas donde el mineral es transportado por una serie de puntos de extracción a una ubicación fija (Atkinson, 1992). En la mayor parte de minas subterráneas los LHD manuales o automáticos se utilizan para cargar y transportar el material en esta fase debido a su eficacia en el transporte de material para distancias cortas (Hartman, 1987).

Las siguientes caracteirsicas son de los equipos de carguío en interior mina.

Caterpillar Scoop de 6 yd³ modelo 1600 R equipos que realiza el acarreo de mineral control remoto.



Ilustración 4. Caterpillar Scoop

Fuente: Minera Vólcan Unidad Yauli

2.3.5. Parámetros de los tiempos y carguio

2.3.5.1. La gestión del tiempo total (Tt) consiste en la administración de todas las actividades relacionadas a la maquinaria y equipo minero, desde el momento de la compra o alquiler hasta dársele de baja, registrándose en qué situación se encuentra el equipo en los diferentes momentos y etapas de utilización.

2.3.5.2. Tiempo no programado (Tnp)

Es el tiempo durante el cual el equipo o maquinaria se encuentra paralizado (ya sea en estado operativo o malogrado)

Conceptualmente si una empresa dependiera de un solo equipo cuyo costo es de medio millón de dolares, para asegurar la mayor rentabilidad, este equipo estaría operativo todo el tiempo dejando de trabajar solamente el tiempo que dure el mantenimiento y reparaciones programadas. Este manejo organizacional necesitaría un planeamiento de los trabajos de mantenimiento y reparaciones, reduciendo al mínimo las paradas por fallas intempestivas, por consiguiente, se vería en la necesidad de la implementación del área de planeamiento de mantenimiento mecánico y del área de logística, ambas especializadas y proactivas.

$$Tt = TP + Tnp$$

Donde

Tt : Tiempo total

Tp : Tiempo programado

Tnp : Tiempo no programado

2.3.5.3. Sistema de control de tiempo

El sistema de control de tiempo consiste en la clasificación del tiempo calendario y la interdependencia de las actividades en el proceso productivo y sirve para la evaluación de indicadores clave de eficiencia y rendimiento tanto de equipos individuales como en la evaluación de flotas de los diferentes tipos de equipos.

Ilustración 5: Sistema de control de tiempo total (SCTT).

Fuente: Ramírez (2007).

2.3.5.4. Capacidad de productividad

Según Ramírez (2007), la determinación de la capacidad productiva de los equipos mineros consiste en el cálculo de las capacidades operativas de cada uno de los equipos en una unidad de tiempo, bajo ciertas condiciones técnico-minera y acorde con el sistema de gestión del tiempo de trabajo durante el proceso

productivo.

Como es de conocimiento general, los equipos existentes en el mercado están fabricados para cumplir un determinado trabajo cuya capacidad productiva nominal, en determinadas condiciones de trabajo (condiciones técnico-mineras) están especificadas en sus catálogos respectivos. Depende de los usuarios como lograr el rendimiento de los equipos a los estándares sugeridos por los fabricantes.

Capacidad productiva de los equipos de carguío

La capacidad de carga operativa calculada durante el ciclo de carguío se denomina capacidad operativa de carga (Q_{cc}), mientras que la capacidad nominal de carga (Q_{nc}) es el dato proporcionado por el fabricante según el tipo de la cuchara del equipo de carguío.

$$Q_{cc} = \frac{V_{cn} * F_{uc} * \delta_i}{T_{cc} + F_{esp}}$$

Donde:

Q_{cc} : Capacidad de carga por ciclo de carguío, t/seg.

V_{cn} : Capacidad de carga nominal de cuchara, m³

F_{uc} : Factor de utilización de cuchara.

δ_i : Peso específico in situ de material roto, T/m³

T_{cc} : Tiempo de ciclo de carguío, seg.

F_{esp} : Factor de esponjamiento

Capacidad productiva de los equipos de transporte

También, indica que el cálculo de la simulación de acarreo está íntimamente ligado al equipo de carguío seleccionado y a las rutas de acarreo previamente diseñado, como también, a las rutas existentes en el caso de que se tratara de evaluar el requerimiento de equipos de carguío y acarreo en una determinada operación.

La capacidad operativa de la tolva operativa, respecto al peso específico in situ del material, se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{co} = N_p * \frac{V_{ct} * F_{uc} * \delta_i}{T_{cc} + F_{esp}}$$

Donde:

Q_{co} : Capacidad operativa de tolva, t.

N_p : Numero de pases.

V_{nc} : Capacidad nominal de carga de cuchara, m³

F_{uc} : Factor de utilización de cuchara.

δ_i : Peso específico in situ de material roto, T/m³

T_{cc} : Tiempo de ciclo de carguío, seg.

F_{esp} : Fator de esponjamiento, t/m³

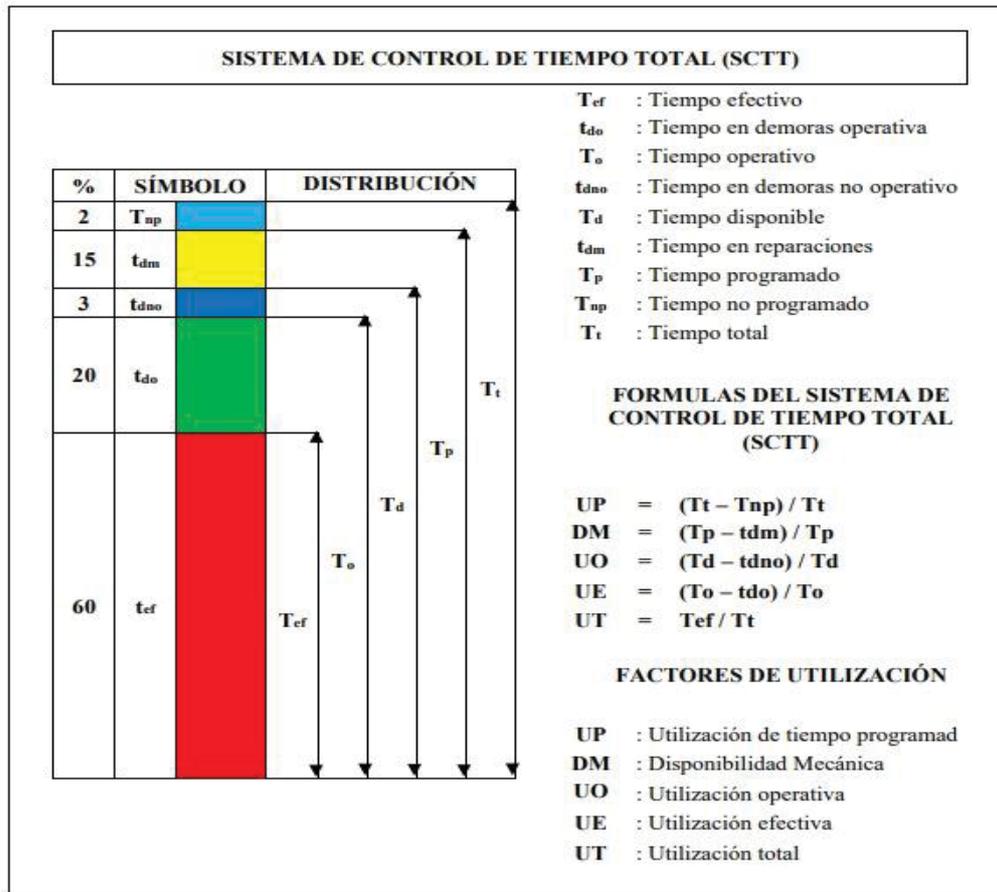


Ilustración 5. Sistema de control de tiempo total (SCTT).

Fuente: Ramírez (2007).

CAPÍTULO III:

DESCRIPCIÓN DE LA MINERA VOLCAN UNIDAD SAN CRISTÓBAL

3.1 Aspectos Generales

La mina San Cristóbal constituye una de las operaciones actuales de la Compañía Minera Volcan S.A.A, pertenece a la unidad minera Yauli.

3.1.1 Historia

El campamento San Cristóbal fue en sus inicios una instalación provisional, dedicada a la extracción de minerales de las minas existentes. Así, su permanencia depende de la explotación de minerales siga siendo rentable.

San Cristóbal se remonta a la época de la colonia entre los siglos XVII y XVIII, cuando los españoles escalaban montañas en búsqueda de oro y plata. Es así como llegan a estos lugares tan fríos, dejando como vestigio una cruz de piedra en la cima de un cerro a la que denominaron Rumicruz, como una señal de descubrimiento, para luego darle el nombre de un santo, San Cristóbal, que se convierte en santo patrón de la localidad, el cual se encargaría de velar a los lugareños y por ende por los yacimientos mineros encontrados.

Hasta entonces pertenecía a la Cerro De Pasco Coper Corporación para luego pasar a ser centro minero del Perú. Los primeros trabajos geológicos fueron elaborados por la empresa Cerro de Pasco Corporation, entre los años 1928 a 1930, posteriormente por personal de Centromín-Perú y luego por el personal de Volcán Compañía Minera S.A.A.

Durante el tiempo de Cerro de Pasco Corporation se realizó los trabajos exploratorios, ejecutados en concesiones arrendadas; los resultados desalentadores acompañados por los bajos precios del plomo y zinc en el mercado internacional, determinaron la postergación de la Exploración y Desarrollo hasta el año 1936; a partir

de este año, hasta 1938, en base a las reservas anteriormente cubicadas, se construyó la Planta Concentradora de Mahr Túnel, se instaló el cable carril de 12 kilómetros que une Mahr Túnel y San Cristóbal, y por último se inició la producción sistemática a fines de 1938. Una posterior fluctuación de los precios de los metales que producía este distrito causó una nueva paralización en 1949, que se prolongó hasta 1952, año desde el cual ininterrumpidamente se explota minerales de cobre, plomo, zinc y plata. En agosto de 1967, la Planta Concentradora de Tungsteno; inició el tratamiento de dicho mineral, hasta agosto de 1984, fecha en la que se detiene este tratamiento. A partir de octubre de 1997 Volcan Cía. Minera S.A.A, adquiere la propiedad de la mina y se empieza a enviar mineral a la planta Victoria. San Cristóbal posee un sistema de extracción subterránea con una planta concentradora llamada Victoria. El distrito minero de San Cristóbal, considerado de clase mundial, presenta mineralogías relacionadas a sistemas epitermales polimetálicos, cuerpos de reemplazamiento y sistemas de vetas polimetálicas, así como mineralización relacionada a pórfidos y skarns, lo que nos indica el gran potencial del área.

3.1.2 Ubicación

La Mina San Cristóbal, se ubicada en la parte suroeste del Distrito de Yauli, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, en el Perú. Se encuentra al lado este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú; a 110 km, en línea recta, de la ciudad de Lima. Las altitudes promedio: Entre los 4150.00 - 4,700.00 m.s.n.m.

Límites:

- Por el norte, con la Compañía Minera de "Volcán"
- Por el sureste, con la Unidad de Producción de Andaychagua.
- Por el este, con la Comunidad Campesina de Huayhuay.
- Por el sur, con la laguna de Páncar.
- Por el oeste, con la laguna de Pomacocha.

Coordenadas geográficas:

- Longitud Oeste: 76° 05' • Latitud Sur: 11° 43'

3.1.3 Accesibilidad

La mina San Cristóbal es expeditamente accesible, utilizando la carretera central, cerca de la localidad de Pachachaca, parte un ramal de 20 kilómetros que conduce a San Cristóbal; asimismo, el ferrocarril central posee una estación en Yauli a 12 kilómetros del área. El camino desde la ciudad de Lima a la Mina San Cristóbal se

realiza a través de la ruta principal siguiendo la Carretera Central: “Lima - La Oroya”, “La Oroya – Mahr Túnel – Yauli - Mina Carahuacra - Mina San Cristóbal”. El tiempo de viaje varía aproximadamente entre 4 a 6 horas dependiendo mucho de las condiciones climáticas y el tráfico en la ruta “Lima - La Oroya”.

3.1.4 Clima

El clima de la zona es seco y frío que corresponde a la región Puna, con representación estacional de grandes precipitaciones pluviales.

Las condiciones climáticas tomadas de los estudios y monitoreo anteriormente desarrollados por el área de medio ambiente:

- Temperatura máxima 17°C.
- Temperatura promedio en verano 15°C.
- Temperatura promedio en invierno 10°C.
- Velocidad del viento máxima de 36 km/h.
- Evaporación de 3,3 cc/hora.

Durante los meses entre noviembre y abril se producen precipitaciones pluviales mayores, nevadas y granizadas. En los meses de mayo a octubre las condiciones son de sequía

3.1.5 Operaciones

Se encuentra ubicada entre 4,000 y 4,900 m.s.n.m en el departamento de Junín, a 40 kms de La Oroya y 170 kms de Lima. La unidad está conformada por cuatro minas subterráneas y un tajo abierto, cuyo mineral es tratado en tres plantas concentradoras, con una capacidad instalada de 11,400 TPD. Cuenta con capacidad de tratamiento anual 4.0 MM TM.

3.2 Geología

3.2.1 Geología regional

Los recursos mineros de San Cristóbal están estrechamente relacionados a su geología, por lo tanto, su estudio y comprensión nos dará una visión más amplia del área minera en estudio.

Las Unidades Económicas Administrativas de Yauli se ubican en el flanco Este de la Cordillera de los Andes Centrales del Perú, al Este de la divisoria continental a una altitud promedio de 4150 - 4 700 m.s.n.m. La región se caracteriza por un marcado intemperismo de las formaciones geológicas que han determinado una

topografía suave y abrupta. En el valle del río Yauli la topografía es bastante extendida formando planicies con extensiones importantes, especialmente en las cercanías de la Planta Concentradora de Mahr Túnel.

La morfología en la zona presenta relieves suaves y accidentados sus pendientes elevadas (35° a 48°), en zonas rocosas.

La estructura regional dominante es el Domo de Yauli (DY), que se extiende longitudinalmente por 35 Km. Desde Suitucancho hasta el norte de Ticlio y transversalmente por 10 a 15 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N40°W, es asimétrico, su flanco oriental buza entre 30 y 40° mientras que su flanco occidental lo hace entre 45° y 70°. El Domo Yauli transversalmente es un gran Anticlinorium formado por tres anticlinales, el anticlinal de Pomacocha en el lado oeste, el de San Cristóbal - Morococha en la parte central y el de Ultimátum en el flanco este.

El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte Sur Oeste de una amplia estructura regional del Domo que abarca casi íntegramente los distritos de Morococha, San Cristóbal y Andaychagua. Esta estructura inicialmente fue denominada Complejo Domal de Yauli, actualmente recibe el nombre de Domo de Yauli y representa una ventana de formaciones Paleozoicas dentro de la faja intracordillerana de formaciones Mesozoicas. El Paleozoico tiene dos pisos, el inferior formado por el grupo Excélsior y el superior por el grupo Mitu; el Excélsior está aflorando a lo largo del anticlinal de Chumpe en la parte Oeste del Domo y en el anticlinal de Ultimátum hacia el Este; el Mitu aflora en la mayor parte del Domo.

Litológicamente las rocas que afloran en el área de estudio están comprendidas en edades desde el Paleozoico Inferior, Cretáceo Medio, Terciario y depósitos del Cuaternario. Los Intrusivos de composición intermedia y básicos han cortado enteramente la secuencia estratigráfica del anticlinal de Chumpe dando origen a la mineralización, la cual se encuentra rellenando tanto fracturas de tensión y cizallamiento en el núcleo y flancos del pliegue de Chumpe como también remplazando capas calcáreas en el flanco Occidental de la misma estructura.

Estructuralmente las fallas y fracturas transversales al Domo de Yauli fueron importantes para los depósitos tipo vetas y cuerpos los que están localizados en fallas normales con rumbo general Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste respectivamente.

El Domo de Yauli está constituido por rocas sedimentarias cuyas edades fluctúan entre el Paleozoico inferior y el Cretácico Medio arregladas en una serie de

anticlinales y sinclinales de ejes aproximadamente paralelos; así los depósitos minerales de San Cristóbal y Carahuacra se localizan dentro del llamado "Anticlinal de Chumpe", cuyo eje se alinea en dirección N° 45 o mostrando doble hundida hacia el Norte y hacia el Sur.

3.2.2 Geología local

El área del proyecto está en la estructura regional conocida como domo Yauli, rocas volcánicas y metamórficas. La roca que conforma el trazo del túnel son dos rocas bien definidas: volcánica y metamórficas las filitas.

3.2.3 Estratigrafía regional y local

En los alrededores del área de estudio se observan un conjunto de unidades litológicas cuyas edades van desde el Paleozoico inferior hasta el cuaternario, ver plano TES-PTI-2015-IB-003. A continuación se describen los grupos y formaciones geológicas:

- Grupo Excélsior (silúrico devónico)
- Grupo Mitu (Pérmico)
- Volcánicos catalina
- Grupo Pucará (Jurásico)
- Grupo Goyllarisguizga (Cretáceo)

Para referirse a la estratigrafía que se presenta esta forma por alteraciones hidrotermales para los yacimientos profundos en cual se desorebnde del mangma en existe mineralógica de ambientes neutroalcalinos.

3.2.4. Geología estructural

Los afloramientos de la zona de estudio presentan fuerzas comprensivas de dirección E-W que se originaron durante el Cretáceo (Plegamiento "Peruano"), comenzaron a formar el anticlinal Morococha, que tiene una orientación NW – SE, y forma una ventana estructural con exposición del basamento paleozoico, mesozoico y cenozoico; perturbado por las diferentes orogenias e intrusivos generando un área estructuralmente compleja, la misma que llevó a esta zona a convertirse en una de las áreas más propicias para el desarrollo de varios yacimientos de depósitos minerales como vetas, mantos, cuerpos de reemplazamiento y mineralización. Estructuralmente la unidad San Cristóbal se encuentra afectado por plegamientos y fallamientos, los cuales han ocasionado la formación de anticlinales y sinclinales, originando el

fracturamiento y reordenamiento de la estructura original de las unidades rocosas, causando fracturas y diaclasas que a su vez han generado una porosidad secundaria, lo cual es un elemento importante para la geomecánica e hidrogeología por ocasionar aumento en la permeabilidad de las rocas originarias.

3.2.5. Geología económica y mineralización

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente en las rocas calizas y filitas. Después de la última etapa del plegamiento 33 "Quechua" y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización. Soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos. Los minerales económicos que se explotan en la Mina San Cristóbal son: Galena, Esfalerita, Tetraédrica y calcopirita en menor cantidad y como ganga están representados el Cuarzo, pirita, Calcita y filita.

3.2.6. Reservas y Recursos

Estimación de recursos minerales en la U.M. San Cristóbal:

- Promedio: 11 años de reservas.

Las reservas estimadas para la mina San Cristóbal tuvieron un ligero descenso debido a la disminución de la mineralización en las estructuras principales: sobre todo en las Vetas 722, 658, Split 658.

Tabla 2: Reservas de Mineral Mina San Cristóbal

RESERVAS	TMS	A.Veta	A. Minado	Dilución	Den Dil	%Zn	%Pb	%Cu	Oz Ag/t	SVPT
Probada	5,543,863	2.32	3.36	43.9%	3.16	6.09	0.95	0.20	4.26	142.29
Probable	8,015,019	3.00	3.81	42.1%	3.18	6.28	0.83	0.18	3.51	131.16
Total general	13,558,882	2.70	3.63	42.9%	3.17	6.20	0.88	0.19	3.81	135.71

Fuente :Minera Volcan Unidad Yauli

3.3. Operaciones de Mina

Minera San Cristóbal utiliza tecnología de última generación en la minería. La mineralización de la mina es de baja ley pero de gran volumen y, por esta razón, el método de explotación usado es el de taladros largos. Las operaciones unitarias descritas anteriormente que aseguren la alimentación de mineral dentro de parámetros establecidos y alcanzar la eficiencia operativa.

3.4. Operaciones de Mineras Unitarias

- Perforación

En la minería subterránea, la perforación se utiliza en los avances de los frentes de explotación, así como en la construcción de chimeneas y piques. Esta operación se realiza en húmedo para mantener la calidad del aire, minimizando el riesgo de enfermedades profesionales.

Guevara-Bustamante et al.(2013) menciona que “Es una plataforma móvil, en donde todas las herramientas de perforación como sus operadores van montados sobre esta, permitiendo que la barrenación se realice simultáneamente en todas las perforadoras mediante taladros horizontales, verticales o inclinados, gracias a unos brazos articulados movidos por gatos hidráulicos pueden adoptar todas las posiciones. Pueden ir montados sobre llantas de hule o sobre orugas, y si es necesario sobre rieles Utilización: Rampas, Minas, túneles y galerías. Tiros de ventilación y Perforaciones mineras subterráneas”. En la unidad minera de San Cristobal, se realiza la perforación en frentes con equipos Jumbo de un brazo y la perforación en tajos con equipos Zimba (Taladros largos).

El jumbo es el nombre que recibe una unidad de perforación equipada con uno o varios martillos perforadores sobre brazos hidráulicos donde puede montarse un martillo de perforación o una cesta donde pueden alojarse uno o dos operarios y que permite el acceso a cualquier parte del frente. Es una máquina diseñada para realizar labores subterráneas de forma rápida y automatizada: avance de túneles y galerías, bulonaje y perforación transversal, banqueo con barrenos horizontales y minería por corte y relleno, entre otras.

El mecanismo de traslación de los jumbos normalmente es autopropulsado por un tractor montado sobre neumáticos, cadenas o carriles, aunque existen modelos remolcados. Cuando trabajan se estacionan y su accionamiento es eléctrico, aunque pueden disponer de un motor diésel para el desplazamiento.

Los martillos perforadores son hidráulicos para conseguir mayores potencias que los neumáticos, funcionando a rotoperusión: la barrena gira continuamente ejerciendo a la vez un impacto sobre el fondo del taladro. Se precisa un aporte de agua para arrastrar los detritus y refrigerar la boca de perforación.

- Voladura

Esta técnica consiste en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocan explosivos para su detonación, con mecha lenta.

Los explosivos que se usan es el nitrato de amonio (ANFO), GUIA, guía blanca, mecha rápida y como cebo la dinamita de 45 (EXSA).

El trazo de malla de perforacion influye en la fragmentacion del mineral, así como la densidad de la carga explosiva, secuencia de iniciación y otros parámetros.

El FANEL es un sistema eficaz de iniciación para uso en minería subterránea, superficial y obras civiles, que ofrece los beneficios de sincronización sin riesgo, eliminando toda posibilidad de conexiones erróneas. El FANEL está formado por los siguientes componentes:

- Fulminante de retardo: Consiste de un Fulminante N° 12 que contiene en su interior un explosivo primario muy sensible, uno secundario de alto poder explosivo y un elemento de retardo de acuerdo a su número de serie, que permite detonarlo a diferentes intervalos de tiempo. Para ello se ofrece al mercado dos (2) escalas: período corto y período largo. (MS y LP)
- Manguera Fanel o tubo de choque: Fabricado con materiales termoplásticos de alta resistencia mecánica, la cual en su interior está uniformemente cubierto por una sustancia reactiva que al ser activada conduce una onda de choque cuya presión y temperatura son suficientes para iniciar al fulminante de retardo. En uno de sus extremos está sellado por ultrasonido y en el otro extremo ensamblado con el Fulminante de retardo. El color de la Manguera Fanel® permite identificar la escala de tiempo de retardo del FANEL, así tenemos que: Para el período corto la Manguera Fanel® es de color rojo o naranja. (MS). Para el período largo la Manguera Fanel® es de color amarillo. (LP).
- Etiqueta: Indica el número de serie y el tiempo de retardo en milisegundos o segundos. Adicionalmente, tenemos un código de barras que permite la trazabilidad del producto.
- Conector plástico tipo “J”: Es un bloque plástico especialmente diseñado para facilitar la conexión y asegurar el contacto entre la Manguera Fanel y el Cordón Detonante. Adicionalmente, el color del conector plástico permite identificar el período de tiempo de retardo del FANEL, así tenemos: Para el

período corto el conector plástico tipo “J” es de color rojo. Para el período largo el conector plástico tipo “J” es de color azul

- **Carguío y transporte**

El carguío y transporte de mineral es uno de los rubros más importantes dentro de la estructura de costos de la operación minera que forman parte del ciclo de minado y así cumplir con los objetivos de la empresa minera.

En la actividad de carguío se requiere de equipos sofisticados ya que es una de las actividades más vitales para lograr la mejora continua, para el carguío se utiliza equipos de bajo perfil con capacidad de cuchara de 6 yd³ es por ello que se utiliza los equipos LHD los cuales están diseñados para realizar trabajos en mina subterránea, estos equipos son los más sofisticados para realizar traslado de material en interior mina lo cual lo hace muy cotizado a nivel mundial.

Para el transporte de materiales se cuenta con equipos en variedades y colores de distintas capacidades por lo que es una actividad en donde se requiere de volquetes de diferentes capacidades según estándares establecidos en la unidad minera, también dependerá de las dimensiones que se tienen en mina.

En las unidades de grupo VOLCAN se realiza el carguío con equipos SCOOP de distintas capacidades y el transporte con volquetes de diferentes marcas y capacidades.

3.5. Transporte de Mineral

El transporte de mineral se realiza del interior mina a las canchas de la planta concentradora, para lo cual se trabajan con una flota de volquetes Volvos de 4 ejes.

El transporte de mineral que se realiza en mina San Cristóbal se realiza tanto desde interior mina a superficie y el otro tramo desde superficie a planta.

El transporte de mineral desde interior mina hacia superficie (cancha 600) se realiza con camiones de 32 TM de capacidad de 4 ejes dentro de los cuales son en número 18 volquetes en interior mina.

3.6. Relleno del Tajeo

3.6.1. Relleno detrítico con Scoop

Se llama relleno detrítico o rocoso al material generalmente procedente de las labores mineras subterráneas excavadas en terreno estéril (desmonte). Rellenar los tajeos con relleno detrítico resulta un procedimiento caro, porque implica excavar el material detrítico o aluvial de una cantera, luego transportarlo hasta la

superficie de la mina, donde se lanza por gravedad al sub suelo. Este relleno, ya en el interior de la mina, requiere ser transportado horizontalmente repartiéndose en diferentes direcciones según se requiera a partir del “Fill-Pass” hasta los tajeos en explotación. Esta distribución de material es muy laboriosa, se calcula que llega a consumir el 30 % del tiempo del personal del tajeo, en muchos casos el piso no es uniforme y como consecuencia se produce una mayor dilución

La etapa de relleno se realizará con desmorte producto de las labores de avance con un Scoop a control remoto luego de realizado la limpieza del segundo tramo disparado formando un talud de 45° (ángulo de reposo) una vez concluida la explotación de todos los tramos se completará el relleno en un 95% de la excavación.

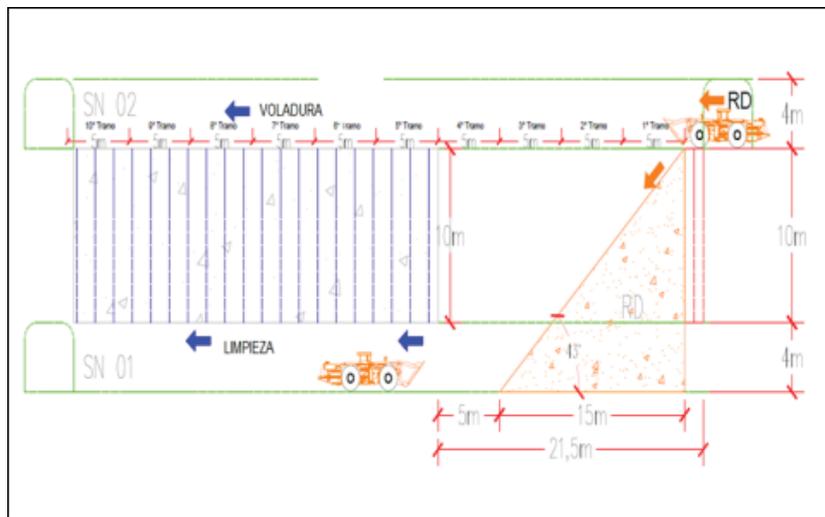


Ilustración 6. Relleno detrítico con Scoop

Fuente: Área de Operaciones mina San Cristóbal

- Agua y Aire

Es importante la ubicación de redes de servicios de agua, aire cerca de las labores de preparación y explotación en buenas condiciones, es importante para un inmediato trabajo de los equipos

Se detallan las compresoras actuales de la unidad y su respectivo caudal. Con estas 5 compresoras abastecen el requerimiento diario de aire comprimido (caudal y presión) en toda la mina.

El incremento de las temperaturas y de la humedad relativa es un claro ejemplo: a medida que nos internamos en las profundidades, la temperatura de bulbo seco aumenta aproximadamente 1°C por cada 100 m de profundidad. La temperatura de bulbo húmedo es más difícil de estimar, debido a las variaciones de humedad en la roca misma (su incremento bordea los 0,45°C cada 100 m de profundidad).

El aire se calienta por transferencia de calor con la roca y puede fácilmente alcanzar los 42°C, sin considerar la posibilidad de estar cerca de fuentes geotérmicas que eleven la temperatura del agua que se filtra. A esto hay que sumamos la circulación de vehículos de combustión, cuyo funcionamiento permite adicionar gases calientes al ya existente, y la existencia de las explosiones controladas, que aumentan aún más la carga térmica. Asimismo, las luminarias y el metabolismo humano también aportan considerablemente a esta carga.

La minería subterránea exige una planificación cuidadosa y extensiva de tales excavaciones, con el fin de que la misma funcione de manera adecuada, en cada una de sus etapas. Para ello, se recomienda planificar medidas de control aplicables y que mejoren las condiciones ambientales. Entre estas medidas, se encuentran:

- Todo trabajador y empleador debe ser informado de los riesgos asociados de la labor que será desempeñada.
- Se deben reforzar positivamente los conceptos asociados a trabajo seguro, autocuidado y cumplimiento correcto de deberes.
- Se debe aclimatar al trabajador al ambiente térmico, al menos por una semana, verificando que esto se logre.
- Incentivar a los trabajadores a no comer alimentos altos en grasa, cafeínas o exceso de azúcar ni alcohol, en turnos de trabajo.
- Proveer de puntos de hidratación con agua y recuperación de sales minerales y electrolitos.
- Instalar sistemas de ventilación mecanizados que suministren aire fresco y limpio, de tal forma de descender la temperatura ambiental, reduciendo así el riesgo de golpe de calor y que se extraiga el aire caluroso y también que permitan una buena circulación del aire. Los caudales deberán estimarse según la normativa vigente ya mencionada.
- Contar con instrumentos de monitoreo, de tal forma de estar al tanto de las condiciones ambientales, por ejemplo temperaturas, humedad y oxígeno.
- Disponer de un lugar para descanso, que tenga una temperatura confortable y el trabajador tenga también la posibilidad de refrescarse.
- Usar ropa que permita la sudoración (que sea liviana).
- Contar con un programa de evaluación médica preventiva del estado de salud de los trabajadores.
- Verificar el estado cutáneo de los trabajadores de forma regular.

Como vemos, el calor y la humedad existentes en la minería subterránea generan condiciones riesgosas para la salud de los trabajadores. Entonces, es tarea de toda la organización, comenzando por los empleadores, buscar las mejores soluciones y ponerlas en práctica, teniendo un rol protagónico los Ingenieros en Prevención de Riesgos.

- Definición de la Teoría de Colas

El origen de la teoría de colas surge a principios del siglo veinte donde se estudiaron los problemas de gestión de tráfico en las comunicaciones telefónicas de forma científica por Erlang con el objetivo de determinar el número de líneas de espera óptimo. Posteriormente, esta teoría se fue utilizando para solucionar problemas como el tráfico de automóviles, la regulación de semáforos, la cantidad óptima de cajeros y control de tiempos de espera de los procesos en un ordenador. (Velázquez, 2018)

De acuerdo con López & Triay (2018) la teoría de colas es el estudio de los sistemas de colas y sus modelos matemáticos que describen la línea de espera, que mediante estos modelos nos permite identificar el estado óptimo del sistema, la longitud promedio de la línea de espera y el tiempo de espera promedio.

Según García, J (2016) nos dice que “Un sistema de colas se puede describir cómo sigue. Un conjunto de “clientes” llega a un sistema buscando un servicio, esperan si este no es inmediato, y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar.

El término “cliente” se usa con un sentido general y no implica que sea un ser humano, puede significar piezas esperando su turno para ser procesadas o una lista de trabajo esperando para imprimir en una impresora en red.” (p. 7)

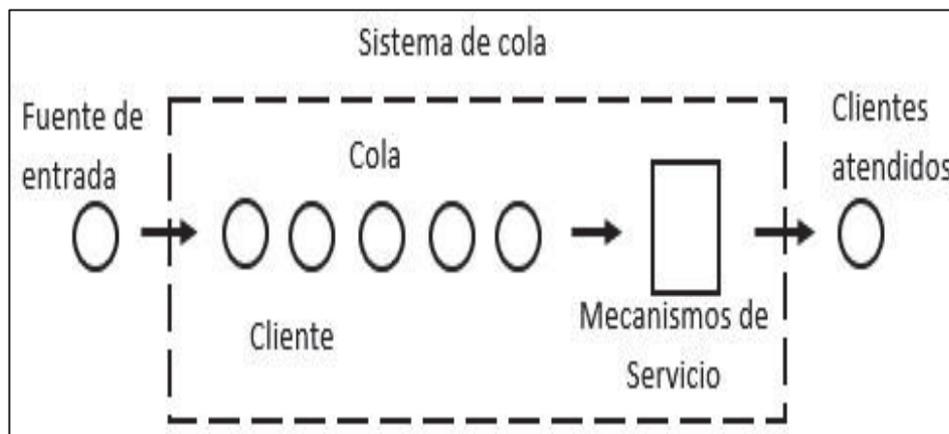


Ilustración 7. Sistema de colas

Fuente: Hillier (2015)

El proceso o la forma de la ejecución del servicio se relaciona con la estructura de un sistema, según Velázquez, G. (2018), estos pueden ser:

Una cola y un servidor: Este sistema está compuesto por las llegadas, sean objetos o personas, que forman una sola cola y son atendidos por un solo servidor.

Una cola, varios servidores: Consiste en que los elementos de entrada, ya sean usuarios u objetos, formen una sola cola y el sistema contenga varios servidores, pero son atendidos por un servidor por elemento, lo cual es visto en el servicio de un banco o cajeros.

Varias colas, varios servidores: Este sistema se caracteriza por la formación de múltiples colas que son atendidos por varios servidores los cuales pueden ser idénticos, además, se diferencian por su rapidez, estos son comunes en supermercados o tiendas de convivencia.

Una cola, servidores secuenciales: Se caracteriza por tener servidores en secuencia, es decir, el servicio es atendido con servidores que se encuentran en una posición en serie.

3.7. Características de la Teoría de Colas

3.7.1 Elementos de la Teoría de Colas

De acuerdo con Velázquez, G. (2018), los elementos de la Teoría de colas son los siguientes:

- Fuente de entrada: Es el tamaño del total de número de clientes que requieren el servicio, el cual puede ser finito o infinito.
- Cliente: Es todo individuo de una población que desea obtener un servicio.
- Cola: Es el lugar donde los clientes esperan su turno para recibir el servicio.
- Disciplina de la cola: Es la forma en que los clientes son atendidos.
 - FIFO (First in first out): Donde se atiende al primer cliente que haya llegado.
 - LIFO (Last in first out): Se atiende al cliente que llego último.
 - RSS (Random selection of service): Donde se atiende a los clientes de manera aleatoria.
- Mecanismo de servicio: Son las instalaciones del servicio puede ser un canal o varios, los cuales toman el nombre de servidores.

Ventajas:

Según Arias & Correa (2016), mencionan las siguientes ventajas de la Teoría de Colas:

- El análisis de un sistema de colas es útil en la planificación de decisiones sobre los tiempos que se emplean y la cantidad de servidores necesarios.
- La aplicación de la teoría de cola permite determinar el comportamiento de las variables en un sistema en un determinado tiempo bajo ciertas condiciones.
- Los resultados de la teoría de colas proveen información de la causa y efecto de la formación de colas en un sistema determinado en una unidad de tiempo.
- La teoría de colas permite la realización y comparación de diferentes modelos de colas para determinar el modelo de mayor beneficio para una empresa.

Desventajas:

La teoría de colas requiere de supuestos que no pueden mantenerse como verdaderas en la vida cotidiana, ya que la teoría supone que la conducta humana es determinista. Dichos supuestos suelen ser criterios que una persona puede llegar a hacer.

Importancia:

El esperar un servicio es un hecho cotidiano, se puede dar en un banco, en el supermercado o en alguna otra empresa. Las personas buscan un servicio rápido, eficiente y sin espera. Por ende, la teoría de colas es importante ya que proporciona una base teórica del tipo de servicio que se espera de un determinado recurso y la forma en que dicho recurso está diseñado para prestar su servicio. (Hillier, 2015)

3.7.2 Teoría de colas aplicada al carguío y acarreo en mina San Cristóbal

La teoría de colas es un estudio matemático de las líneas de espera. A través de este estudio es posible aislar algunos factores, tales como:

- La longitud promedio de la línea de espera (cuántas unidades están en la cola)
- El tiempo promedio que una persona, elemento, máquina, evento, molécula, etc, debe esperar en la cola antes de ser atendido.
- El tiempo estimado que un elemento estará en el sistema total.
- Las probabilidades asociadas con eventos específicos creados por la línea de espera, y muchas otras características.

Con este conocimiento es posible cambiar el proceso de tomar decisiones con respecto a las líneas de espera de una forma cualitativa a una forma cuantitativa, mejorando por lo tanto, las probabilidades de tomarlas correctamente.

La teoría básica de las líneas de espera para un estudio matemático puede ser dividida en dos partes, que son las siguientes:

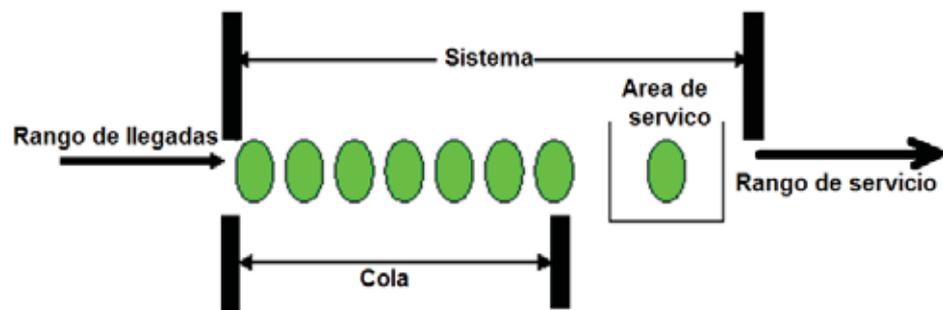


Ilustración 8. Muestra el concepto básico de la teoría de colas

Fuente: Clases Investigación de Operaciones UNI

La primera se ocupa de distribuciones típicas específicas desde donde algunas fórmulas matemáticas son derivadas. Mientras que,

La segunda se ocupa de distribuciones hipotetizadas, clásicas, las cuales pueden ser analizadas a través de los modelos de simulación.

Por otro lado, se debe mencionar que la primera parte es algo restrictiva desde que esta requiere que los tiempos de llegada sigan la distribución de Poisson y que los tiempos del servicio sigan la distribución exponencial.

Tablas y conceptos de la teoría de colas

Ahora definiremos algunos conceptos involucrados en el análisis.

Horas Totales del equipo (HT): son el total de las 24 horas del día, los 365 días del año.

Horas disponibles del equipo (HD): Es la cantidad de horas que el equipo está disponible para ser usado y bajo la responsabilidad del área de operaciones mina.

Horas del equipo malogrado (HM): Es la cantidad de horas que el equipo no está disponible para producir debido a reparación correctiva o preventiva, es decir mantenimientos programados o no programados.

Horas del equipo operativo (HO): Son las horas en las cuales el equipo está realizando trabajo productivo (produciendo toneladas).

Demoras (D): Es el tiempo en el cual el equipo está operativo pero no realiza trabajo productivo (no produce toneladas). Ejm: Limpieza de tolva, cambio de guardia,

cambio de operador, Abastecimiento de combustible, disparo, espera de instrucciones del supervisor, llenado de check list e Iperc, Perfilado, traslado por medios propios, espera de puntos topográficos de límites, etc.

Stand By (SB): Es el tiempo en el cual el equipo está operativo pero apagado por consideraciones operativas. Ejm: falta de equipos de carguío y/o acarreo, parada por condiciones inseguras, falta de frente, falta de operador, falta de cisterna y/o abastecimiento de combustible, equipo listo en mantenimiento, equipo trasladado en camabaja, refrigerio, etc.

Disponibilidad Mecánica (DM): Es el porcentaje total del tiempo que el equipo está disponible para operaciones; es un parámetro de control para el área de mantenimiento.

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas Malogrado}}{\text{Horas Totales}}$$

Uso de disponibilidad (UD): es el porcentaje de tiempo en el cual el equipo esta encendido, en producción o demoras, respecto del tiempo que está disponible mecánicamente.

$$\text{Uso de disponibilidad} = \frac{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas Totales} - \text{Horas Malogrado}}$$

$$\begin{aligned} \text{Uso de disponibilidad} \\ = \frac{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras} + \text{Horas Stand By}} \end{aligned}$$

Uso del equipo: El porcentaje del tiempo que el equipo está produciendo, respecto del total del tiempo en que esta con el motor encendido. Este parámetro involucra directamente a las demoras operativas.

$$\text{Uso} = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras}}$$

Usaje (Usage): porcentaje de tiempo que el equipo está produciendo respecto del total de tiempo disponible mecánicamente. Este parámetro nos mide la eficiencia de la asignación de los recursos en el área operativa.

$$\text{Usage} = \frac{\text{Horas Operativas}}{\text{Horas Operativas} + \text{Demoras} + \text{Stand By}}$$

Equipos de Carguío o Hang: Tiempo en el cual el equipo de carguío no tiene volquetes, desde que salió el ultimo volquete del equipo de carguío.

$$\text{Hang}(\%) = \frac{\text{tiempo esperando volquetes}}{\text{tiempo operativo}}$$

Tiempo de cola o queue Time: Tiempo en el cual los volquetes se encuentran en el frente de carguío disponibles para ser cargados.

$$\text{Queue}(\%) = \frac{\text{tiempo de volquetes en cola}}{\text{tiempo operativo}}$$

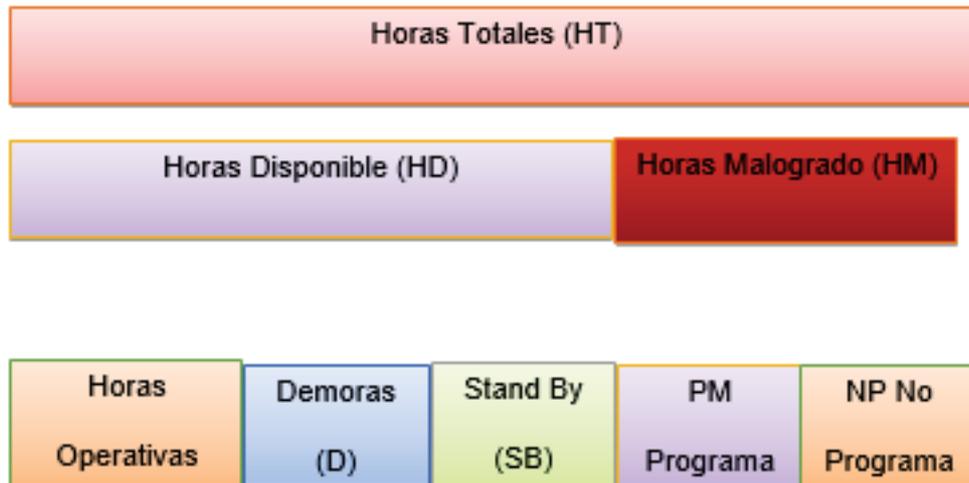


Ilustración 9. Distribución de Tiempos

Fuente: Elaboración Propia

3.8. Base Matemática

Este modelo matemático se basa en distribuciones estadísticas, entre las cuales se pueden mencionar:

- Distribución de Poisson
- Distribución exponencial
- Distribución normal
- Distribución de Erlang

3.9. Clase de Llegadas

Usuarios llegan y esperan la cola es lo que llama entradas y salidas, y estas pueden ser de las siguientes clases:

- Regulares: Cuándo las llegadas se efectúan a iguales intervalos de tiempo
- Irregulares: Cuándo las llegadas son separadas por intervalos de tiempo desiguales pero conocidas.
- Random: Cuándo las llegadas son separadas por intervalos de tiempo desiguales, cuyas probabilidades son conocidas.
- No Estacionarias: Cuándo la probabilidad de las llegadas es función del tiempo.

- Estacionarias: Cuando el rango de las llegadas es el mismo en cualquier tiempo o durante un periodo de tiempo dado.

3.10. Clases de Servicio

Los servicios pueden ser descritos en relación al tiempo requerido para este. Entre otros se puede tener:

- Constante: Por ejemplo un elemento de máquina en algún proceso podría funcionar en un tiempo pre-fijado.
- Variable: En éste caso la longitud del servicio podría variar, pero el modelo podría ser conocido.
- Random: En éste caso la probabilidad debe ser conocida, por supuesto que los tiempos de servicio podrían ser de longitudes irregulares y de una probabilidad desconocida.

3.10.1. Población finita

Los investigadores de la teoría de colas definen a la población finita, de la siguiente manera: Que los elementos se pueden contar y que si uno de estos elementos falla impactará a los resultados del sistema.

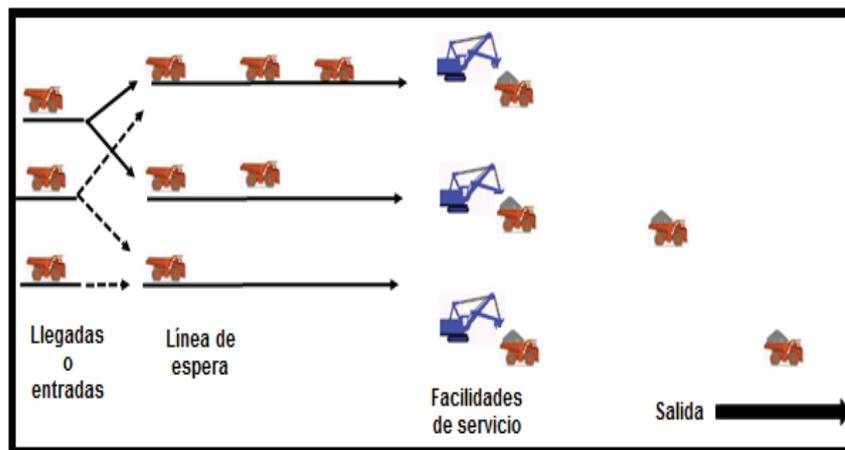


Ilustración 10. Muestra un ejemplo típico de población finita aplicado a la minería.

Fuente: Clases Investigación de Operaciones UNI

3.10.2. Población infinita

También, los investigadores de la teoría de colas definen a la población infinita, de la siguiente manera: Que los elementos que componen un sistema no se pueden contar y que si uno de estos elementos falla no impactará a los resultados del sistema.

Distribuciones estadísticas usadas en la teoría de colas en la unidad San Cristóbal Junín.

Las distribuciones estadísticas de la referencia son las siguientes:

La distribución de llegadas: Que describe el tipo de llegadas, es decir, los intervalos de tiempo que transcurren entre llegadas de dos usuarios al punto A.

La distribución del tiempo empleado para recibir el servicio: Que describe el tiempo del servicio. Es la distribución del tiempo que se emplea en servir a los usuarios en el punto P de servicio dado.

Los Costos de servicio que se ofrece en la minera se incrementan si se mejora el nivel de servicio. La administración de este tipo de servicio pueden variar por su capacidad teniendo personal o máquinas adicionales que son asignadas a incrementar la atención del mismo.

CAPÍTULO IV:

APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS

De acuerdo a la aplicación de la teoría de colas nos permite comparar diferentes modelos con datos y muestras obtenidos en las siguientes tablas

4.1. En el Campo

Tabla 3: Datos tomados en campo de tajo

ITEM	EQUIPO CE CARGUÍO	CODIGO DE VOLQUETE	TIEMPO DE CARGUÍO (MIN)	NUMERO DE PASES	CICLO (MIN/PASE)	Ubicacion	Fecha	Turno	Distancia De acarreo (Camara de acumulación hacia el punto de cargio)	Distancia De acarreo (del tajo hacia la cámara de acumulación)
1	S648	SAV-123	14:25	3	04:48	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
2		SAV-128	14:34	3	04:51	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
3		SAV-130	14:10	3	04:43	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
4		SAV-105	15:14	3	05:04	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
5		SAV-126	14:48	3	04:56	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
6	S650	SAV-125	14:55	3	04:58	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
7		SAV-129	14:48	3	04:56	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
8		SAV-109	14:10	3	04:43	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
9		SAV-124	13:48	3	04:36	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
10	S654	SAV.127	14:47	3	04:55	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
11		SAV.100	14:14	3	04:44	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
12		SAV.101	14:10	3	04:43	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
13		SAV.102	14:16	3	04:45	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
14		SAV-129	14:14	3	04:44	Tajo 66 Nv 1320	20-12-20	Día	45 m	60 m
PROMEDIO			14:28	3	04:49					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Muestra del ciclo de carguío fue expresado en horas, minutos y segundos. Volquete Sitrak capacidad de 32 Tn

E. CARGUIO	MATERIAL			ORIGEN	DESTINO	DISTANCIA	FECHA									
S648	MINERAL			BOCA	TJ 066	9.4 KM	29/11/2020									
				MINA	NV 1320											
CARGUIO				DESCARGA DESTINO												
ITEM	Camion	HR. LLEGADA	HR. CARGUIO	HR. SALIDA	HR. LLEGADA	HR. DESCARGA	HR. SALIDA	Observaciones	T. Espera	Carguio Neto	T. Subida	T. descarga	T. tolvéo	T. bajada	t. total	
1	SAV-123	08:35:10	08:54:10	09:14:52	10:35:41	10:37:40	10:40:16		00:19:00	00:20:42	01:20:49	00:01:59	0:02:36	1:10:04	3:15:10	
2	SAV-128	08:40:05	09:19:15	09:38:52	10:57:54	10:59:24	11:02:25		00:39:10	00:19:37	01:19:02	00:01:30	0:03:01	1:11:47	3:34:07	
3	SAV-130	09:00:10	09:50:12	10:12:24	11:30:11	11:32:52	12:34:10	Almuerzo HI 11:34:08 a 12:34:10	00:50:02	00:22:12	01:17:47	00:02:41	0:01:16	1:11:05	3:45:03	
4	SAV-126	09:13:42	10:15:23	10:30:58	11:51:54	11:55:58	13:00:08	Almuerzo HI 11:58:10 a 13:00:08	01:01:41	00:15:35	01:20:56	00:04:04	0:02:12	1:12:02	3:56:30	
5	SAV-123	11:50:20	11:59:26	12:14:50	13:30:52	13:34:25	14:34:41	Almuerzo HI 13:35:54 a 14:34:41	00:09:06	00:15:24	01:16:02	00:03:33	0:01:09	1:11:13	2:56:27	
6	SAV-128	12:14:12	12:21:52	12:30:52	13:50:25	13:52:52	14:48:10	Almuerzo HI 13:55:31 a 14:48:10	00:07:40	00:09:00	01:19:33	00:02:27	0:02:39	1:15:42	2:57:01	
7	SAV-130	13:45:15	14:15:52	14:25:14	15:40:25	15:42:58	15:45:05		00:30:37	00:09:22	01:15:11	00:02:33	0:02:07	1:15:07	3:14:57	
8	SAV-126	14:12:10	14:32:04	14:40:25	15:58:54	16:00:54	16:15:34	cambio de llanta P3 Taller HI 16:03:25 a HS:16:15:34	00:19:54	00:08:21	01:18:29	00:02:00	0:02:31	1:12:36	3:03:51	
9	SAV-123	15:45:54	16:03:12	16:12:55	17:30:25	17:33:15	19:38:14	esperar que salga en la otra guardia HI: 17:36:52 a 20:08:14	00:17:18	00:09:43	01:17:30	00:02:50	0:03:37	1:11:16	3:02:14	
10	SAV-128	16:03:52	16:20:15	16:37:41	17:52:46	17:54:53	19:44:15	esperar que salga en la otra guardia HI: 17:56:52 a 20:08:14	00:16:23	00:17:26	01:15:05	00:02:07	0:01:59	1:11:54	3:04:54	
11	SAV-130	17:00:12	17:15:11	17:31:10	18:47:45	18:49:52	19:46:14	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:53:50 a 20:08:14	00:14:59	00:15:59	01:16:35	00:02:07	0:03:58	1:12:00	3:05:38	
12	SAV-126	17:28:10	17:40:05	17:49:12	19:03:15	19:05:10	19:07:14	esperar que salga en la otra guardia HI: 17:35:52 a 20:08:14	00:11:55	00:09:07	01:14:03	00:01:55	0:02:04	1:14:24	2:53:28	
								PROMEDIO;	00:24:49	00:14:22	01:17:35	00:02:29	00:02:26	01:12:26	03:14:07	
								PROMEDIO EN NUMERO	24.81	14.37	77.59	2.48	2.43	72.43	194.11	

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los datos obtenidos en la Tabla 3, muestran el ciclo de cargio por cada viaje haciendo un promedio de 3 horas, 14 minutos y 7 segundos, esto nos refleja que el numero de viajes de los volquetes Sitrack son 3.

4.2. Primer Caso de Estudio

- Carguío y acarreo usando scoop LHD y camiones SITRAK

4.2.1. Características técnicas del equipo minero y acarreo en San Cristóbal.

- En el carguío
- Scoop LHD capacidad de 6 yd³
- En el Acarreo
- Camiones Sitrak – Sinotruk

4.3. Segundo caso de estudio

- Carguío y acarreo usando scoop LHD y camiones VOLVO

4.3.1. Características técnicas del equipo minero y acarreo en San Cristóbal.

- En el carguío
- Scoop LHD capacidad de 6 yd³.
- En el Acarreo
- Camiones Volvo FMX 8x4R
- En la tabla 6.2 se muestran los tiempos de carguío usando volquetes Volvo FMX 8X4R.

Tabla 5: Datos tomados en campo :

ITEM	EQUIPO CE CARGUÍO	CODIGO DE VOLQUETE	TIEMPO DE CARGUÍO (MIN)	NÚMERO DE PASES	CICLO (MIN/PASE)
1	S655	VO -32	07:58	3	02:39
2		VO -30	08:03	3	02:41
3		VO -29	08:45	3	02:55
4		VO -31	08:15	3	02:45
PROMEDIO			08:15	3	02:45
PROMEDIO			8.25		2.75

Fuente: Elaboracion propia



*Ilustración 11. Muestra del carguío y acarreo con camion sitrak.
Fuente: Área de Operaciones mina San Cristóbal*



*Ilustración 12. Muestra las operaciones de carguío y acarreo (volvo).
Fuente: Área de Operaciones mina San Cristóbal*

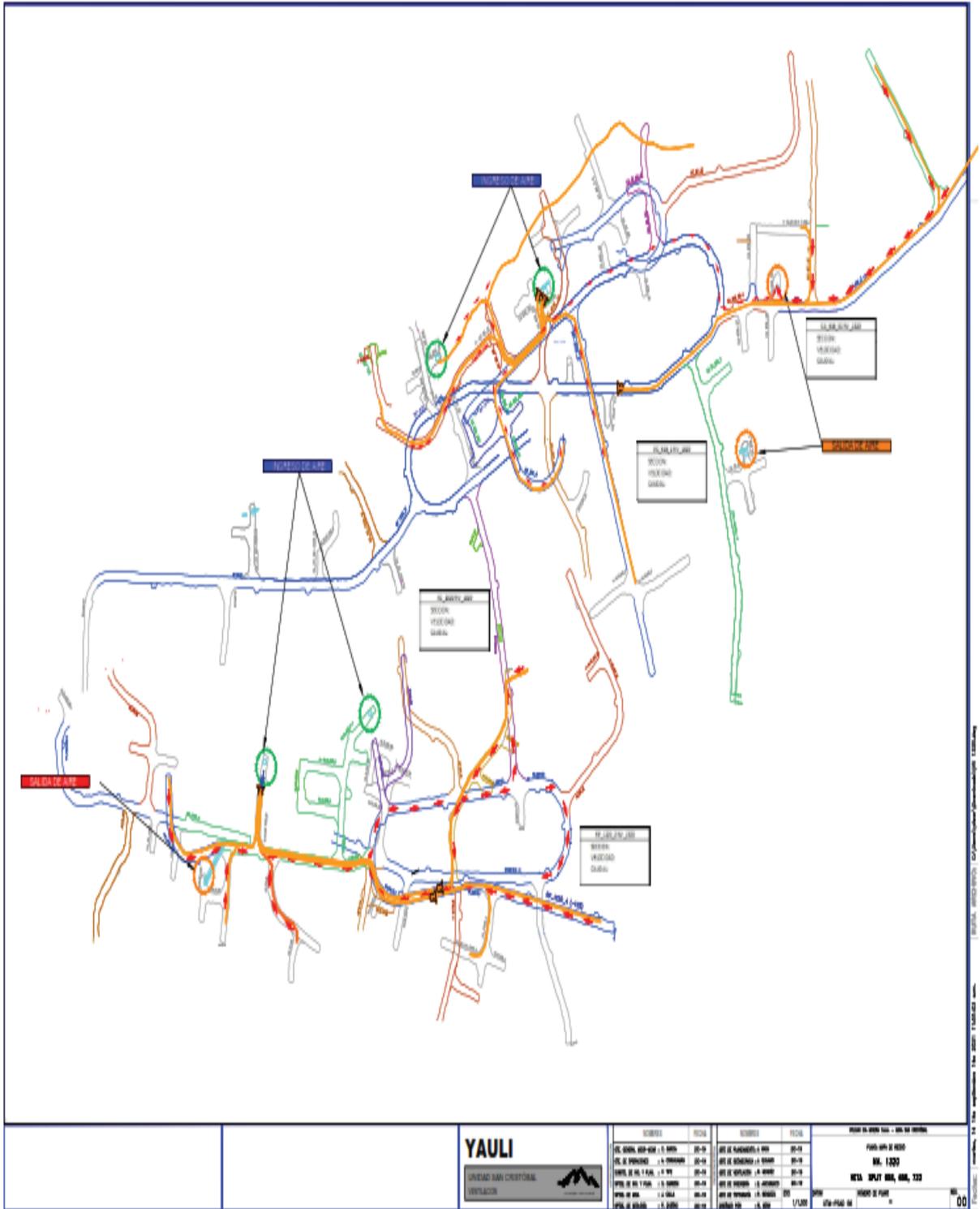


Ilustración 13. Plano de ubicación de la Unidad Minera San Cristóbal.

Fuente: Dpto. Geología Mina.

Tabla 6: Muestra de carguío y acarreo de mineral usando volquete Volvo

E. CARGUIO	MATERIAL			ORIGEN	DESTINO	DISTANCIA	FECHA									
S655	MINERAL			BOCA	TJ 067	9.5 KM	26/11/2020									
				MINA	NV 1320											
CARGUIO				DESCARGA DESTINO												
ITEM	Camion	HR. LLEGADA	HR. CARGUIO	HR. SALIDA	HR. LLEGADA	HR. DESCARGA	HR. SALIDA	Observaciones	T. Espera	Carguio Neto	T. Subida	T. descarga	T. tolveo	T. bajada	t. total	
1	VO-31	08:30:10	08:52:15	08:59:08	10:11:17	10:12:18	10:13:16		00:22:05	00:06:53	01:12:09	00:01:01	0:00:58	1:02:36	2:45:42	
2	VO-32	08:40:44	08:57:42	09:05:50	10:21:58	10:22:42	10:24:10		00:16:58	00:08:08	01:16:08	00:00:44	0:01:28	1:05:51	2:49:17	
3	VO-29	08:50:04	09:00:15	09:14:57	10:32:10	10:33:12	10:34:54		00:10:11	00:14:42	01:17:13	00:01:02	0:01:42	1:08:16	2:53:06	
4	VO-30	09:05:08	09:10:42	09:20:45	10:34:25	10:36:02	10:38:12		00:05:34	00:10:03	01:13:40	00:01:37	0:02:10	1:00:30	2:33:34	
5	VO-31	11:15:52	11:19:01	11:27:14	12:40:00	12:41:16	13:24:08	Almuerzo HI 12:42:08 a 13:24:08	00:03:09	00:08:13	01:12:46	00:01:16	0:00:52	1:06:12	2:32:28	
6	VO-32	11:30:01	11:33:04	11:40:04	12:54:00	12:55:41	15:50:41	VO 32 Inoperativo en taller HI 12:56:04 HS 15:50:41	00:03:03	00:07:00	01:13:56	00:01:41	0:00:23	1:07:49	2:33:52	
7	VO-29	11:43:10	11:46:00	11:55:32	13:07:59	13:08:56	13:46:08	Almuerzo HI 13:11:08 a 13:46:08	00:02:50	00:09:32	01:12:27	00:00:57	0:02:12	1:09:16	2:37:14	
8	VO-30	11:38:42	11:40:47	11:50:20	13:07:20	13:08:48	14:05:51	Almuerzo HI 13:10:57 a 14:05:51	00:02:05	00:09:33	01:17:00	00:01:28	0:02:01	1:05:17	2:37:24	
9	VO-31	14:30:20	14:32:24	14:38:00	15:50:56	15:51:42	15:54:10		00:02:04	00:05:36	01:12:56	00:00:46	0:02:28	1:02:57	2:26:47	
10	VO-29	14:55:24	14:57:17	15:04:45	16:20:25	16:21:25	16:24:25		00:01:53	00:07:28	01:15:40	00:01:00	0:03:00	1:01:16	2:30:17	
11	VO-30	15:11:08	15:12:55	15:20:52	16:34:14	16:35:41	16:36:54		00:01:47	00:07:57	01:13:22	00:01:27	0:01:13	1:03:47	2:29:33	
12	VO-31	16:57:07	17:01:31	17:09:16	18:20:00	18:22:00	17:30:14	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:25:08 a 17:30:14	00:04:24	00:07:45	01:10:44	00:02:00	0:03:08	1:04:35	2:32:36	
13	VO-32	16:58:30	16:59:37	17:07:14	18:23:25	18:24:52	17:40:51	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:26:02 a 17:40:51	00:01:07	00:07:37	01:16:11	00:01:27	0:01:10	1:03:50	2:31:22	
14	VO-29	17:25:41	17:26:34	17:32:45	18:41:57	18:42:51	17:44:00	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:45:52 a 17:44:00	00:00:53	00:06:11	01:09:12	00:00:54	0:03:01	1:08:47	2:28:58	
15	VO-30	17:40:41	17:41:12	17:46:56	18:55:10	19:06:41	20:09:17	esperar que salga en la otra guardia HI: 19:08:52 a 20:09:17	00:00:31	00:05:44	01:08:14	00:11:31	0:02:11	1:07:10	2:35:21	
								PROMEDIO;	00:05:14	00:08:09	01:13:27	00:01:55	00:01:52	01:05:13	02:35:50	
								PROMEDIO EN NÚMERO	5.24	8.16	73.44	1.92	1.86	65.21	155.83	

Tabla 1. Fuente:Elaboración propia

Nota: Los datos obtenidos en la Tabla 5, muestran el ciclo de cargio por cada viaje haciendo un promedio de 2 horas, 35 minutos y 50 segundos, esto nos refleja que el numero de viajes de los volquetes Volvo son 4.

Según el programa QR ingresamos los valores según los parámetros

(untitled) Solution						
Parameter	Value		Parameter	Value	Minutes	Seconds
M/M/1 (exponential service times)			Average server utilization	0.5		
Arrival rate(λ)	2		Average number in the queue(Lq)	0.5		
Service rate(μ)	4		Average number in the system(L)	1		
Number of servers	1		Average time in the queue(Wq)	0.25	15	900
			Average time in the system(W)	0.5	30	1800
			Probability (% of time) system is empty (P0)	0.5		

Ilustración 14. En los datos del programa QR for windows para ambos casos

Fuente :Elaboración propia

Nota: En la ilustracion 12. Se asigna valores donde arrival rate(tiempo de llegada), Service rate (tiempo de servicio) y numbers of servers (Número de servidores).

(untitled)			
k	Prob (num in sys = k)	Prob (num in sys <= k)	Prob (num in sys >k)
0	0.5	0.5	0.5
1	0.25	0.75	0.25
2	0.125	0.875	0.125
3	0.0625	0.9375	0.0625
4	0.03125	0.96875	0.03125
5	0.01563	0.98438	0.01563
6	0.00781	0.99219	0.00781
7	0.00391	0.99609	0.00391
8	0.00195	0.99805	0.00195
9	0.00098	0.99902	0.00098
10	0.00049	0.99951	0.00049
11	0.00024	0.99976	0.00024
12	0.00012	0.99988	0.00012
13	0.00006	0.99994	0.00006

Ilustración 15. Análisis al ciclo de Carguío y Transporte considerando los camiones

Volvo.

Fuente :Elaboración propia

Nota: En la ilustracion 13. Se visualiza las probabilidades de los que parametros que se asigno.

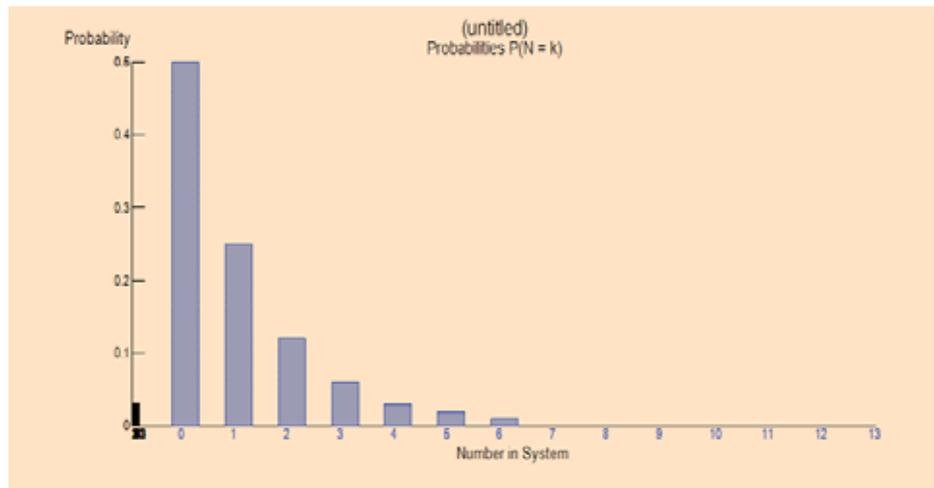


Ilustración 16. Distribucion de probabilidades vs cantidad de camiones Volvo en el sistema

Fuente :Elaboración propia

Ahora haremos la evaluación para los camiones SITRAK

(untitled) Solution						
Parameter	Value		Parameter	Value	Minutes	Seconds
M/M/1 (exponential service times)			Average server utilization	0.66667		
Arrival rate(λ)	2		Average number in the queue(L_q)	1.33333		
Service rate(μ)	3		Average number in the system(L)	2		
Number of servers	1		Average time in the queue(W_q)	0.66667	40	2400
			Average time in the system(W)	1	60	3600
			Probability (% of time) system is empty (P_0)	0.33333		

Ilustración 17. Análisis al ciclo de Carguío y Transporte considerando los camiones Sitrak

Fuente :Elaboración propia

Nota: En la ilustracion 15. Se asigna valores donde arrival rate(tiempo de llegada), Service rate (tiempo de servicio) y numbers of servers (Número de servidores).

(untitled) Solution			
k	Prob (num in sys = k)	Prob (num in sys <= k)	Prob (num in sys >k)
0	0.33333	0.33333	0.66667
1	0.22222	0.55556	0.44444
2	0.14815	0.7037	0.2963
3	0.09877	0.80247	0.19753
4	0.06584	0.86831	0.13169
5	0.0439	0.91221	0.08779
6	0.02926	0.94147	0.05853
7	0.01951	0.96098	0.03902
8	0.01301	0.97399	0.02601
9	0.00867	0.98266	0.01734
10	0.00578	0.98844	0.01156
11	0.00385	0.99229	0.00771
12	0.00257	0.99486	0.00514
13	0.00171	0.99657	0.00343
14	0.00114	0.99772	0.00228

Ilustración 18. Análisis al ciclo de Carguío y Transporte considerando los camiones Sitrak.

Fuente:Elaboración propia

Nota: En la ilustración 16. Se visualiza las probabilidades de los que parámetros que se asigno.

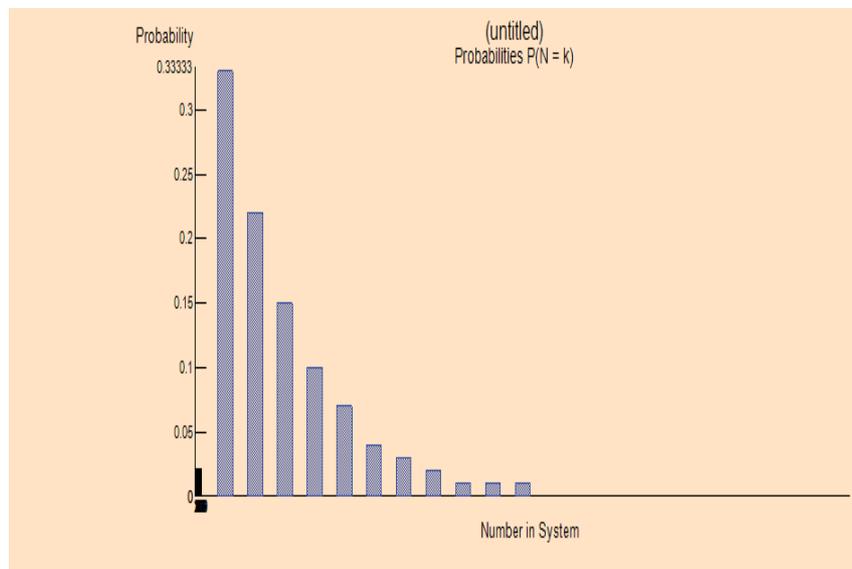


Ilustración 19. Distribución de probabilidades vs cantidad de camiones Sitrak en el sistema

Fuente:Elaboración propia

Luego del análisis con la aplicación de la teoría de colas en el ciclo de carguío y transporte; se puede concluir que se tiene un déficit en la correcta distribución del número de volquetes en cada frente, ya que en el caso de los camiones SITRAK se concluye que la solución es disminuir el número de volquetes de cada frente que estén los volquetes Sitrak; hasta antes del estudio se venía trabajando con colas en los puntos de carguío, lo cual genera una pérdida de producción y un elevado costo de transporte, incluso llegando afectar el rendimiento de Scoop.

Minimización de Tiempos Improductivos

Proceso Acarreo

DEMORAS OPERATIVAS DEL MES DE AGOSTO A DICIEMBRE



Ilustración 20. Diagrama de Barras

Fuente: Mantenimiento mecánico de Savar Corporacion Logistica S.A.

- Veamos para los casos estudio

Tabla 7: Para un día de trabajo normal las demoras operativas y no operativas

Tiempo de trabajo no productivo por guardia en promedio		
Descripción	Min	%
ESPERA DE INSTRUCCIONES O SUPERVISOR	28.60	31.98%
ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE	24.90	27.85%
CHARLA	20.00	22.37%
CHEQUEO DE MAQUINA	11.92	13.33%
REPARTO DE GUARDIA	2.00	2.24%
OTRAS DEMORAS OPERATIVAS	2.00	2.24%
Total	89.42	100.00%

Fuente: Mantenimiento mecánico de Savar Corporacion Logistica S.A.



Ilustración 21. Diagrama de Barras Demoras operativas

Fuente: Mantenimiento mecánico de Savar Corporacion Logistica S.A.

Tabla 8: Demoras durante una guardia

Demoras durante una guardia	
Descripción	Min
demoras operativas	89.42
Almuerzo	60.00
Traslado de cancha 600 a boca mina	3.00
Traslado de boca mina a cancha 600	1.00
Total	153.42

Tabla 2.

Fuente: Mantenimiento mecánico de Savar Corporacion Logistica S.A.



Ilustración 22. Diagrama de Barras Demoras operativas y no operativas

Fuente: Mantenimiento mecánico de Savar Corporacion Logistica S.A.

La guardia es de 12 horas

12 horas = 720 min – 153.42 min = 566.58 min minutos que operan los equipos

Tabla 9: Distribución de volquetes por zona

volquetes por zona	
Zona 1 y zona 2	4
Zona 3	14

Fuente: Compañía Minera Volcan S.A.A

Tabla 10: Acarreo de Mineral con volquete Volvo

Item	Unit.	Cant.
Velocidad(ida)	Km/H	20
Velocidad(vuelta)	Km/H	25
Distancia(subida y bajada)	Km	9.7
Tiempo de carga	Min	14.37
Tiempo de descarga	Min	2.48
Tiempo de cuadrado, parqueo, bloqueo	Min	5.24
Tonelaje	Tm	31.24
Ciclo	Min	155.83
Producción diaria	Tm	500
Producción por guardia	Tm	900
N° de volquetes en mineral	Unit.	4

Fuente: Elaboracion Propia

- Ciclo de volquete = T espera, cuadro y bloqueo + T carguío neto + T. subida + T descarga + T tolveo + T bajada
- Ciclo de volquete = 5,24 min + 8.16 min + 73.44 min + 1.92 min + 1.86 min + 65.21 min
- Ciclo de volquete = 155.83 min

$$N^{\circ} \text{ de ciclos mineral} = \frac{566.58}{155.83} = 3.64$$

Volquetes en mina zona baja Volvo = volquetes totales zona 3 – volquetes Sitrak

Volquetes en mina zona baja Volvo = 14 – 10 = 4

Se necesitará

Volquetes por guardia	
Mineral	12

$$\text{Queue}(\%) = \frac{\text{tiempo de volquetes en cola}}{\text{tiempo operativo}} = \frac{30.00}{566.58} = 5.29\%$$

Tabla 11: Para un día de trabajo normal las demoras operativas y no operativas, pero con volquetes Sitrak

Tiempo de trabajo no productivo por guardia en promedio		
Descripción	Min	%
COLAS	46.20	34.07%
ESPERA DE INSTRUCCIONES O SUPERVISOR	28.60	21.09%
ABASTEC. DE COMBUSTIBLE VOLQUETES	24.90	18.36%
CHARLA	20.00	14.75%
CHEQUEO DE MAQUINA	11.92	8.79%
REPARTO DE GUARDIA	2.00	1.47%
OTRAS DEMORAS OPERATIVAS	2.00	1.47%
Total	135.62	100.00%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 12: Demoras durante una guardia

Demoras durante una guardia	
Descripción	Min
demoras operativas	135.62
Almuerzo	60.00
Traslado de cancha 600 a boca mina	3.00
Traslado de boca mina a cancha 600	1.00
Total	200.62

Fuente: Elaboración Propia

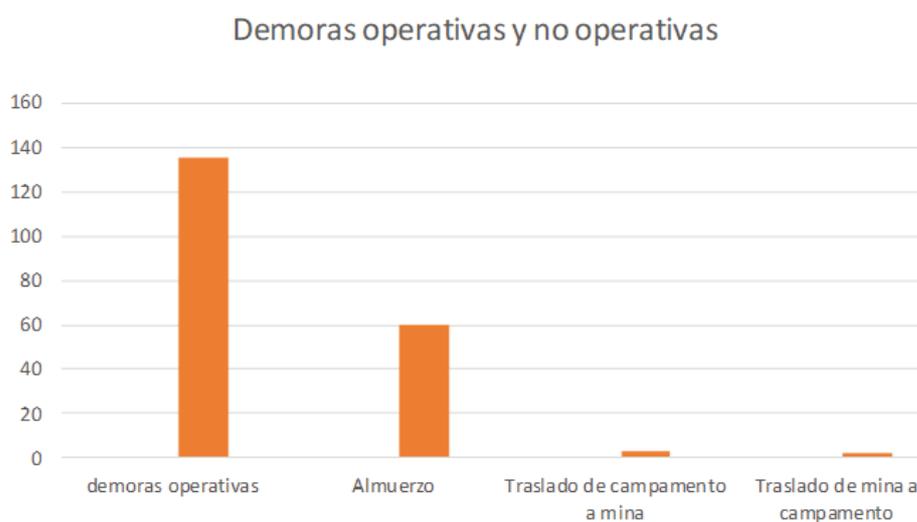


Ilustración 23. Diagrama de Barras Demoras operativas y no operativas

Fuente: Elaboración Propia

La guardia es de 12 horas

12 horas = 720 min – 200.62 min = 499.38 min minutos que operan los equipos

Tabla 13: Acarreo de Mineral con volquete Sitrak

Item	Unit.	Cant.
Velocidad(ida)	Km/H	20
Velocidad(vuelta)	Km/H	25
distancia(subida y bajada)	Km	9.6
tiempo de carguío neto	Min	14.37
tiempo de descarga	Min	2.48
tiempo de cuadrado, parqueo, espera	Min	24.81
tonelaje	Tm	31.24
ciclo	Min	194.11
producción diaria	Tm	1800
produccion por guardia	Tm/gda	900
N° de volquetes en mineral	Unit.	10

Fuente: Elaboración Propia

Ciclo de volquete = T espera, cuadro y bloqueo + T carguío neto + T. subida + T descarga + T tolveo + T bajada

Ciclo de volquete = 24,81 min + 14.37 min + 77.59 min + 2.48 min + 2.43 min + 72.43 min

Ciclo de volquete = 194.11 min

Se tiene problemas con 10 volquetes que presentan colas

$$N^{\circ} \text{ de ciclos mineral} = \frac{499.38}{194.11} = 2.57$$

solo estos volquetes con problemas de cola produciran 187.44 toneladas de mineral

Volquetes por guardia	
Mineral	14

$$\text{Queue}(\%) = \frac{\text{tiempo de volquetes en cola}}{\text{tiempo operativo}} = \frac{40.00}{499.38} = 8.01\%$$

Tabla 14: Para un día de trabajo normal las demoras operativas y no operativas, aplicando la teoría de colas a los volquetes Sitrak

Tiempo de trabajo no productivo por guardia en promedio		
Descripción	Min	%
ESPERA DE INSTRUCCIONES O SUPERVISOR	28.20	30.32%
ABASTEC. DE COMBUSTIBLE VOLQUETES	25.50	27.41%
CHARLA	20.00	21.50%
CHEQUEO DE MAQUINA	11.90	12.79%
COLAS	3.42	3.68%
REPARTO DE GUARDIA	2.00	2.15%
OTRAS DEMORAS OPERATIVAS	2.00	2.15%
Total	93.02	100.00%

Fuente: Elaboracion Propia



Ilustración 24. Diagrama de Barras Demoras operativas

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 15: Tiempo de trabajo no productivo por guardia en promedio

Tiempo de trabajo no productivo por guardia en promedio	
Descripción	Min
demoras operativas	93.02
Almuerzo	60.00
Traslado de campamento a mina	30.00
Traslado de mina a campamento	25.00
Total	208.02

Fuente: Elaboracion Propia

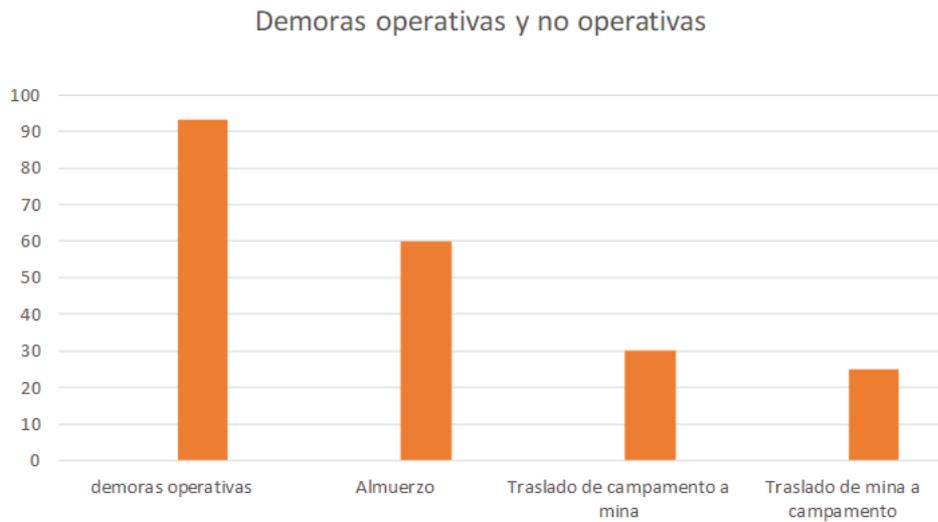


Ilustración 25. Diagrama de Barras Demoras operativas y no operativas

Fuente: Elaboracion Propia

La guardia es de 12 horas

$12 \text{ horas} = 720 \text{ min} - 208.02 \text{ min} = 511.98 \text{ min}$ minutos que operan los equipos

Tabla 16: Acarreo de Mineral con volquete Sitrak aplicando la teoría de colas

Acarreo de Mineral zona baja mina		
Item	Unit.	Cant.
Velocidad(ida)	Km/H	20
Velocidad(vuelta)	Km/H	25
distancia(subida y bajada)	Km	9.6
tiempo de carguío neto	Min	5.68
tiempo de descarga	Min	1.99
tiempo de cuadrado, parqueo, espera	Min	3.52
tonelaje	Tm	31.24
ciclo	Min	159.83
producción diaria	Tm	1800
produccion por guardia	Tm/gda	900
N° de volquetes en mineral	Unit.	10

Fuente: Elaboracion Propia

Ciclo de volquete = T espera, cuadro y bloqueo + T carguío neto + T. subida + T descarga + T tolveo + T bajada

Ciclo de volquete = 3,52 min + 5.68 min + 71.95 min + 1.97 min + 1.86 min + 67.52 min

Ciclo de volquete = 152.51 min

$$N^{\circ} \text{ de ciclos mineral} = \frac{511.98}{152.51} = 3.36$$

solo estos volquetes con problemas de cola produzcan 249.92 toneladas de mineral

volquetes por guardia	
mineral	14

$$\text{Queue}(\%) = \frac{\text{tiempo de volquetes en cola}}{\text{tiempo operativo}} = \frac{30.00}{511.98} = 5.86\%$$

Tabla 17: Producción total necesaria

							Mineral	3,750.00
Producción Total Diaria NECESARIA								3,750.00
Código	zona	Equipo	Producción (TM / Hr)	Tiempo (Hr)	DM	U	Producción (TM / Día)	
S648	3	648	57.6	2		90%		
					2	5%	969.41	
S650		650	56.8	2		89%		
					2	5%	945.32	
S655		655	57.2	2		87%		
S654	1	654	57	2		88%		
					2	5%	937.99	
Producción Total Diaria								3,783.31

Fuente: Elaboracion Propia

Proceso – Carguío

Distribucion Scoop.

Actualmente la compañía minera cuenta con 18 volquetes de carguio en todas las zonas de la mina San Cristóbal según el planeamiento del año 2002 y 2021 , en la zona de profundización se cuenta con 5 equipos de carguío de compañía netamente de mineral y 2 equipos son netamente para desmonte que están distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 18: Distribucion de Scoop

DISTRIBUCION DE SCOOP ZONA 3 (PARA EL ESTUDIO)					
ITEM					
PROPIEDAD	COMPAÑÍA				
CODIGO					
	648	650	667	654	655
MARCA	CATERPILLAR				
CAPACIDAD	6 yd ³				
MODELO	1600R				

Fuente: Empresa Savar Minera Volcan Unidad Yauli

Tabla 19: Muestra de carguío y acarreo de mineral (Los tiempos se están midiendo en horas, minutos y segundos) usando volquete Sitrak sin colas

E. CARGUIO	MATERIAL			ORIGEN	DESTINO	DISTANCIA	FECHA									
S650	MINERAL			BOCA	TJ 066	9.4 KM	27/12/2020									
				MINA	NV 1320											
CARGUIO				DESCARGA DESTINO												
ITEM	Camion	HR. LLEGADA	HR. CARGUIO	HR. SALIDA	HR. LLEGADA	HR. DESCARGA	HR. SALIDA	Observaciones	T. Espera	Carguio Neto	T. Subida	T. descarga	T. tolveo	T. bajada	t. total	
1	SAV.127	08:30:00	08:38:15	08:41:15	09:52:01	09:54:14	09:56:41		00:08:15	00:03:00	01:10:46	00:02:13	0:02:27	1:05:33	2:32:14	
2	SAV.100	08:35:10	08:41:50	08:48:10	10:02:10	10:04:14	10:06:41		00:06:40	00:06:20	01:14:00	00:02:04	0:02:27	1:08:40	2:40:11	
3	SAV.101	08:45:24	08:50:00	08:55:54	10:08:56	10:10:45	10:12:32		00:04:36	00:05:54	01:13:02	00:01:49	0:01:47	1:08:22	2:35:30	
4	SAV.102	09:00:00	09:00:14	09:06:14	10:15:25	10:17:15	10:19:14		00:00:14	00:06:00	01:09:11	00:01:50	0:01:59	1:09:00	2:28:14	
5	SAV.127	11:02:14	11:12:00	11:20:21	12:30:54	12:32:24	13:34:18	Almuerzo HI 12:34:18 a 13:34:18	00:09:46	00:08:21	01:10:33	00:01:30	0:01:54	1:05:52	2:37:56	
6	SAV.100	11:15:21	11:21:02	11:27:14	12:40:00	12:42:10	13:44:08	Almuerzo HI 12:44:08 a 13:44:08	00:05:41	00:06:12	01:12:46	00:02:10	0:01:58	1:06:06	2:34:53	
7	SAV.101	11:20:54	11:28:16	11:34:35	12:46:50	12:48:20	13:50:35	Almuerzo HI 12:50:11 a 13:50:35	00:07:22	00:06:19	01:12:15	00:01:30	0:01:51	1:04:25	2:33:42	
8	SAV.102	11:28:14	11:30:14	11:36:18	12:52:14	12:55:04	13:58:04	Almuerzo HI 12:58:47 a 13:58:04	00:02:00	00:06:04	01:15:56	00:02:50	0:03:43	1:06:37	2:37:10	
9	SAV.127	14:40:10	14:41:42	14:46:24	15:58:04	15:59:58	16:00:47		00:01:32	00:04:42	01:11:40	00:01:54	0:00:49	1:07:07	2:27:44	
10	SAV.100	14:50:14	14:51:45	14:56:46	16:05:32	16:07:14	16:08:10		00:01:31	00:05:01	01:08:46	00:01:42	0:00:56	1:07:00	2:24:56	
11	SAV.101	14:55:00	14:57:30	15:03:21	16:15:25	16:17:54	19:30:12	taller por perdida de potencia de 16:18:25 a 19:30:12	00:02:30	00:05:51	01:12:04	00:02:29	0:00:31	1:07:25	2:30:50	
12	SAV.102	15:04:41	15:04:54	15:09:46	16:20:42	16:22:04	19:35:00	esperar que salga en la otra guardia HI: 16:24:02 a 19:35:00	00:00:13	00:04:52	01:10:56	00:01:22	0:01:58	1:08:10	2:27:31	
13	SAV.127	17:07:54	17:09:14	17:15:41	18:30:14	18:32:14	19:25:44	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:34:52 a 19:25:44	00:01:20	00:06:27	01:14:33	00:02:00	0:02:38	1:07:54	2:34:52	
14	SAV.100	17:15:10	17:15:46	17:20:39	18:33:24	18:35:52	19:40:54	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:36:44 a 19:40:54	00:00:36	00:04:53	01:12:45	00:02:28	0:00:52	1:10:14	2:31:48	
16	SAV.102	17:32:25	17:33:00	17:38:14	18:48:14	18:50:00	19:41:11	esperar que salga en la otra guardia HI: 18:52:07 a 19:41:11	00:00:35	00:05:14	01:10:00	00:01:46	0:02:07	1:10:24	2:30:06	
								PROMEDIO;	00:03:31	00:05:41	01:11:57	00:01:58	00:01:52	01:07:31	02:32:30	
								PROMEDIO EN NÚMERO	3.52	5.68	71.95	1.97	1.86	67.52	152.51	

Fuente: Elaboracion Propia (Utilizando camiones Sitrack con una velocidad de acarreo de 20 km/hr) Nota: Para el análisis de

carguío se consideraron 3 puntos (PC90,PC92 y PC96, se realizaron en las guardias de día y de noche.

Tabla 20: Resumen de los parámetros para el incremento de la producción

SIN LA TEORIA DE COLAS

DISTRIBUCION DE VOLQUETES POR ZONA	MARCA	Camiones	VIAJES/VOLQUETE	NUMERO DE VIAJES	DIMENSION EQUIPO	TM	TONELADAS TRANSPORTADAS
ZONA 1 Y ZONA 2	SITRAK	4	4	16	6X4	24.15	386.4
ZONA 3	SITRAK	10	3	28	8X4	31.25	875
	VOLVO	4	4	16	8X4	31.25	500
TOTAL		18		60			1761.4

3522.8

CON LA TEORIA DE COLAS

DISTRIBUCION DE VOLQUETES POR ZONA	MARCA	Camiones	VIAJES/VOLQUETE	NUMERO DE VIAJES	DIMENSION EQUIPO	TM	TONELADAS TRANSPORTADAS
ZONA 1 Y ZONA 2	SITRAK	4	4	16	6X4	24.15	386.4
ZONA 3	VOLVO /SITRAK	12	4	48	8X4	31.25	1500
TOTAL		16		64			1886.4

3772.8

Fuente: Elaboracion Propia

Para incrementar la productividad primero aumentaremos la producción para luego poder determinar la productividad de la mina.

Considerando un margen de error del incremento de la producción de 300 TMD el nuevo incremento seria a 3760 TMD

CAPITULO V

ANÁLISIS, PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis

Al observar demoras en los ciclos de los volquetes y diferencias de los números de viajes de los volquetes Sitrack y Volvo, con relación a los tiempos de rendimientos de los scoop LHD.

Se evidencia deficiencia en la demora de los volquetes en el ciclo de transporte de carguío y acarreo.

5.2 Presentación

Existe concentrado de mineral en el interior de la mina sin ser extraído debido a la mala distribución de equipos.

5.3 Interpretación:

Luego de evaluar la diferencia del ciclo de volquete Sitrack, Volquete Volvo, se aplico la teoría de colas con el fin de mejorar el ciclo de los equipos que transportan el concentrado de mineral.

5.4 Contrastacion de la Hipótesis de los Casos - Estudio

Para la contrastacion de la presente referencia se muestra en la tabla 20 el resumen de los ciclos de carguío y acarreo en mina San Cristóbal –Junín.

Caso de estudio 01: Carguío y acarreo usando Scoop LHD y volquetes Sitrak

Para este caso estudiado en la tabla 19 se muestra el promedio de tiempos de carguío 14,47 minutos y N° de pases = 3. Ciclo sec/pase = 4.82

En la tabla 18 se muestra lo siguiente:

- a. Tiempo promedio (horas) – Carguío neto: 5.68
- b. Tiempo de retroceso: 3.52
- c. Tiempo de subida: 71.65.
- d. Tiempo de descarga: 1.9
- e. Tiempo de retroceso: 1.99
- f. Tiempo de tolveo: 9.18
- g. Tiempo de bajada: 67.52
- h. Tiempo total = 152.51

Analizando los diferentes rangos promedio, se puede concluir que los resultados estadísticos promedio, aplicando la teoría de colas a las operaciones de carguío y acarreo en Mina San Cristóbal-Junín son adecuados desde un punto de vista técnico-económico con el fin de incrementar el numero de viajes de mineral y así incrementar la producción.

5.5. Procesos de la Prueba De Hipótesis

5.5.1 Proceso de prueba de Hipótesis General

Si la evaluación de los equipos de carguío y transporte es significativa mayor a un 7 %, entonces habrá un incremento de la productividad aplicando la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín

Ho: Hipotesis Nula =La $p = 0,07$; la teoría de colas en el transporte no es el adecuado para lograr un incremento de la productividad.

Ha: Hipotesis alterna=La $p > 0,07$; la teoría de colas en el transporte es el adecuado para lograr un incremento en la productividad

Nivel de significancia: 5% entonces el $Z_{\text{tabla}} = 1,96$

Tabla 2. Valores habituales de Z

NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (A)	INTERVALO DE PROBABILIDAD (1- A)	2 COLAS	1 COLA
0,10	0,90	1,65	1,28
0,05	0,95	1,96	1,65
0,01	0,99	2,58	2,33
0,001	0,999	3,29	

Tabla 21: Tendencia con colas del mes de agosto a diciembre del 2020

Con Colas						
Meses	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Toneladas transportadas	3500	3500	3500	3500	3500	3500

Fuente: Empresa Savar Minera Volcan Unidad Yauli

Tabla 22: Tendencia con sin colas del mes de agosto a diciembre del 2020

Sin Colas						
Meses	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Toneladas transportadas	3800	3700	3600	3900	3800	3760

Fuente: Empresa Savar Minera Volcan Unidad Yauli

Cálculo del error estándar:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(p_{H0})(q_{H0})}{n}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(0,07)(0,93)}{1000}}$$

$$\sigma_p = 0,00026$$

$$3500 - 100\%$$

$$3750 - x\%$$

$$x = 7.14\% \text{ de incremento}$$

$$\bar{p} = 0,0714$$

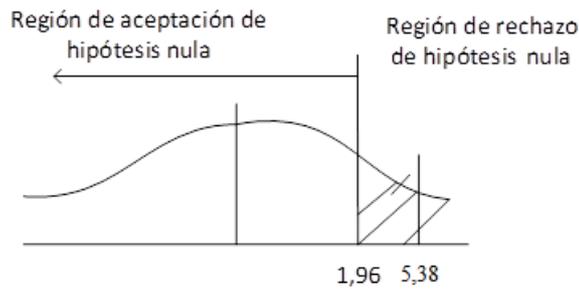
Cálculo de la variable normalizada Z:

$$Z = \frac{\bar{p} - p_{H0}}{\sigma_p}$$

$$Z = \frac{0,0714 - 0,07}{0,00026}$$

$$Z = 5,38$$

Al comparar $5,38 > 1,96$ (Z_{tabla}) queda en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. Lo cual significa que la teoría de colas en el transporte es el adecuado para lograr un incremento en la productividad.



- Proceso de prueba de Hipótesis Específicas

Con la aplicación de la teoría de colas se reduce tiempo improductivo aumentando el número de viajes en las operaciones, por la cual se minimiza costos y se maximiza ganancias, sin perjudicar en temas de seguridad, salud y ambiental.

a) EL INCREMENTO DEL NÚMERO DE VIAJES DE MINERAL LOGRARÁ EL INCREMENTO EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL-JUNÍN.

Ho: Hipotesis Nula =La p = 0,07; el incremento del número de viajes no es el adecuado para el incremento en la unidad minera San Cristóbal-Junín.

Ha: Hipotesis alterna=La p > 0,07; el incremento del número de viajes si es el adecuado para el incremento en la unidad minera San Cristóbal-Junín.

Nivel de significancia: 5% entonces el Z tabla = 1,96

$$\begin{aligned} &3600 - 100\% \\ &3900 - x\% \\ &x = 8.33\% = 300 \text{ Tn} \end{aligned}$$

Cálculo del error estándar:

$$\begin{aligned} \sigma_p &= \sqrt{\frac{(p_{H0})(q_{H0})}{n}} \\ \sigma_p &= \sqrt{\frac{(0,07)(0,93)}{1000}} \\ \sigma_p &= 0,00026 \end{aligned}$$

$x = 8.33 \% \text{ de incremento}$

$\bar{p} = 0,0813$

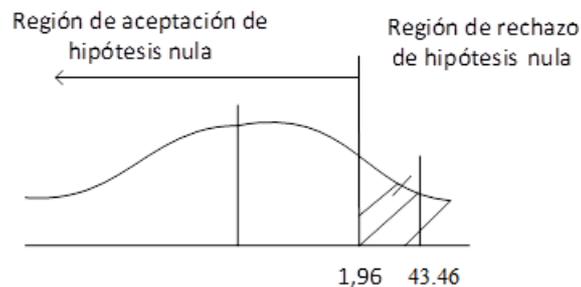
Cálculo de la variable normalizada Z:

$$Z = \frac{\bar{p} - p_{H0}}{\sigma_p}$$

$$Z = \frac{0,0813 - 0,07}{0,00026}$$

$$Z = 43,46$$

Al comparar $43,46 > 1,96$ (Z_{tabla}) queda en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. el incremento del número de viajes no es el adecuado para el incremento en la unidad minera San Cristóbal-Junín.



- b) LA ASIGNACIÓN DE EQUIPOS DE TRANSPORTE DE MINERAL EN LOS PUNTOS DE CARGUÍO DE LA ZONA 3 SERÁ ADECUADA EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL-JUNÍN.

Ho: Hipotesis Nula =La $p = 0,03$; La asignación de equipos de transporte de mineral no es el adecuado en los puntos de carguío de la zona 3 de la Unidad Minera San Cristóbal- Junín.

Ha: Hipotesis alterna=La $p > 0,03$; La asignación de equipos de transporte de mineral si es el adecuado en los puntos de carguío de la zona 3 de la Unidad Minera San Cristóbal- Junín.

62 Viajes – 100%

64 Viajes – $x\%$

$x - 3,22\%$

Cálculo del error estándar:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(p_{H0})(q_{H0})}{n}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(0,03)(0,97)}{1000}}$$

$$\sigma_p = 0,00017$$

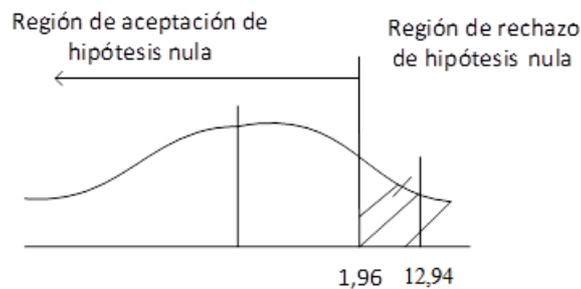
$x = 3.22\%$ de incremento por día

$$\bar{p} = 0,0322$$

Cálculo de la variable normalizada Z:

$$Z = \frac{\bar{p} - p_{H0}}{\sigma_p}$$
$$Z = \frac{0,0322 - 0,03}{0,00017}$$
$$Z = 12,94$$

Al comparar $12,94 > 1,96$ (Z_{tabla}) queda en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. La asignación de equipos de transporte de mineral si es el adecuado en los puntos de carguío de la zona 3 de la Unidad Minera San Cristóbal- Junín



C) AL APLICAR LA TEORÍA DE COLAS SE REDUCIRÁ LA FLOTA DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE DE MINERAL DE LA ZONA 3 DE PRODUCCIÓN EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL-JUNÍN.

Ho: Hipotesis Nula = La $p = 0,1$; Al aplicar la teoría de colas si no reduce la flota no será el adecuado en la zona 3 de producción en la Unidad Minera San Cristóbal – Junín

Ha: Hipotesis alterna = La $p > 0,1$; Al aplicar la teoría de colas si reduce la flota será el adecuado en la zona 3 de producción en la Unidad Minera San Cristóbal - Junín

Nivel de significancia: 5% entonces el $Z_{\text{tabla}} = 1,96$

$$14 - 100\%$$

$$12 - x\%$$

$$x = 14.28\%$$

Cálculo del error estándar:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(p_{H0})(q_{H0})}{n}}$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(0,1)(0,9)}{1000}}$$

$$\sigma_p = 0,0094$$

$$x = 14,28 \% \text{ de incremento}$$

$$\bar{p} = 0,1428$$

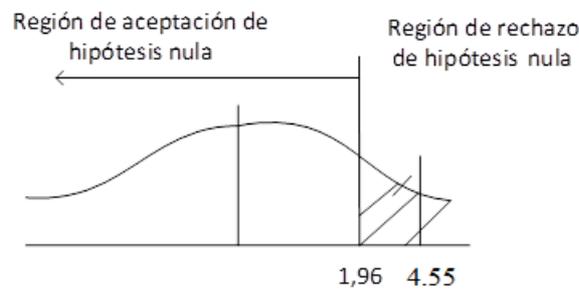
Cálculo de la variable normalizada Z:

$$Z = \frac{\bar{p} - p_{H0}}{\sigma_p}$$

$$Z = \frac{0,1428 - 0,1}{0,0094}$$

$$Z = 4,55$$

Al comparar $4,55 > 1,96$ (Z_{tabla}) queda en la región de rechazo de la hipótesis nula, por lo que se acepta la hipótesis alternativa. Al aplicar la teoría de colas si reduce la flota será el adecuado en la zona 3 de producción en la Unidad Minera San Cristóbal - Junín



CONCLUSIONES

- Los efectos de la producción tendrán un incremento de 3500 TMD a 3750 TMD con ello se mejora la productividad de empresa minera San Cristóbal -Junín. Dicha tendencia de colas del mes de agosto a diciembre del 2020, toneladas transportadas promedio fue de 3500 Tn, y sin colas del mes de agosto a diciembre del 2020 transportadas promedio fue de 3750, lo cual equivale en un incremento de un 7.14%.
- El incremento de la productividad mayor fue en el mes de noviembre de 3900 tn del 2020 y menor de 3600 tn en el mes de octubre del 2020 en la Unidad Minera San Cristóbal.
- El número de viajes de mineral se incrementó de 60 a 64 en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.
- La reducción de flota de transporte de mineral de la zona 3 fue de 14 a 12 volquetes en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín aplicando la teoría de colas.

RECOMENDACIONES

- Es necesario plantear un estudio de tiempos completos en todos los procesos que estén relacionados directamente con el carguío y transporte.
- Se recomienda que los operadores tengan competencia, capacitaciones, adaptabilidad a los equipos de transporte Sitrak.
- Se debería implementar de manera efectiva planes de mantenimiento preventivos de los equipos, para cumplir con las metas trazadas.
- Se debe realizar entrenamiento teórico y practico de manera continuo al personal de acuerdo a su labor con los equipos Sitrak.
- Realizar estudios de tiempo en las mineras subterráneas ya que se tiene deficiencias en el calculo de tiempos improductivos para aumentar la cantidad de tonelaje en las minas.
- Para el incremento de la producción se sugiere, cumplir los estándares operativos establecidos de la minera Volcan S.A.A en forma permanente.
- Realizar encuestas anualmente al personal operativo sobre el servicio brindado para determinar si el servicio es bien percibido por estos y en que se puede ir mejorando.
- Se recomienda mejorar la señalización en las vias, para una mejor visualización
- Se debe realizar evaluaciones estadísticas realizando algún tipo de cuestionario a los clientes con el fin de saber la percepción sobre los cambios efectuado para poder actuar de forma adecuada y oportuna.
- Otra de las recomendaciones importantes es que la empresa establezca un sistema de medición de indicadores, que faciliten la revisión gerencial.
- Para el buen funcionamiento de los procesos es que la gerencia realice periódicamente consultorías externas, enfocadas a maximizar ganancias y minimizar costos , con el fin de identificar debilidades, fortalezas y realizar planes de acción necesarios para lograr un buen desempeño.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Arias & Correa (2016),
- Benites Silva, J. E.; Virhuez Castro, K. "*Teoría de colas para la reducción del tiempo de ciclo de los ascensores de la torre principal de una Universidad Privada, Lima 2019*".Peru.
- Córdova, I. (2009). "*Estadística aplicada a la investigación*" (Primera ed.). Perú: San Marcos.
- Escarcena Guzman, Renzo
- Hillier, 2015
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2002). "*Metodología de la investigación científica*" (Segunda ed.). México.
- Hernandez, S. (1998). "*Metodología de la investigación*" (Quinta ed.). México.
- Metodología de la investigación*. (8 de Diciembre de 2020). Obtenido de <<https://books.google.com/books?isbn=9685748667>>
- Martinez Aguilar, Edwin Eduardo
- Newell, G. F. (s.f.). *Applications of queueing theory*. London: Champan and hall.
- Prawda, J. (s.f.). "*Métodos y modelos de investigación de operaciones*". Limusa.
- Oswaldo Ortiz Sanchez, Godelia Canchari Silverio. "Aplicación del modelo de colas al acarreo minero. Caso Mina Magistral.
- Pardo Navarro, Kennedy
- Ramírez (2007),
- Sasiene, M., Yaspan, A., & Friedman, L. (s.f.). "*Investigación de operaciones*". Limusa.
- Valentin Gamarra, C. A. (2018). *Control y mejora de la productividad del acarreo y transporte de mineral desde las labores de profundización hacia la superficie en la unidad de producción San Cristóbal - Volcan compañía minera S.A.A.*
- Velázquez, G. (2018)
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica* (Vol. I). Revista Educación.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO Y TRANSPORTE PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL-JUNÍN

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENER	VARIABLES	INDICADORES
• ¿Cuál es el efecto en la producción que genera la aplicación de la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín?	Determinar el efecto en la producción que genera la aplicación de la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín	• El efecto que genera la aplicación de la teoría de colas en la producción aplicando la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín	DEPENDIENTE INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD	. TMFD m3/hora . \$/TM . TM TRATADAS

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS		
a) ¿Cuántos viajes de mineral por guardia se aumentara para lograr un incremento de la producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín?	a) Determinar el número de viajes de mineral que se aumentara para lograr el incremento de la producción en la unidad minera San Cristóbal-Junín.	a) El incremento del número de viajes de mineral logrará el incremento en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.	INDEPENDIENTES	
b) ¿Cuál será la asignación correcta de equipos de transporte de mineral en los puntos de carguío de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal- Junín?	b).Determinar la asignación correcta de equipos de transporte de mineral en los puntos de carguío de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal- Junín.	b)La asignación de equipos de transporte de mineral en los puntos de carguío de la zona 3 será adecuada en la Unidad Minera San Cristóbal- Junín.	SELECCION DE EQUIPOS	.TM . VIAJES/GUARDIA . %
c) ¿.En que medida se reducirá la flota de equipos de transporte de mineral de la zona 3 al aplicar la teoría de colas en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín?	c)Determinar la reducción de flota de transporte de mineral de la zona 3 en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín aplicando la teoría de colas.	c) Al aplicar la teoría de colas se reducirá la flota de los equipos de transporte de mineral de la zona 3 de producción en la Unidad Minera San Cristóbal-Junín.	TEORIA DE COLAS	. Minutos . Minutos . # de scoop

ANEXO 2. VOLCAN COMPAÑÍA MINERA.

Es uno de los productores de minerla de menor precio, polimetálica zinc, plomo y plata a nivel internacional. Volcán empezo sus operaciones en 1943 Ticlio. Todas las operaciones se ubican en la Sierra Central de Perú e incluye las unidades económicas administrativas Yauli, Chungar, Alpamarca y Cerro de Pasco. Estas cuatro unidades incluyen en total diez minas subterráneas, dos minas a tajo abierto, seis plantas concentradoras y una planta de lixiviación (Ilustración 12).La Cia está ampliando sus plantas, la exploración y el desarrollo de su propia cantera de proyectos Brown Field y Green Field.

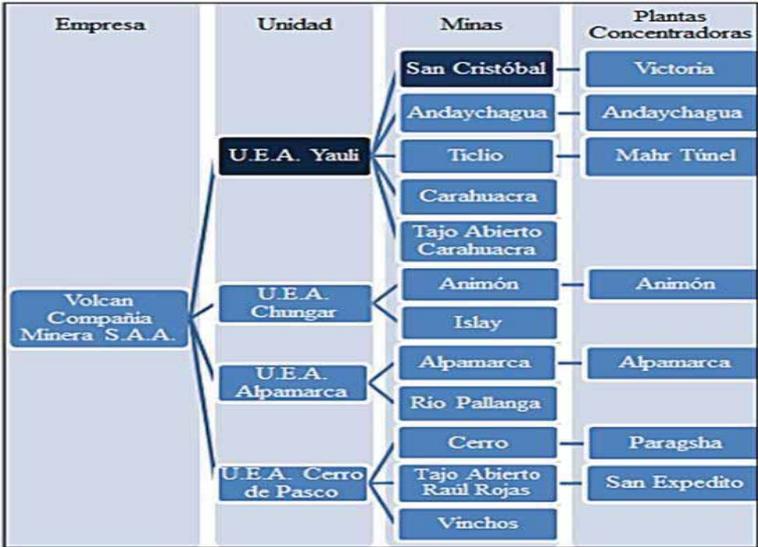


Ilustración 26. Distribución de Minas y Plantas de Volcan Cia Minera SAA.

Fuente: Cuadro realizado por el Autor.

ANEXO 3. U.E.A. YAULI

La Unidad Económica Administrativa Yauli está conformada por las minas San Cristóbal, Andaychagua, Ticlio y Carahuacra

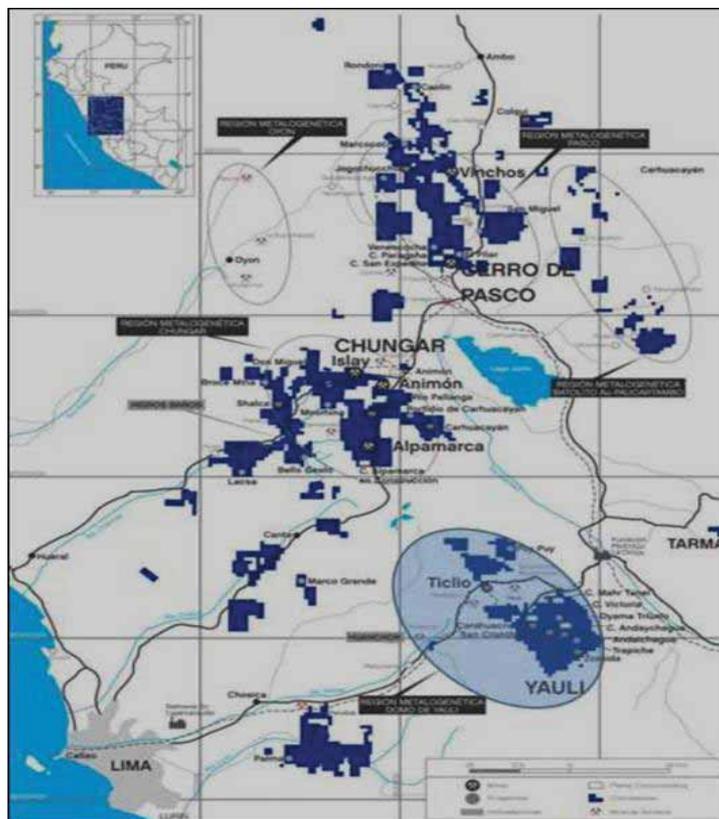


Ilustración 27. Ubicación de Propiedades Mineras de Volcán
Fuente: (Memoria Anual Volcán Cia Minera, 2014, pág. 25)

Accesibilidad:La mina San Cristóbal se encuentra a 110 Km. de la ciudad de Lima, desde donde es fácilmente accesible, utilizando la carretera central, de la cual, cerca de la localidad de Pachachaca, parte un ramal de 20 km. que conduce a San Cristóbal; además, el ferrocarril central tiene una estación en Yauli a 12 km. del área.

Geología Regional:El distrito minero de San Cristóbal está localizado en la parte suroeste de una amplia estructura

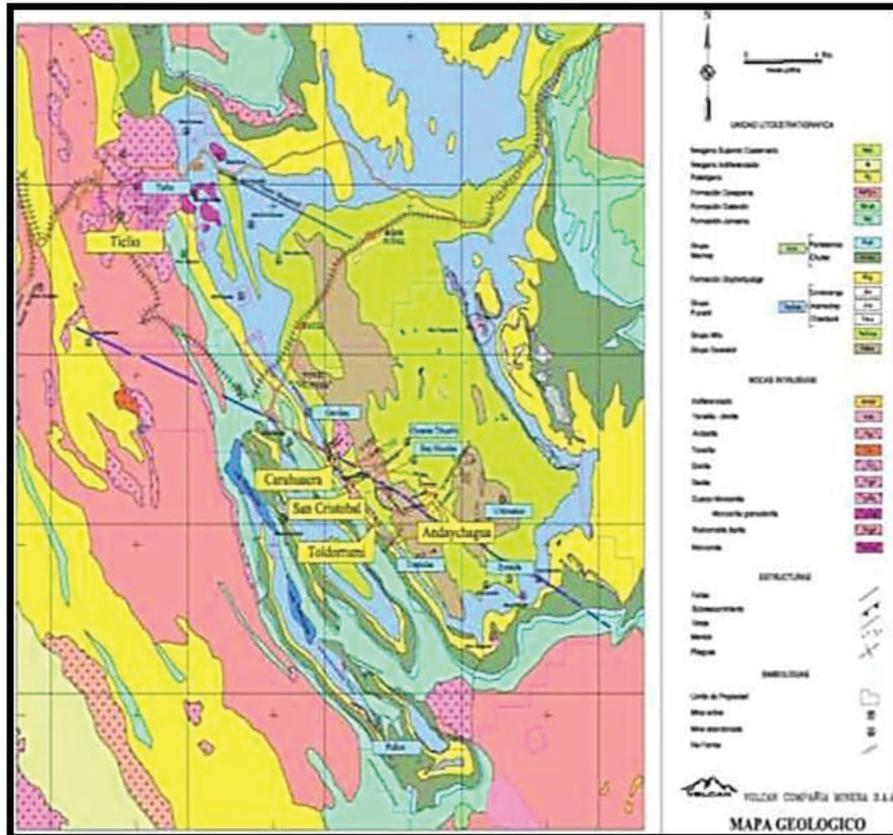


Ilustración 28. Plano Geológico Regional.

Fuente: (Estudio Geomecánico de la Mina San Cristóbal, 2013, pág. 22)

MINA SAN CRISTÓBAL

Ubicación: La mina de San Cristóbal, políticamente está ubicada en el distrito de Yauli,

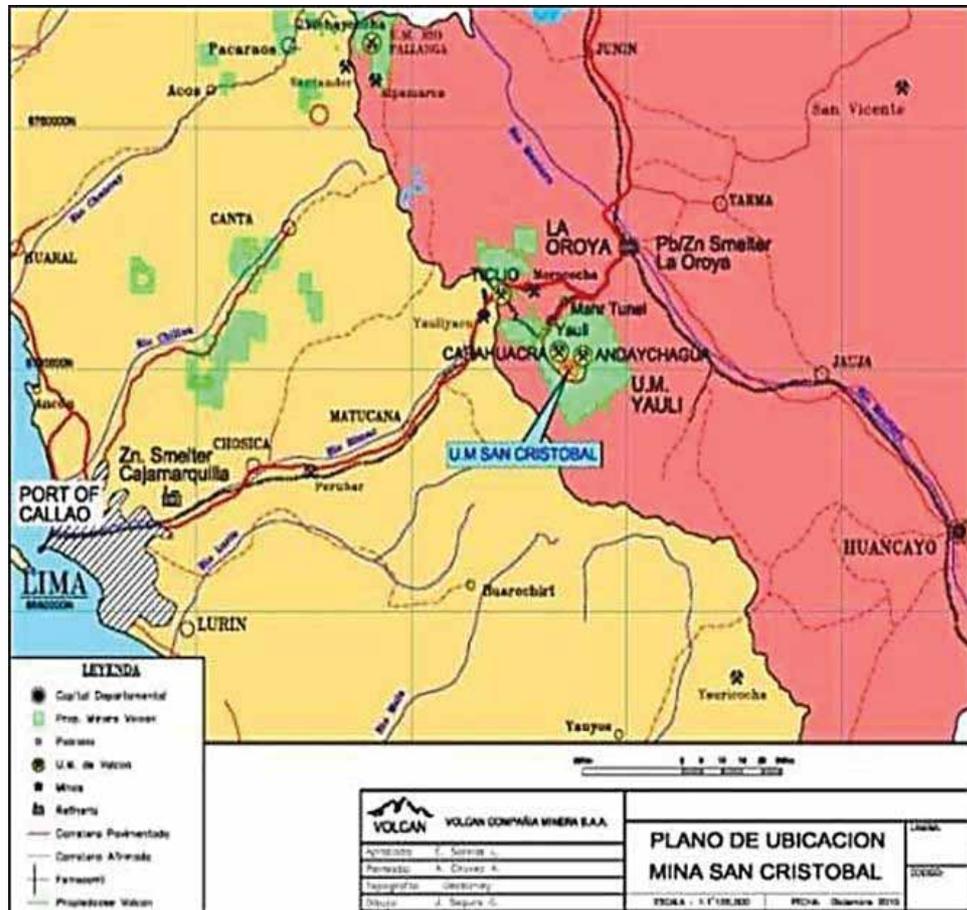


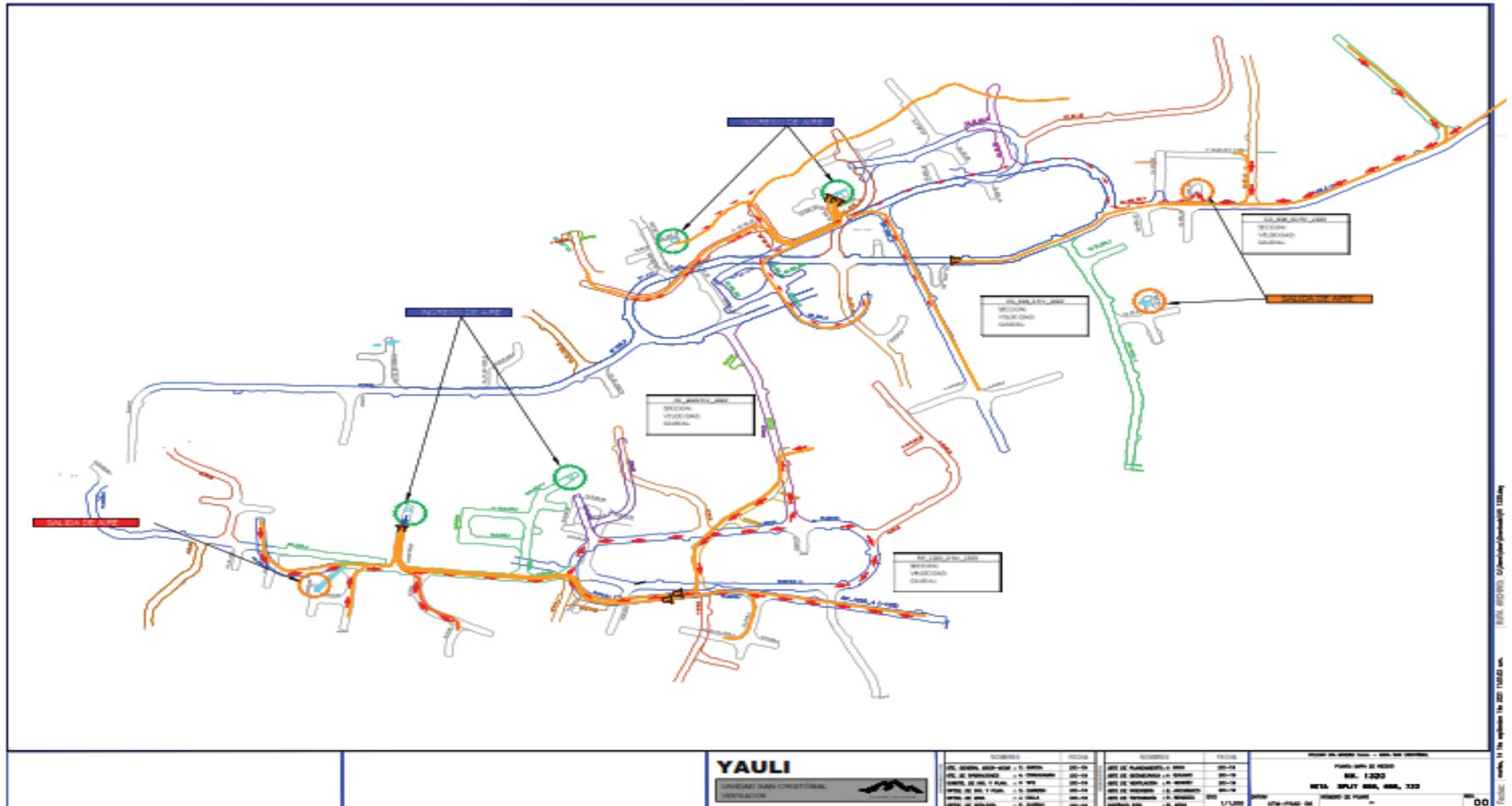
Ilustración 29. Ubicación de la Unidad de Producción San Cristóbal

Fuente: (Estudio Geomecánico de la Mina San Cristóbal, 2013, pág. 19)

<https://docs.google.com/file/d/0B0BbpExPnl2JaFo2MXFQS1p3TjA/previe>

W

Ubicación: La mina de San Cristóbal, políticamente está ubicada en el distrito de Yauli,



Fuente: (Estudio Geomecánico de la Mina San Cristóbal, 2013, pág. 19)