



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE
MINERAL MEDIANTE EL NUEVO DISEÑO DE EXTRACCIÓN
EN EL NIVEL -120 DE LA MINERA VICUS S.A.C. - LIMA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MAX DIEGO CCAMA CUTIMBO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mis padres Benito Ccama Niebles y Trinidad Cutimbo Flores, por haberme apoyado a lo largo de toda mi vida, por sus consejos y valores brindados día a día lo cual ha permitido hacer de mí una persona de bien.

A mis hermanos quienes con el sacrificio en conjunto logramos sacar adelante muchos objetivos que conllevaron a ser un gran soporte en mi etapa de formación.

A mi hijo Diego D'alessandro, que al nacer me dio la felicidad, la fuerza y motivación de seguir trabajando por mis objetivos.

Max Diego.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiar mis pasos a lo largo de mi existencia y permitirme ver las maravillosas bendiciones que tiene para cada uno.

Mi sincero agradecimiento a mi alma mater la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme dado la oportunidad de alcanzar uno de mis primeros objetivos.

A la plana docente de la Facultad de Ingeniería de Minas por brindar sus conocimientos para la formación de profesionales con capacidad resolutiva.

De la misma forma agradezco a la Empresa Minera Vicus S.A.C. y sus directivos, por darme la oportunidad de formar parte del equipo de trabajo y de llevar a cabo el presente trabajo de investigación, que de otro modo no hubiera sido posible.

Y por último agradecer a una persona especial de mi vida a la Lic. Marisol Castillo que estuvo en todo momento apoyándome incondicionalmente en el proceso de mi investigación académica.

Max Diego.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 17

1.2.1. Pregunta general 17

1.2.2 Preguntas específicas..... 17

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 17

1.3.1 Hipótesis general 17

1.3.2 Hipótesis específicas 17

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 18

1.4.1 Objetivo general 18

1.4.2 Objetivos específicos..... 18

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 18



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES	20
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Mejoramiento de procesos	23
2.2.2 Minimización de tiempos	25
2.2.3 Productividad	25
2.2.4. Tiempo productivo	27
2.2.5. Tiempo improductivo.....	28
2.2.6. Horas de parada.....	28
2.2.7 Factores que generan demoras en procesos productivos.....	28
2.2.8 Ventaja económica	29
2.2.9 Diseño de labores de preparación.....	30
2.2.10 Ciclo de minado	30
2.2.11 Transporte de material.....	33
2.2.12 Gestión del transporte de mineral.....	34
2.2.13 Transporte en minería subterránea	35
2.2.14 Sistema de carguío y transporte	37
2.2.15 Sistemas de izaje en minería subterránea.....	37
2.2.16 Componentes de un sistema de izaje.....	44
2.3 MARCO CONCEPTUAL	45

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN	48
3.2 ACCESIBILIDAD	48



3.3	DISEÑO METODOLÓGICO	49
3.3.1	Tipo de investigación	49
3.3.2	Diseño de investigación	49
3.4	METODOLOGÍA POR OBJETIVOS.....	50
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA	51
3.5.1	Población.....	51
3.5.2	Muestra.....	52
3.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	52
3.6.1	Variable independiente.....	52
3.6.2	Variable dependiente.....	52
3.7	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	52
3.7.1	Instrumentos de recolección de datos.....	53
3.8	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	54
3.8.1	Bases de datos	54
3.8.2	Hojas de cálculo de Excel	55
3.8.3	Graficadores	55
3.8.4	Análisis estadístico.....	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	57
4.2	OPERATIVIDAD DEL SISTEMA GLOBAL DE EXTRACCIÓN.....	57
4.2.1	Extracción Nivel 0.....	58
4.2.2	Extracción Nivel -60	62
4.2.3	Extracción Nivel -120	68
4.3	PARÁMETROS DEL NUEVO DISEÑO DE EXTRACCIÓN	71



4.3.1	Diseño de labor de acceso Crucero 1512V	72
4.3.2	Plan de minado Crucero 1512V	72
4.3.3	Perforación y voladura del Crucero 1512V.....	73
4.3.4	Distribución de taladros	74
4.3.5	Diseño de la malla de perforación Crucero 1512V	75
4.3.6	Cálculos para la determinar periodo de preparación.....	75
4.3.7	Sostenimiento en Crucero 1512V	77
4.3.8	Costos de perforación y voladura del Crucero 1512V	78
4.4	CÁLCULO DE EQUIPO DE EXTRACCIÓN DEL NIVEL -120.....	79
4.4.1	Capacidad de carga.....	79
4.4.2	Características del cable a utilizar	81
4.4.3	Cálculo de cable	82
4.4.4	Cálculo del tambor del winche a seleccionar	83
4.4.5	Potencia requerida del motor del winche de extracción.....	86
4.4.6	Cálculo de los parámetros de izaje.....	91
4.4.7	Costos de ejecución e instalación del nuevo diseño de extracción	98
4.5	TRANSPORTE MEDIANTE EL NUEVO DISEÑO NIVEL -120.....	100
4.5.1	Secuencia del ciclo de extracción.....	101
4.5.2	Capacidad de extracción mediante nuevo diseño Nivel -120	103
4.6	INTEGRACIÓN DEL DISEÑO DE EXTRACCIÓN NIVEL -120.....	105
4.7	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	106
4.7.1	Resultados comparativos de eficiencia	106
4.7.2	Interpretación de resultados de eficiencia	107
4.7.3	Resultados comparativos de producción de mineral	108
4.7.4	Interpretación de resultados de producción.....	109



4.8 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	110
4.9 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	115
V. CONCLUSIONES.....	118
VI. RECOMENDACIONES	119
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
ANEXOS.....	123

Área: Ingeniería de Minas.

Tema: Métodos de extracción de yacimientos minerales metálicos y no metálicos.

Fecha de sustentación: 20 de octubre de 2022



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores inferidos al mejoramiento de producción.....	27
Tabla 2 Gestión de transporte de material	34
Tabla 3 Vías de acceso al área de estudio.....	48
Tabla 4 Operacionalización de variables	52
Tabla 5 Niveles principales de extracción	58
Tabla 6 Componentes de extracción Nivel 0	58
Tabla 7 Tiempo promedio ciclo de izaje Nivel 0.....	59
Tabla 8 Distribución de porcentajes de actividades de extracción Nivel 0	61
Tabla 9 Componentes de extracción Nivel -60.....	62
Tabla 10 Tiempo promedio de izaje Nv. -60	63
Tabla 11 Distribución de porcentajes de actividades de extracción Nivel -60.....	65
Tabla 12 Componentes de izaje Nivel -120.....	68
Tabla 13 Tiempo promedio de izaje Nivel -120	69
Tabla 14 Porcentajes de actividades de extracción Nivel -120.....	71
Tabla 15 Parámetros de diseño de la sección.....	72
Tabla 16 Parámetros de perforación y voladura	74
Tabla 17 Distribución de taladros	75
Tabla 18 Periodo estimado de desarrollo Crucero 1512V	76
Tabla 19 Estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 1512V	78
Tabla 20 Características del tambor.....	85
Tabla 21 Parámetros para calcular la potencia del motor.....	91
Tabla 22 Parámetros para el nuevo sistema de izaje.....	97
Tabla 23 Resumen de costo en desarrollo de acceso para nuevo diseño de extracción.	98
Tabla 24 Costo en equipamiento.....	99



Tabla 25 Costo de materiales y accesorios	99
Tabla 26 Costo total del proyecto	100
Tabla 27 Tiempo de ciclo Nivel -120 actual.....	102
Tabla 28 Porcentajes y tiempo de extracción diseño actual Nivel -120	104
Tabla 29 Capacidad de extracción global	105
Tabla 30 Comparativa de sistema anterior y actual	107
Tabla 31 Comparativa de producción actual y anterior	109
Tabla 32 Prueba de normalidad para los datos elegidos respecto a eficiencia	111
Tabla 33 Resultados de prueba t de Student obtenidas del programa SPSS.....	112
Tabla 34 Prueba de normalidad para los datos elegidos respecto a producción.....	114
Tabla 35 Resultados de prueba t de Student obtenidas del programa SPSS.....	114



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de optimización.....	24
Figura 2. Máquina de extracción de tambor único.	41
Figura 3. Polea koepe.	41
Figura 4. Estructura del cable de acero.....	44
Figura 5. Relación entre clasificación RMR, abertura (span) máxima.....	77
Figura 6. Ciclo de potencia en función del tiempo para un tambor único.....	86
Figura 7. Ábaco para determinar el peso de los componentes giratorios.	87
Figura 8. Comparativo de tiempo de ciclo.....	103
Figura 9. Relación de extracción global.	106
Figura 10. Comparativa de extracción actual y anterior.....	108
Figura 11. Comparativa de extracción actual y anterior.....	110



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Art.	: artículo
CH	: chimenea
Cx	: crucero
D.S.	: Decreto Supremo
E	: este
GL	: galería
HP	: <i>Horse Power</i>
Nv	: nivel
N	: norte
RMR	: <i>Rock Mass Rating</i>
S	: sur
Sn	: subnivel
t	: toneladas métricas
Tj	: tajo
UTM	: <i>Universal Transverse Mercator</i>
W	: <i>West</i> (oeste)
WGS	: <i>World Geodetic System</i>



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Reporte de extracción Nivel 0.....	124
Anexo B. Reporte de extracción Nivel -60.....	125
Anexo C. Reporte de extracción Nivel -120	126
Anexo D. Promedio de tiempo de ciclos de izaje en los diferentes niveles.	127
Anexo E. Extracción Nivel -120	128
Anexo F. Orientación de labor de acceso Crucero 1512V a inclinado Valeria.....	130
Anexo G. Diseño de malla Crucero 1512V.....	132
Anexo H. Ficha técnica del cable de acero.	133
Anexo I. Cronograma de ejecución del diseño de extracción.	134
Anexo J. Preparación e instalación del sistema de izaje Nivel -120.....	135
Anexo K. Reporte de extracción Nivel -120 instalado el nuevo diseño.....	136
Anexo L. Muestras relacionadas de tiempos de ciclo en dos tiempos el Nivel -120 para el análisis de prueba t de Student.	137
Anexo M. Muestras relacionadas de producción en dos tiempos distintos en el Nivel - 120 para el análisis de prueba t de Student.	138



RESUMEN

Esta presente investigación se desarrolló en la Minera Vicus S.A.C. a finales del año 2019, donde por medio de mediciones en el nivel de estudio se detectaron problemas en términos de producción de mineral, limitada eficiencia en el transporte de mineral y desmonte, tiempos inoperativos en las operaciones de transporte y extracción de materiales generados en interior mina, lo cual repercutía negativamente en el sistema de extracción global. El objetivo del presente estudio de investigación fue mejorar el sistema de transporte de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la minera, que consta de la ejecución del Crucero 1512V que intercepta al inclinado Valeria y la sustitución del equipo de izaje y transporte. El tipo de investigación fue cuantitativo, con un diseño pre experimental. La metodología utilizada se enfocó hacia el mejoramiento en términos de eficiencia de transporte de material y producción, la cual consistió en la identificación de la problemática, evaluación, ejecución e implementación del diseño extractivo propuesto, donde se realizó mediciones antes y después de instalado el nuevo diseño de extracción. Logrando como resultado un incremento en la eficiencia del transporte de material en 13 %, debido a que se redujo el tiempo de ciclo de izaje de 13:00 a 9:37 minutos, se redujo las horas inoperativas de 25 % a 17 %, así mismo se incrementó la producción de mineral de 226,8 t a 475,2 t, y la extracción de desmonte aumento de 697 m³ a 1 370 m³ liberando los frentes de preparación y explotación en el Nivel -180. Concluyendo que con el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 se mejoró el sistema de transporte de mineral en la Minera Vicus S.A.C. – Lima.

Palabras clave: Diseño, extracción, eficiencia, producción, sistema de transporte.



ABSTRACT

This research was carried out at Minera Vicus S.A.C. at the end of the year 2019, where through measurements at the study level problems were detected in terms of ore production, limited efficiency in ore transport and clearance, downtime in transport operations and extraction of materials that are generated in the mine, which had a negative impact on the global extraction system. The objective of this research study was to improve the ore transportation system through the new extraction design at Level - 120 of the miner, which consists of the execution of the 1512V Cruise that intercepts the inclined Valeria and the replacement of the hoisting and transportation equipment. The type of research was quantitative, with a pre experimental design. The methodology that was used focused on improvement in terms of efficiency of transport of material and production which consisted in the identification of the problem, evaluation, execution and implementation of the proposed extractive design, where measurements were made before and after the new design of extraction was installed. Achieving as a result an increase in the efficiency of material transport by 13 %, due to the fact that the hoisting cycle time was reduced from 13:00 to 9:37 minutes, the inoperative hours were reduced from 25 % to 17 %, likewise, ore production increased from 226,8 t to 475,2 t and waste extraction increased from 697 m³ to 1 370 m³, freeing the preparation and exploitation fronts at Level -180. Concluding that with the new extraction design at Level -120, the ore transport system was improved at Minera Vicus S.A.C. - Lima.

Key words: Design, extraction, efficiency, production, conveying system.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa Minera Vicus S.A.C. – Lima, labora un yacimiento aurífero en donde se viene desarrollando la explotación subterránea de manera convencional a pequeña escala, utilizando el método de explotación de corte y relleno ascendente, en la actualidad el Nivel -120 y -180 están comunicados por el pique inclinado Valeria que tiene una estación de izaje 13 metros arriba del Nivel -120 por el cual se realiza el izaje de mineral, desmonte e ingreso de materiales con un winche neumático y utilizando carros mineros U30.

Al realizar mediciones y análisis de los procedimientos extractivos se han encontrado deficiencias en el desarrollo de las operaciones de transporte y extracción tales como: tiempos muertos en el ciclo de izaje e ingreso de materiales, transporte poco dinámico e inseguro y limitada productividad en la extracción. La extracción en el nivel de estudio se basa en 2,4 t por ciclo y opera con una eficiencia promedio de 60 %, y esta se realiza con un tiempo de 13:00 minutos por ciclo, como resultado de la evaluación se tiene problemas como la extracción poco dinámica e insegura en dicho nivel, demoras en el izaje en el Nivel -60 que cuenta con una eficiencia de izaje del 40 %, saturación de desmonte en el nivel inferior -180, obstrucción de tolvas, dilación en el ingreso de materiales por el acceso a la estación de izaje lo que ocasiona el retraso de las labores de producción en el Nivel -180 e incumplimiento del tonelaje programado requerido por planta. De continuar con el problema se afecta a la programación de extracción de mineral por el incremento de capacidad de procesamiento de la planta de beneficio que pasa a procesar de 15 t a 30 t.



En el presente estudio de investigación tiene como objetivo, ejecutar e implementar un nuevo diseño de extracción en el Nivel -120, buscando la mejora en eficiencia y producción lo que repercutirá en las operaciones de sus niveles superiores en lo que concierne a transporte de mineral particularmente.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿Cómo se mejora el sistema de transporte de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cómo se incrementa la eficiencia del transporte de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.?
- ¿Cómo se incrementa la producción de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Mediante el nuevo diseño de extracción se mejora el sistema de transporte de mineral en el Nivel – 120 de la Minera Vicus S.A.C.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la eficiencia del transporte de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.
- Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la producción de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Mejorar el sistema de transporte de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

1.4.2. Objetivos específicos

- Incrementar la eficiencia del sistema de transporte de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.
- Incrementar la producción de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La empresa minera Vicus S.A.C. – Lima, cuenta con reservas de 4 806,45 t mineral probado y 14 599,97 t de mineral probable en el Nivel -180 con una ley promedio de 14 gr Au/t, dados estos datos, la empresa propuso duplicar su capacidad de procesamiento de 15 t a 30 t por día.

La presente investigación surge de la necesidad de mejorar el sistema de transporte de mineral en el Nivel -120 ante las problemáticas encontradas tanto en su diseño y equipamiento, como la ocurrencia de tiempos inoperativos, capacidad de extracción limitada entre otros aspectos que no permitirían cubrir el requerimiento de mineral de la planta de procesamiento.

La ejecución e implementación del nuevo diseño de extracción propuesto para el Nivel -120, tiene como objetivo mejorar en términos de eficiencia y producción el sistema de transporte de mineral desde el Nivel -180 que entro en etapa de explotación hacia los niveles superiores, para asegurar el abastecimiento de mineral a la planta de



procesamiento. El mejoramiento del sistema de transporte de mineral favorecerá económicamente a la Minera Vicus S.A.C.

La presente investigación busca poder afianzar conocimientos a la comunidad minera a pequeña escala acerca de diseñar o rediseñar un sistema de extracción convencional para que se puedan realizar trabajos con mayor eficiencia y por ende tener operaciones con mayor productividad.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Gaimes (2019) determinó en su investigación que mediante un plan de mantenimiento y renovación de equipos de transporte de material extraído en mina logró optimizar el trabajo de extracción, de 5,5 horas efectivas de trabajo a 6,9 horas efectivas y realizando un análisis del proceso extractivo consistente en la observación directa de los procedimientos, evaluación, identificación, ajuste y control del proceso redujo los lapsos de tiempos improductivos los cuales se ven reflejados en un incremento de la eficiencia de trabajo de 69% a 86.5%.

Yupanqui (2019) en su investigación concluyó que mediante la evaluación e implementación de un nuevo sistema de extracción de material generado en interior mina se redujo el tiempo de transporte hacia exterior mina de 76,12 minutos a 26,14 minutos, lo que demostró que la instauración de nuevos métodos y equipos de amplia capacidad extractiva se vea reflejado en el aumento de producción en tonelaje y optimización de tiempos operativos de transporte.

Medina (2017) determinó que, considerando la necesidad de incrementar la producción de la Mina Calpa se instaló un sistema de extracción de mineral mecanizada compuesto por un winche de izaje eléctrico en la superficie en dirección hacia el pique 718 en reemplazo de sistema de extracción manual, superando el promedio de tonelaje extraído de 7,1918 t/guardia a 37,608 t/guardia, obteniendo los resultados planificados en términos de mejoramiento y productividad planteados a inicios de la investigación.



Hidalgo (2016) determinó que, con una mecanización deficiente y bajo las condiciones en donde se desarrolla la actividad extractiva de los diferentes frentes de avance, derivó a elevados costos en el proceso de transporte de mineral por la baja comodidad para el carguío del material económicamente rentable en los equipos de acarreo, determinando que los elementos que generan un costo mayor dentro operaciones mineras en la mina subterránea La Maná son el diésel, la limpieza de material generado y el transporte de estos.

Alvarez (2014) indicó que, con la evaluación de los tiempos que involucran las operaciones de acarreo y transporte en la unidad minera Arcata, se logró obtener los valores concretos de la productividad horaria lo que conlleva a un mejor análisis a fines de mejorar y optimizar las operaciones ya evaluadas y que estas no tengan una afectación negativa al proceso de extracción.

Mayhua & Mendoza (2012) concluyeron que, en la unidad de producción San Cristóbal existe un déficit de producción de 183,52 t/día y 505,69 t/mes, medidos en periodos de tiempo establecido, donde se determinó que el tiempo inoperativo es a consecuencia de las demoras generadas por las unidades de transporte que no tienen la opción de realizar un transporte dinámico y fluido debido a las demoras fijas, colas generadas en los puntos de carguío y al embotellamiento vial en la rampa de acceso de la zona 11. Señalando que los ciclos de las operaciones unitarias de carguío y transporte afecta directamente a la producción del Nivel 1070 de la unidad.

Baldeón (2011) determinó que, establecida la capacidad extractiva y de procesamiento en la Compañía Minera Condestable se podrá determinar los equipos necesarios para las operaciones de carguío y transporte que realicen una labor a un mínimo costo operativo y máxima operatividad productiva. También concluye que, para tener un mejor control en la gestión de operaciones es necesario tener un constante



conocimiento de cada una de las actividades involucradas en las operaciones de extracción así tener la capacidad de tomar decisiones en temas preventivos y correctivos de una forma más efectiva.

Orosco (2010) las actividades de carga y transporte de mineral y desmonte en la industria minera, son procesos fundamentales para el cumplimiento de objetivos operacionales y productivos, estas actividades deben ser desarrollados por equipos que aseguren una eficiencia optima, para tal caso se deben brindar las condiciones básicas para un correcto desenvolvimiento operacional de los equipos y de los operadores, para así evitar dificultades en el alcance de los objetivos de producción propuestos por la empresa minera, es conveniente considerar el rediseño de un sistema de extracción que se adecue mejor a las condiciones preexistentes de acuerdo a evaluaciones previas.

Nieto (2010) determinó en su investigación que, para asentar una reducción de los costos de una empresa se tiene que realizar una evaluación global de todas las operaciones, ubicar los puntos de debilidad en tiempos operativos de maquinaria y personal que estén relacionados a sobrecostos o déficit productivos a fin de establecer medidas para el aumento de la eficiencia de estas operaciones, ya que no es una medida eficaz solo la reducción de personal para la minimizar los costos de operación de la empresa.

Díaz (2009) indicó que, la importancia de las operaciones de carga, transporte y extracción es tal, que la producción depende en gran medida de su rendimiento y organización. En minería subterránea las operaciones de extracción son complicadas no solo por las limitaciones de espacio de acuerdo a cada yacimiento, también por las condiciones de las diferentes áreas donde se realiza este proceso entre accesibilidad, condiciones ambientales, desplazamiento y la profundidad cada vez mayor en las minas.



Por estos aspectos, el mejoramiento de un proceso de explotación en minería se da bajo una adecuada selección de un determinado sistema de extracción.

2.2. MARCO TEÓRICO

El transporte de mineral y desmonte en minería subterránea es una de las operaciones unitarias que repercute en gran forma en el costo de producción, sobre todo por la cantidad de recursos involucrados en dicha actividad.

Gestionar la operación de transporte de materiales en interior mina implica encontrar el correcto manejo de los recursos relacionados a esta actividad, el cual se basa en el traslado del material generado en las labores de desarrollo y explotación previo a un plan de producción, hacia los lugares destinados para su tratamiento o almacenamiento, buscando la forma de realizar una operación eficiente a un bajo costo.

En el presente capítulo de investigación se aborda diversos conceptos importantes en la gestión de transporte de material generado en minería subterránea, los que podrán ser utilizados en forma independiente en el diseño de mejoras en la actividad extractiva, lo cual es sin duda uno de los alcances de la investigación.

2.2.1. Mejoramiento de procesos

Para la definición de mejoramiento de procesos mineros se debe partir de la evaluación de cada una de las operaciones unitarias involucradas en el desarrollo de la explotación de un determinado yacimiento tales como perforación, carguío, transporte entre otros estos deben estar enfocados hacia los conceptos mejora continua (CAMIPER, 2016).

Las operaciones unitarias referidos a transporte minero tienen diferentes métodos para evaluar su efectividad hacia la optimización de este proceso, un factor importante es el análisis de los indicadores clave de rendimiento ya que se podrá tomar estos factores

para ver el desempeño dentro del conjunto de operaciones que actúan entre sí, para la posterior toma de decisiones (Alvarez, 2013).

Mejora operativa: Esta definición se basa en desarrollar un proceso de la forma más efectiva tomando todos los factores que intervienen en ello, realizando mediciones de los resultados para comparar y evaluar una posterior reestructuración, para que un proceso productivo logre un mejoramiento en eficiencia considerable es necesario seguir una secuencia o metodología que permita tener una imagen amplia de toda la operación, tal como sigue:

Identificar: Reconocer los periodos del proceso a optimizar.

Evaluar: Cuantificar en número de variables que puedan ser mejoradas.

Analizar: Fijar los puntos a aplicar mejoras.

Perfeccionar: Ejecutar las pautas de mejora que impulsen los procesos.

Controlar: Determinar el producto de la mejora y calificar su efecto en la operación.

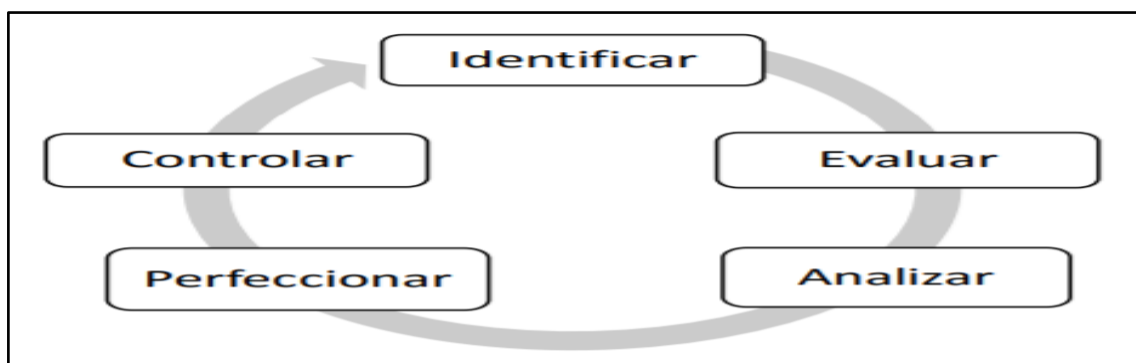


Figura 1. Proceso de optimización

Fuente: CAMIPER, 2016

Mejora operativa de transporte: Para lograr la mejora operativa del proceso de transporte, se podría efectuar acciones en estos tres apartados:



- Optimizar los ciclos de carguío, con el objetivo de aumentar la efectividad en los tiempos de carguío.
- Aumentar la utilización efectiva de la maquinaria.
- Mejorar los índices de eficiencia (ciclos).

2.2.2. Minimización de tiempos

La reducción de los tiempos no útiles son ciclos lentos y costosos que deben ser trasladados, contados, guardados o recuperados. Limitar estos tiempos en un ciclo disminuye los gastos de trabajo. Reducir los periodos inútiles de un ciclo y aplicar una variación positiva del tiempo que toma terminar el ciclo es esencialmente tan significativo como trabajar en la mejora de un servicio brindado o de un determinado producto (Summers, 2006).

Se caracteriza la minimización del tiempo ineficiente como el tiempo en el que no se realiza el trabajo relativamente útil. Es así que, se determina la importancia de la identificación, por ejemplo, la causa de los ciclos operativos que no pueden iniciarse hasta que otros ciclos culminen, los activos humanos o materiales están inactivos hasta que se terminan las tareas anteriores. Esto se traduce en costos asumidos sin beneficio y deficiencias en el ciclo operativo global (Emprendedor XXI Argentina, 2011).

2.2.3. Productividad

En minería la productividad está en conjunta relación con la mecanización, porque fundamentalmente suplantando y/o complementando el trabajo físico con el accionamiento de maquinarias modernas surge una etapa de industrialización de procesos. Recientemente las técnicas en minería subterránea han presentado máquinas actuales de límite y tamaño más prominente, la empleabilidad de equipos sofisticados afecta a la producción de tal forma que minimiza recursos y aumenta rentabilidad. La



mecanización aplicada a un proceso por su sofisticación proporciona una producción amplia y dinámica (Llanque *et al.*, 1999).

Tabla 1
Factores inferidos al mejoramiento de producción

Factor	Descripción
<i>Producción</i>	<i>Plan de producción:</i> la producción regularmente está supeditada al método de explotación y la capacidad de procesamiento de la planta de beneficio, costos inferidos, ley de corte de mineral, índice de recuperación definidos por la compañía
<i>Alcance y recorridos de transporte</i>	<i>Alcance:</i> capacidad de los equipos de carga al realizar esta actividad iniciando en punto, desplazándose hasta otro para cargar o descargar material. <i>Recorrido:</i> está definido por las características de las labores utilizadas para el transporte del material generado, ya sea la longitud de recorrido y ángulo de inclinación. <i>Mina subterránea:</i> la correcta aplicación del plan de minado a corto, mediano y largo plazo de las labores establecerá las distancias y características de las excavaciones utilizadas para el transporte de material.
<i>Tiempo de ciclo</i>	<i>Intervalos de tiempo fijo:</i> girar, desplazamiento de ubicación, carga y descarga. <i>Intervalos de tiempo variable:</i> longitudes de recorrido de para carga y descarga de material extraído.
<i>Capacidad</i>	<i>Producción:</i> $\frac{Capacidad*(Ciclos)}{Unidad\ de\ tiempo}$
<i>Valoración</i>	Cálculo de la disposición de los equipos utilizados para la extracción a fin de cubrir la producción estimada, con la intención de evaluar la renovación necesaria hacia la selección del equipo adecuado.

Fuente: Tomás & León, 2020

El planeamiento y control de la producción en un sistema de administración de operaciones que tiene como objetivo diseñar, planificar, implementar y controlar los procesos de producción de una empresa se basa en el análisis y evaluación continuo de cada uno aspectos tomados, para lograr la mejora de las variables de una determinada actividad (Alvarez, 2014).

2.2.4. Tiempo productivo

Es el período de tiempo donde se abarca la mayor parte hacia la productividad, donde los tiempos inoperativos son reducidos al máximo. Se ve reflejado en un determinado proceso donde los colaboradores y equipos, contribuyen a la utilización



máxima del periodo establecido de laboreo para poder cumplir con metas designadas de una determinada actividad, inclusive superar dichas metas estimadas (Apaza, 2017).

2.2.5. Tiempo improductivo

Son los lapsos de tiempo que demora, interrumpe o paraliza una determinada actividad donde se involucra personal, maquinaria y una combinación de ambas, donde la producción disminuye o queda detenida. Dado que en la utilización de equipos lo que más influye negativamente son las demoras operativas, durante el proceso transporte, acarreo, carguío, perforación, etc. Sin embargo, dichas demoras tienen varias causas u orígenes los cuales a medida que se inicie y vaya avanzando una investigación saldrán a relucir (Apaza, 2017).

2.2.6. Horas de parada

Se determina horas de parada a la acumulación del tiempo que una actividad relacionada a la extracción minera ha sido detenida por diferentes factores operativos, se evalúa si esta ejerce una afectación a la productividad de acuerdo a la cantidad de tiempo abarcado, calculado en base al minuto a minuto acumulado, así encontrar una posible solución si la afectación es negativa. La evaluación y análisis de tiempos operativos son empleados por la mayoría de las compañías dedicadas a explotación de recursos bajo la denominación de estudio de tiempos, donde también se incluirán los tiempos dedicados a trabajos impropios o sin relación con el objetivo de la operación (López, 2014).

2.2.7. Factores que generan demoras en procesos productivos

En los procesos productivos dentro de la actividad minera se encuentra diversos factores que afectan a la productividad en el rubro minero, es necesario saber cuáles son los que más efectos negativos generan específicamente en la demora en dichos procesos, para poder realizar una acción que mitigue su efecto (Zapata, 2011).



Demoras rutinarias

- Detención forzosa.
- Suministro de combustibles y lubricantes.
- Mantenimiento preventivo de rutina.
- Factor humano: fatiga, necesidad propia, otros.

Condiciones de operación

- Capacidad de carga.
- Ángulo de giro.
- dimensionamiento.
- Pendiente.
- Coeficiente de rodamiento.

Condiciones naturales

- Condiciones físicas: topografía, geología.
- Condiciones climáticas: estación del año.

2.2.8. Ventaja económica

La apreciación sobre ventaja económica podría caracterizarse como una condición ideal que una organización necesita lograr aplicando nuevos procedimientos de trabajo en cada una de sus etapas de creación. Las mineras tratan de proponer estas nuevas filosofías con la ayuda de la proposición especializada y los avances tecnológicos accesibles por esta razón, buscando la reducción de tiempos operativos en las operaciones unitarias, mejor tratamiento de la data informativa y disminución de costos. En minas subterráneas ya sea por su tamaño de sus operaciones o capacidad de producción existen dificultades de diversa índole, pero una que es transversal a toda la minería subterránea



es la necesidad de incrementar la eficiencia a través de marcos de trabajo adecuados y, de vez en cuando, más vanguardistas (Rubio, 2009).

2.2.9. Diseño de labores de preparación

El diseño comprende de la infraestructura requerida, labores mineras que dentro de una planificación previa destinadas a ser los accesos a las zonas mineralizadas para la explotación minera (Vílchez & Ramos, 2014). La infraestructura que cede el acceso a determinada estructura mineralizada toma la orientación necesaria para tal fin por medio de diferentes formas y métodos de acceso ya establecidos en el estudio minero como galerías, rampas, piques entre otras que van dirigidos al desarrollo de la actividad extractiva, estas labores además de otorgar el acceso pueden ser utilizadas como labores de servicio como cámaras de carguío, vías de tránsito, ventilación según las necesidades de las operaciones. Diversos autores concluyen en la importancia de la correcta ejecución de las labores subterráneas para que estas brinden un ambiente laboral con estándares de seguridad y brinde confiabilidad a la empresa en la recuperación de capitales invertidos para la explotación de material minero (Varillas & Ochoa, 2017).

2.2.10. Ciclo de minado

Las etapas conceptualizadas tienen la facultad de ser fundamentales en el desarrollo de un proyecto de explotación y la correcta ejecución e implementación de estas logrará el éxito de una extracción minera. Es importante destacar que cada proyecto tiene sus propias características debido a la naturaleza de su mineralización.

Perforación

Esta fase del ciclo minero se describe como la más importante ya que, dependiendo de la técnica y la competencia de la perforación, se podrá determinar conclusiones técnicas para el proyecto. Para llevar a cabo esta tarea es importante realizar



una investigación previa de los materiales circundantes donde se llevará a cabo esta actividad. Es una necesidad imperiosa establecer criterios más acertados posibles en los parámetros de diseño de malla, paralelismo y profundidad de taladros (Condori, 2017).

Voladura

La voladura se considera como la segunda etapa más importante del proceso de extracción, al ser una de las etapas más arriesgadas, su ejecución debe estar limitada por un especialista, se puede definir a una voladura óptima cuando, sea efectuado un alto grado de fragmentación con un mínimo efecto negativo en la estructura adyacente donde se realiza esta etapa. Al mismo tiempo, es importante tener un dominio absoluto de los gases que se generan al efectuar la detonación (Velarde, 2019).

Ventilación

La etapa de ventilación es necesaria para el desarrollo de actividades mineras subterráneas básicamente para que todo el proceso minero se desarrolle con una dinámica regular, esta actividad está relacionada al uso de equipos de ventilación, por lo que relativamente el acceso a energía eléctrica es necesario y por consiguiente se genera un costo a la empresa que la emplea, por las características de ubicación donde se proyecta realizar actividades extractivas se elige la forma de efectuar la ventilación entre mecánica o natural (Velarde, 2019).

Limpieza

Siguiendo con el ciclo de minado, la limpieza es la etapa donde se retiran los residuos de mineral o desmonte generados en la labor en proceso de desarrollo como una galería, crucero, chimenea y entre otras diferenciando a minera subterránea y superficial, se efectúa esta etapa según las características de cada yacimiento de forma manual o mecánica (Chugnas, 2019).



Acarreo

La etapa de acarreo es encargada de realizar el desplazamiento del material desde el punto de explotación a otro punto determinado, esta etapa se desarrolla para fines de desplazamiento de material económicamente rentable y material estéril, la empresa en base a sus proyecciones de producción y procesamiento determinara la maquinaria o equipo necesario para sus fines extractivos ya estimados (Nieto, 2010).

Sostenimiento

Esta etapa del ciclo de minado es esencial para la continuación de los siguientes procesos ya que se encarga de brindar un soporte preventivo a la labor circundante donde se efectúa procesos de impacto como la voladura, siguiendo un patrón de identificación de la calidad de macizo rocoso donde se desarrollan actividades de explotación es que se determina aplicar un tipo de mecanismo de sostenimiento que resuelva la necesidad de tener un ambiente seguro para que la secuencia de explotación y extracción se desarrollen de manera regular (Hidalgo, 2016).

Transporte

El proceso de transporte en minería se define como al movimiento del material de un determinado punto de acumulación por medio de equipos o vehículos previamente destinados, hasta un punto en particular. El empleo de las unidades de transporte dependerá del tipo de minería ejecutada. Este proceso combina características que involucra a todo el entorno donde se desarrolla la actividad como el material a ser transportado, las distancias de recorrido, la capacidad de carga de los equipos entre otras, el transporte es fundamental en una operación minera, de ahí dependerá la fluidez y el dinamismo de la producción por supuesto en conjunta relación con las demás operaciones (Velarde, 2019).



Izaje

El izaje en minería subterránea está ligada al transporte minero ya que por medio de esta actividad se puede transportar de un punto a otro material generado en labores de producción, personal, equipos, maquinaria entre otros necesarios para la actividad extractiva. Para llevar a cabo una actividad de izaje se tiene que tener infraestructura necesaria ya sea inclinados o labores verticales piques o chimeneas y los equipos requeridos para una actividad que cumpla con todas medidas de seguridad por denominarse una actividad de alto riesgo. Además de tener en consideración los reglamentos legislativos específicos para esta actividad que cada país determina (Velarde, 2019).

2.2.11. Transporte de material

Esta es una de las etapas fundamentales del ciclo minero, que consiste en el movimiento mineral o desmonte de un determinado punto, hacia otro. El transporte de material es la operación unitaria que tiene la responsabilidad de trasladar material generado en las diferentes labores hacia un destino fijado en el plan de minado (Gonzales, 2006).

Los tipos de transporte de determinan por las características de del yacimiento minero y de la morfología de la zona a operar.

Transporte minero subterráneo

El transporte minero subterráneo se caracteriza por el traslado del producto generado en interior mina hacia la superficie por medio de sistemas determinados:

- Sistemas de transporte convencional: por medio de equipos de menor capacidad como carros mineros, locomotoras, etc.
- Sistemas de transporte *trackless*: uso de equipos mecanizados de bajo perfil.

Transporte minero superficial

Es la fase de movilizar mediante equipos de gran dimensión el material generado en área de explotación, se caracteriza por la capacidad de desplazar grandes cantidades de material por unidad de tiempo. Los equipos que se utilizan son los siguientes:

- Camiones mineros de amplia capacidad de carga.
- Línea de vagones de carga sobre rieles.
- Combinación entre equipos transporte, vagones de tren, embarcaciones, etc.

2.2.12. Gestión del transporte de mineral

La gestión de transporte de minerales implica un análisis amplio de los factores del entorno en donde se va a desarrollar la actividad y la aplicación de diseños integrales que de tal forma se pueda prever aspectos en temas de seguridad para el desarrollo continuo de las operaciones de transporte.

Tabla 2

Gestión de transporte de material

Elementos de mejora	Acciones propuestas
<i>Registro del número de ciclos realizados</i>	Es importante el registro continuo de las actividades que involucra el transporte de material, como el numero ciclos de extracción realizados de un punto inicio a un punto determinado, para poder realizar el análisis operativo de personal y maquinaria con el objetivo de optimizar valores.
<i>Gestión de tráfico vehicular al interior de la mina.</i>	El establecer labores y rutas para los equipos empleados en el transporte de mineral y desmonte, reducirá el tráfico inevitable que se genera en una actividad extractiva. La señalización será un aspecto fundamental hacia el direccionamiento de una ruta de extracción donde los operadores de equipos de acarreo puedan decidir a criterio instruido la maniobra a realizar una utilizadas para la extracción.
<i>Contratación de un sistema de apoyo de transporte y acarreo</i>	Hacia proyecciones de ampliar la capacidad extractiva, se evaluará el rediseño del sistema de extracción o en tal caso se optará un sistema de extracción alternativo al ya instalado.

Fuente: Tomás & León, 2020



El transporte básicamente es la operación por la cual el mineral extraído de los frentes de explotación es llevado hasta los exteriores de la mina, este proceso puede ser continuo o discontinuo, en casos una combinación de los dos. Esta operación es clave para que el proceso productivo sea continuo debido a que, con una limitada eficiencia afectaría el abastecimiento de material para el continuo procesamiento de una planta de beneficio

2.2.13. Transporte en minería subterránea

Tomás & León (2020) señala que para establecer un determinado sistema de transporte en minería subterránea se toma en cuenta la ubicación de las zonas mineralizadas de interés, así como los accesos complicados a estos, para el acceso a ellos y poder obtener un beneficio a bajo costo, esto hace que todas las operaciones mineras estén en constante cambio. El transporte del mineral es de vital importancia y tiene primordialmente dos funciones:

- Trasladar el mineral de un punto a otro en el interior de la mina.
- Transportar el mineral hacia el exterior de la mina para ser procesado.

Hay puntos que se tendrá que analizar para optar por un determinado sistema de transporte, equipos, labores entre otros, tales como la seguridad que brindará para un desempeño laboral y el costo que implica determinada elección. En minería los sistemas de transporte se enfocan a dos grandes grupos:

- Minas poco profundas con niveles de carreteras o gradientes.
- Mina subterránea con ejes verticales o largos e inclinadas pendientes.

En la actividad minera se planifica su explotación de acuerdo a evaluaciones previas, ya determinado el método de extracción se ha de realizar el equipamiento correspondiente entre infraestructura, equipos, herramientas, etc. Que permita realizar



operación de transporte del material de un punto a otro que se ha de generar en la actividad minera. El transporte como actividad necesaria para el proceso productivo ha de requerir de una logística e infraestructura que permita el desarrollo regular de esta actividad como una red vial y equipos de transporte (Chugnas, 2019).

En la etapa de la evaluación de la viabilidad de una mina subterránea se especificará el sistema de transporte a emplearse respecto a la estructura de la mineralización, el método de explotación y el planeamiento progresivo sugerido. Dependiendo del método de explotación y de la profundidad el sistema de transporte en minería subterránea tendrá un seccionamiento en sus accesos o rutas y personal y equipos asignados a estas, es determinante un análisis entre el beneficio económico y el costo de inversión de cada una de las operaciones a realizar en mina (Tomás & León, 2020).

Para la elección correcta de un determinado sistema de transporte subterráneo de material se tendrá que tener en cuenta estos elementos:

- Volumen y peso del material a transportar.
- Equipos elegidos para el transporte.
- Vías de acceso para el transporte.
- Dimensiones de las vías.
- Longitud de trayecto.
- Puntos de carguío y descarga.
- Condiciones y características de la vía (pendiente, tipo de suelo, presencia de agua, etc.).
- Transporte de colaboradores.



2.2.14. Sistema de carguío y transporte

El entramado de apilamiento y acarreo es una de las tareas principales en una acción minera, estas tareas unitarias son responsables del desarrollo del traslado del material económicamente rentable y de los residuos, incluyendo el mayor gasto, debido a su naturaleza dinámica y sin paralizaciones. El apilamiento comprende fundamentalmente la separación del material almacenado en el frente de la actividad por parte de los equipos de apilamiento y su posterior traslado en la maquinaria de transporte, lo que requiere un espacio de trabajo donde los dos grupos puedan trabajar sin problemas. Por lo tanto, el transporte comprende trasladar el material a un último punto objetivo según sus cualidades, los relaves a los vertederos, el metal de segunda categoría a las reservas de mineral de alta ley, entre otros. (Arrau, 2016)

Todas estas actividades pueden ser obligadas a la sucesión adjunta:

- Preparación del espacio de trabajo.
- Colocación del equipo.
- Retirada del material recogido de las labores de explotación.
- Traslado del material a la maquinaria de transporte indicado para la remoción.
- Transporte del material hasta su destino (planta, almacén y vertederos).
- Descargue del material.
- Regreso de la maquinaria de transporte al punto de apilamiento.
- Esta sucesión se sigue hasta que se ha sacado todo el material.

La realidad de la redistribución en el marco de carguío y transporte se debe a la explicación directa de que la decisión satisfactoria del plan de extracción y de los equipos encargados del carguío y transporte garantizará una producción diaria, mensual o anual según los requisitos previos de la planta de beneficio, esperando objetivos de creación



fijos. Al mismo tiempo, el desarrollo de la seguridad de los especialistas y la eficiencia de la maquinaria, incluso con los gastos fluctuantes y los cambios en los costos de las sustancias naturales en el mercado, se convierte en una necesidad de las tareas en nuestra circunstancia actual.

Esta es la razón, a la hora del plan fundamental de un marco de extracción, es importante hacer una investigación de la relativa multitud de factores que serán esenciales para que el marco se lleve a cabo.

Tiempo del ciclo total

En los diferentes trabajos de movimiento de tierras o material minero, los equipos se ajustan a un ciclo de trabajo definido. En un determinado ciclo extractivo se incorporan las actividades de apilamiento, transporte, vertido y reinicio de actividades desde el primer punto, tomando en cuenta el tiempo de los movimientos actuados en esta actividad. La duración completa de un ciclo extractivo es el tiempo que emplea un equipo en realizar este gran número de tareas. Con respecto a la evaluación de la eficiencia o los gastos, es importante darse cuenta del tiempo previsto para un ciclo completo. Posteriormente, la duración del proceso se compone de tiempos fijos y tiempos variables (Cruzat, 2014).

Tiempos variables

Los tiempos variables se refieren a los tiempos de desplazamiento del equipo apilado y del volcado. Los tiempos de desplazamiento del equipo apilado y posterior descargue se denominan variables por el hecho de que, además de depender de las circunstancias de funcionamiento, cambian a lo largo de la actividad debido a la variedad de las cualidades de los recorridos según la longitud de los segmentos a recorrer, las inclinaciones, la velocidad empleada, las curvas y las paradas (Salazar, 2017).



Tiempos fijos

Los tiempos fijos son los aportados por un equipo, durante el ciclo, en todo lo que no es tiempo de recorrido de ida y vuelta, sólo incorpora la oportunidad ideal para apilar, volcar y desplazarse sobre el trabajo. Este conjunto de tiempos fijos se mantiene constantes desde el inicio de la actividad hasta su término, todas las maniobras que el equipo realiza y la distancia de desplazamiento. Se consideran tiempos fijos al tiempo de emplazamiento, el tiempo de apilamiento y el tiempo de parada y descarga (Salazar, 2017).

Tiempo de transporte

Esta actividad consiste en mover el material comenzando de un punto y luego hacia el siguiente. El tiempo de transporte se caracteriza por tomar en cuenta la pesadez del material, del equipo y estado en el que se encuentra la vía a transitar. En el caso de que no existieran limitaciones de seguridad por circunstancias de trabajo o bienestar, la velocidad del vehículo dependerá de la inclinación de la vía, la calidad y el peso de los herrajes del vehículo y del material que transporta. El tiempo de transporte se considera como:

Tiempo de transporte = Tiempo de viaje de ida + Tiempo de viaje de vuelta

Donde:

- Tiempo de viaje de ida: es el tiempo de movimiento en el que la maquinaria ya apilada recorre desde el área a zona de apilamiento hasta el área de vertido a través de un recorrido determinado.
- Tiempo de viaje de retorno: es el tiempo de movimiento donde la maquinaria ya sin carga va desde la zona de vertido hasta la zona de apilamiento, este tiempo difiere según lo indicado por la distancia.



2.2.15. Sistemas de izaje en minería subterránea

Los sistemas de izaje son empleados cuando los accesos a las estructuras mineralizadas no son posibles por labores horizontales y existe la posibilidad de profundización, de acuerdo a las características del yacimiento y al tamaño proyectado en producción es que se evalúa el tamaño de las labores necesarias para instalar un sistema de izaje para la extracción.

El izaje en minería subterránea será empleada de acuerdo a la profundidad que se desee alcanzar y de las necesidades de cada unidad de operación requiera. Este sistema de extracción será aún más sofisticado por la complejidad del método de extracción. En minería subterránea la ejecución de labores como piques inclinados o verticales son a menudo utilizadas como labores auxiliares, acceso de colaboradores, materiales, extracción de materiales, etc. Generalmente es requerido el izaje como proceso principal para realizar las acciones anteriormente descritas, empleando básicamente una serie de componentes para el fin de transportar (De la Cruz, 2000).

Winche de izaje

Es un equipo que es empleado para las acciones de elevar, descender, propulsar o jalar una determinada masa, la capacidad y dimensiones del winche de izaje se determinan a partir de evaluaciones técnicas y de acuerdo al reglamento de seguridad vigente, tiene la característica de ser similar a los ascensores cuando se utiliza en piques verticales (Compumet, 2006).

Motor de winche

Es el dispositivo que transmuta la energía eléctrica o neumática en energía mecánica que permite el arrollamiento de la maquinaria de izaje, este dispositivo es seleccionado en base a los requerimientos y características físicas de cada labor minera.

El cálculo de la fuerza del motor de la máquina elevadora es la regla principal que hay que ver en el plan del marco de elevación. Hay dos grupos fundamentales a elegir el equipo requerido para izaje entre ellos se tiene los sistemas de tambores y sistemas de polea *koepé* (ETSIM, 2007).

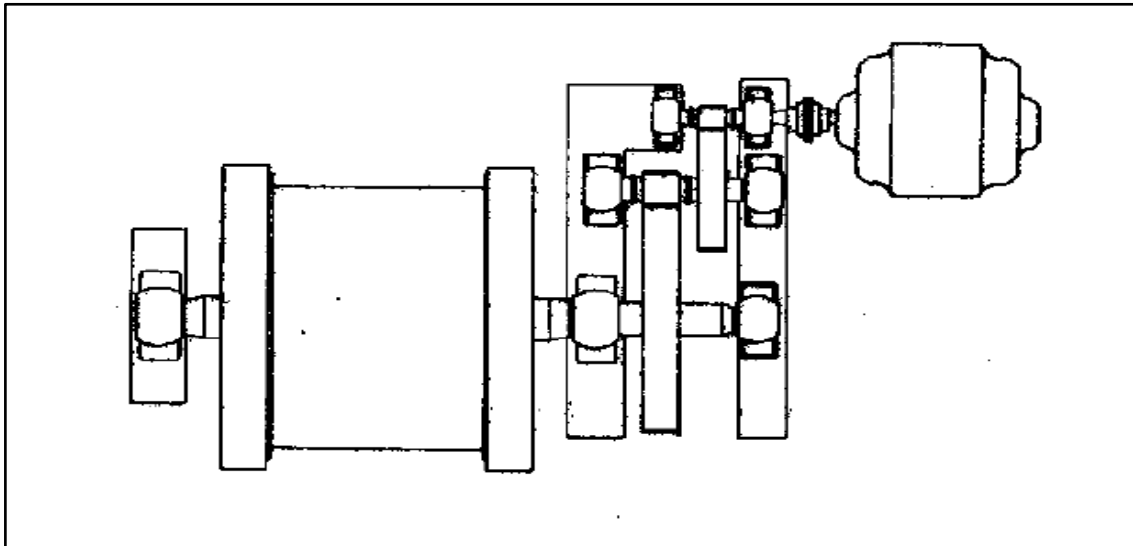


Figura 2. Equipo de izaje de tambor único

Fuente: ETSIM, 2007

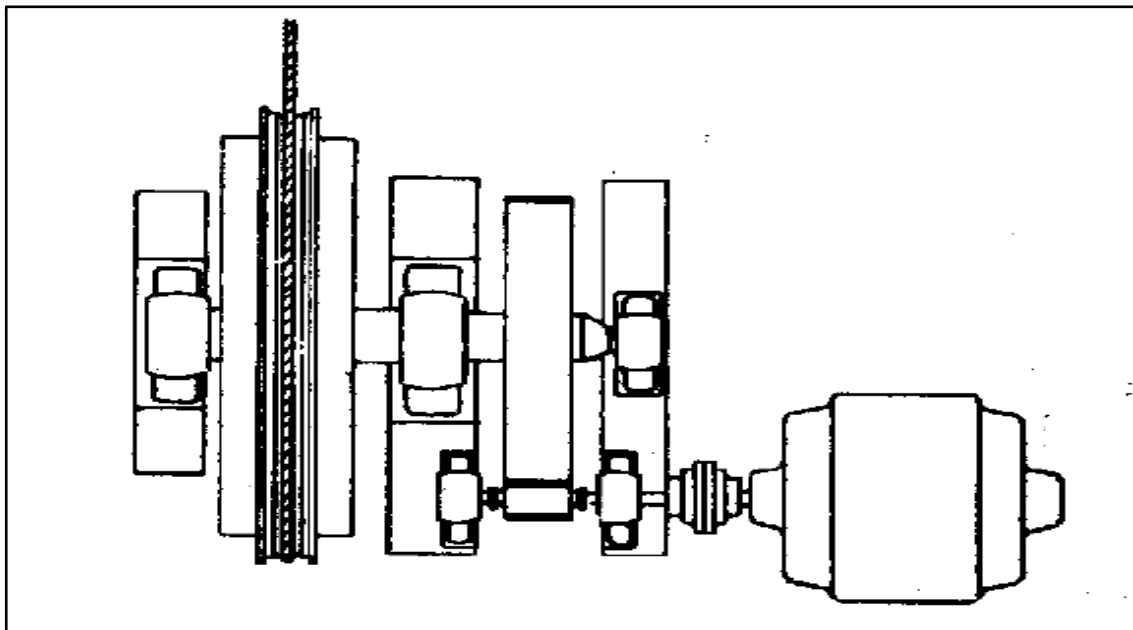


Figura 3. Polea *koepé*

Fuente: ETSIM, 2007



Tambora de winche

La tambora es un elemento metálico utilizado para el arrollamiento de cable utilizado en el izaje, las dimensiones que se puedan emplear son determinadas respecto a los cálculos previos visualizando las características físicas donde se desarrollara los trabajos, la tambora y el elemento a enrollar son determinados bajo los reglamentos establecidos en la legislación de seguridad en el trabajo de cada país (Medina, 2017).

Sistema de seguridad de izaje

Los sistemas de seguridad son dispositivos que actúan en casos de emergencia en el proceso de izaje ante fallas en la fuente de fluido eléctrico, cortes de energía, aceleración repentina entre otros percances que puedan generar accidentes laborales, estos dispositivos son obligatorios bajo reglamento en seguridad minera.

Palanca de control de winche

Es el elemento que controla el manejo del equipo de izaje, regula el encendido, paralización y velocidades empleadas en la labor de izaje, el operador es el único responsable del correcto manejo del equipo.

Cable de izaje

Es el elemento utilizado para el izaje de jaulas o skips, el cable de izaje puede ser empleado en los tipos de izaje por arrollamiento en tamboras o poleas de fricción, estos son seleccionados de acuerdo a cálculos efectuados en conjunto con los equipos de izaje. La son elaborados en alambres de diferentes materiales o combinados como el aluminio, acero y entre otros, la variedad de cables puede ser elaborados de acuerdo al material del alma que se ha de colocar y de acuerdo al tipo de torcedura definida:

- Regular: Los torones que forman la estructura del cable están enrollados en dirección contraria a los alambres que conforman los torones, son poco



resistentes a la fricción y desgaste, pero renuencia a las deformaciones y aplastamiento.

- Tipo Lang: Tanto como los torones y los alambres están enrollados en el mismo sentido de dirección, son altamente resistentes al desgaste y abrasión con gran flexibilidad siguiendo las especificaciones de uso.

Estructura de Cables de Izaje

El núcleo o alma es el soporte del cable en conjunto con los alambres y torones que están arrollados en su contorno. El núcleo como tal es fabricado de distintos materiales de acuerdo a la labor en la se va emplear, el acero o la fibra son los materiales más generales teniendo características específicas que determinan la finalidad de su utilización (Compumet, 2006).

Se utiliza el núcleo de acero para trabajos en que el cable está expuesto a situaciones donde las condiciones de temperatura son altas y otras estructuras de núcleo sufriría daños irreparables además de su resistencia al aplastamiento. El núcleo o alma de acero dependiendo de la estructuración proporciona un 10% de resistencia a la ruptura aproximadamente.

Torones o Cordones de cable de acero

El torón se denomina al entrelazado de hilos de acero de un determinado diámetro, estos hilos también denominados alambres se enlazan para poder conformar un torón o cordón el cual es uno de los pilares del cable de acero, el torón se singulariza por el núcleo o alma a enrollar, la dirección de enrollado, numero de hilos o capas. El torón se caracteriza por el número de alambres y el gradual número de capas que son elementos de cubierta para el alma. Los tipos de torón que se tienen son los planos, redondos, ovalados y triangulares (ETSIM, 2007).

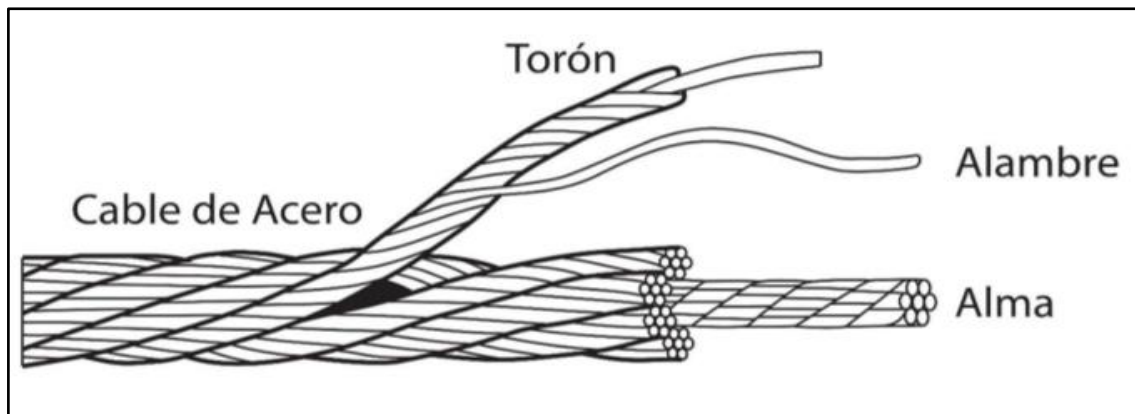


Figura 4. Estructura del cable de acero

Fuente: Compumet, 2006

2.2.16. Componentes de un sistema de izaje

Medina (2014) para el diseño de un sistema de izaje en minería es necesario una basta información de elementos y parámetros que puedan dar pie a una ejecución material, entre ellos se tiene:

- Plano preliminar de izaje.
- Gradiente del pique o inclinado.
- Peso nominal de la carga.
- Peso nominal del skip, jaulas y equipos.
- Peso, diámetro y longitud del cable.
- Longitudes de labores.
- Dimensiones de la tambora.
- Peso efectivo del tambor, engranaje y poleas para un radio indicando del EEW.
- Capacidad de izaje.
- Peso de los elementos de carga.
- Ciclos de maniobra.



Los parámetros mencionados son base fundamental para un análisis de factibilidad de un sistema de izaje, de acuerdo a la evaluación de los componentes mencionados se determinará, si se opta por un sistema de izaje con tambora de arrollamiento o sistema *koepe* en una determinada unidad minera (Llanque *et al.*, 1999).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Acarreo de material

Se define como al desplazamiento de material en un recorrido reducido, este proceso tiene varios puntos de acción, frecuentemente se llevarán a cabo en los frentes de explotación y alrededores.

Accesos mineros

Son labores mineras subterráneas que brindan acceso y facilita la explotación de zonas mineralizadas, las galerías, piques, rampas, chimeneas entre otros son las labores que se denominan como acceso.

Ciclo operativo

Se denomina ciclo operativo al conjunto de tareas que al ser recurrentes en su función conforman tareas cíclicas, el ciclo operativo rige una actividad definida en estándares y proyecciones.

Diseño de labores

Es parte de las actividades principales en la elaboración de un estudio técnico económico de una unidad minera, en esta actividad se determinan las dimensiones, ubicaciones, entre otros aspectos de las diferentes labores de acuerdo al método de explotación que se emplea.



Echadero de material

Es una labor minera subterránea de orientación vertical o inclinada que es utilizada para evacuar, almacenar, distribuir material producido, entre mineral o desmonte de un nivel superior a otro inferior.

Explotación minera

Es el conjunto de actividades que al ser ejecutadas permite la extracción de materiales con valor económico de una mina, se pueden clasificar en explotación minera a cielo abierto o subterránea.

Mejoramiento de proceso productivo

Es un conjunto de análisis continuo y estructurado de todas las fases de un proceso productivo a fin de identificar, evaluar, analizar, perfeccionar y medir operaciones específicas con la finalidad de realizar los ajustes necesarios para mejorar dicha operación.

Mina

Es el compuesto de labores realizados con el fin de extraer minerales de un yacimiento.

Mineral

Elemento o sustancia homogénea originada por un proceso geológico natural con composición química y propiedades físicas determinantes en su valor.

Operación unitaria

Se define como operación unitaria a la acción de un proceso productivo que tiene características medibles propias.



Producción de mineral

Es la cantidad de material económicamente rentable en unidad de peso extraído de las labores operativas de una determinada unidad minera, el material denominado estéril también es considerado como producto de labores mineras pero estimado en cantidad de volumen.

Productividad

Se define como la capacidad de producción por unidad de tiempo de trabajo, donde se puede definirla como positiva, equilibrada o negativa.

Tiempo

El tiempo es la dimensión física que permite el cálculo de duración de periodos, este permite poner un orden a los sucesos que acontecen determinado un antes y después a partir de un espacio único, a estos de les denomina pasado, futuro y un conjunto de sucesos que no son pasados o futuros.

Transporte de mineral

Proceso por el cual se dispone al traslado de mineral desde un punto de origen hacia un punto determinado a fin de efectuar procedimientos de recuperación metálica.

Yacimiento

Acumulación natural de material rocoso en combinación de elementos químicos económicamente rentables, donde se puede establecer actividad minera.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El proyecto se desarrolló en la Minera Vicus S.A.C., el cual está ubicado aproximadamente a 190 kilómetros al noroeste de la ciudad capital Lima, está integrado políticamente al centro poblado de Las Minas, en el distrito de Supe, de la provincia de Barranca, región de Lima, las coordenadas en la que se ubican son:

Coordenada Este	: 229 856
Coordenada Norte	: 8 794 446
Cota (m.s.n.m.)	: 520
Sistema de coordenadas	: WGS 84 UTM Zona 18S

3.2. ACCESIBILIDAD

La ruta que permite llegar al área de estudio inicia de la ciudad de Lima siguiendo el trayecto de la carretera asfaltada Panamericana Norte hasta llegar al distrito de Supe, de este último punto se sigue el trayecto hacia el pueblo de Caral por medio de una carretera afirmada continuando este hasta llegar a la minera por medio de una trocha carrozable.

Tabla 3

Vías de acceso al área de estudio

Localidad	Km.	Vía de acceso	Recorrido
Lima - Supe	155	Asfaltado	3 horas
Supe - Caral	36	Carretera afirmada	40 minutos
Caral - Minera Vicus S.A.C.	4	Trocha carrozable	15 minutos
Total	195		3 horas 55 minutos



3.3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1. Tipo de investigación

La presente investigación, es de tipo cuantitativo, conocido como investigación cuantitativa, ya este enfoque emplea la recopilación y estudio de datos con el fin de dilucidar preguntas de una determinada investigación y comprobar las hipótesis planteadas en un inicio, mediante la medición, registro y el uso de herramientas estadísticas para realizar las comparativas y variaciones del comportamiento de los datos de una investigación (Hernández, 1988).

3.3.2. Diseño de investigación

La investigación asumió el diseño pre experimental bajo una pre medición y post medición en un solo grupo, ya que se realizó una medición de las características extractivas del Nivel -120 previo al tratamiento experimental, a continuación, se instaló la propuesta experimental, ya finalizado se realizó una medición posterior al tratamiento experimental (Hernández, 1998).

La metodología para desarrollar la investigación, ha consistido en su etapa inicial en la recolección de datos respecto al tiempo de ciclos de extracción, la capacidad extractiva de cada uno de los niveles de extracción principalmente en el Nivel -120, en un periodo de 20 guardias antes de efectuar algún cambio describiendo las características propias de cada nivel de extracción, para su posterior análisis hacia la identificación de las deficiencias que acurren en cada uno de los niveles y encontrar cuales son los factores que generan estas deficiencias o problemas propiamente dichos. Determinados los factores negativos y por medio del tipo de investigación que se utilizó, el objetivo fue resolver estas situaciones adversas que se presentaron en el área de estudio mediante la ejecución e implementación de un nuevo diseño de extracción en el nivel de estudio, ya



establecido, se realizaron mediciones en un periodo de 20 guardias, respecto a la eficiencia en términos de tiempo de ciclos de transporte y producción en número de carros mineros extraídos por guardia, para el respectivo análisis comparativo con enfoque hacia los objetivos planteados y efectuar la validez de las hipótesis establecidas.

3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS

OBJETIVO N° 1

Incrementar la eficiencia del sistema de transporte de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

Para el incremento de la eficiencia del transporte de mineral se ha analizado las condiciones las labores, los equipos de extracción y tiempo de ciclo de transporte, posteriormente en base a los aspectos analizados se propuso un nuevo diseño de extracción que consistió de la ejecución del Crucero 1512V su diseño, plan de minado, periodo de preparación y los costos de su realización, además del equipamiento, considerando el cálculo de cable de acero, tambor del winche, potencia del motor de winche.

La valoración del incremento de la eficiencia del transporte se basó en el análisis de las mediciones tomadas antes y después de instalado el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120, considerando el tiempo de neto de extracción respecto al tiempo total de trabajo, expresado en porcentaje.

OBJETIVO N° 2

Incrementar la producción de mineral mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

Para evaluar el incremento producción de mineral, se analizó la capacidad de extracción en (t) antes y después de instalado el nuevo diseño de extracción,



posteriormente en base a los datos obtenidos y realizando las comparativas estadísticas, se determinó los resultados que permitieron llevar a cabo la contrastación de la hipótesis planteada.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Al ejecutar el presente trabajo de investigación fue necesario considerar el universo de la investigación y una parte representativa de ese universo que constituye la muestra. En este trabajo se utilizó el método de muestreo no probabilístico en el cual el procedimiento de muestreo no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador y la muestra seleccionada obedecen a criterios propios del investigador (Gomez, 2012).

3.5.1. Población

La población se refiere al universo, conjunto o totalidad de elementos sobre los que se investiga o hacen estudios (Hernández, 1998). La población considerada para el estudio de investigación se constituyó por las labores subterráneas utilizadas en el transporte de material de la empresa Minera Vicus:

- Nivel 0: nivel principal de transporte convencional mediante izaje por pique vertical hacia la superficie.
- Nivel -60: nivel de transporte convencional mediante izaje por labor inclinada hasta el Nivel -120.
- Nivel -120: nivel de transporte convencional mediante izaje por labor inclinada hacia el Nivel -180.
- Nivel -180: nivel inferior en inicios de explotación.

3.5.2. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población o universo, sobre el cual se recolectarán los datos respectivos y se efectuarán acciones a fines del investigador (Hernández, 1998). Estos datos fueron recolectados en un periodo de 20 guardias antes y después del proceso de instalación del nuevo diseño de extracción.

- La muestra considerada es el Nivel -120 de la empresa Minera Vicus, ya que es en este nivel donde más se enfocó los criterios de la investigación.

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.6.1. Variable independiente

Nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

3.6.2. Variable dependiente

Mejoramiento del sistema de transporte de mineral en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

Tabla 4

Operacionalización de variables

Variable	Descripción	Indicadores	Valoración
<i>Variable independiente</i>	Nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.	- Diseño - Sección de labor - Materiales y equipos	- m ² - US\$/m - US\$/und
<i>Variable dependiente</i>	Mejoramiento del sistema de transporte de mineral en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.	- Eficiencia - Ciclo de izaje - Producción	- % - ciclo/min - t/guardia

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los métodos o técnicas de investigación cuantitativa son los dispositivos y estrategias accesibles a los investigadores, que les permiten obtener información y guiar el camino de la clasificación de la información (Arias, 2020).



La técnica de recolección de datos fue por medio de la observación directa de los procedimientos y ciclos de trabajo concerniente a las operaciones de transporte y extracción en los niveles donde se efectúan estas labores, todo esto se desarrolló en el área de estudio donde se realizó el seguimiento y la medición de los elementos necesarios para la presente investigación.

3.7.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son aplicados tanto a la población o la muestra y utilizados según la necesidad del investigador, una investigación o estudio debe tener no menos de un procedimiento y un instrumento, de acuerdo a la magnitud y el tiempo puede tener más de uno (Arias 2020).

Los instrumentos de recolección de datos para la investigación fueron:

- Datos de las características de la extracción, transporte y labores que comprende estas operaciones desde el nivel superior hacia el nivel inferior (en la Tabla 5).
- Reporte de tiempos del ciclo total de extracción (componentes del ciclo total de izaje desde punto inferior – punto superior). (Ver Tabla 7, Tabla 10, Tabla 13 y Tabla 27).
- Características de izaje con el winche neumático en contraste con el izaje con winche eléctrico en el Nivel -120.
- Reporte de datos del tiempo de acarreo y extracción en el Nivel -120.
- Reporte de tiempo del ciclo total de extracción ya aplicado el nuevo diseño de extracción (Ver Tabla 27).
- Reporte de producción antes y después de aplicado el nuevo diseño de extracción. (Ver Anexo C y Anexo K)



La toma de datos del diseño implementado, el informe de oficina, los dispositivos utilizados, datos registrados en el área de estudio, permitieron establecer una base hacia los objetivos propuestos en la investigación para poder demostrar la hipótesis inicialmente planteada.

3.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.8.1. Bases de datos

Las bases de datos fueron alimentadas con la información de reportes diarios y mensuales de las operaciones extractiva en el Nivel -120, entre los ciclos de izaje y tonelaje extraído por guardia, y fueron utilizadas respecto a la necesidad de la investigación.

Los procedimientos que se siguió para procesar los datos son:

Primero: obtenidos los datos por observación y registro de los tiempos de izaje, tonelaje extraído y aspectos que generan dificultades en el proceso transporte y extracción (mineral, desmonte y materiales), se proceden a evaluar para luego determinar una posible solución a las dificultades encontradas.

Segundo: se procede al ordenamiento y tabulación de los resultados del registro previo, así obtener resultados previos antes de establecer el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120.

Tercero: en base a los datos obtenidos ya establecido el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120, se procede a elaborar los cuadros y gráficos estadísticos para obtener una comparativa del antes y después.

Cuarto: se aplica la prueba t de Student a los resultados obtenidos antes y después de instalado en nuevo diseño de extracción, así poder contrastar las hipótesis planteadas.



3.8.2. Hojas de cálculo de Excel

Se utilizó esta herramienta para el cálculo y generación de reportes de eficiencia y producción en cada nivel de transporte y extracción tales como:

- Horas muertas en cada nivel de extracción.
- Tiempo promedio del ciclo de izaje en cada nivel de extracción.
- Promedio de ciclos realizados por guardia en cada nivel de extracción.
- Promedio de toneladas de mineral y desmonte extraídos por guardia antes y después de aplicado el nuevo diseño de extracción propuesto en la investigación.

Además de aplicar cuadros y gráficos de barras comparativos entre el anterior diseño de extracción en el Nivel -120 y el nuevo diseño ya establecido en el nivel de estudio, se direccionó los resultados obtenidos hacia su validación.

3.8.3. Graficadores

Se empleó el software de diseño AutoCad para evaluar los planos existentes y determinar una ubicación adecuada de las labores del nuevo diseño de extracción consistente en la ejecución del:

- Crucero 1512V.
- Cámara de winche.

Determinando la dirección, distancias y gradiente, además de la sección del acceso Crucero 1512V que interceptara al inclinado Valeria que es acceso al Nivel -180.

3.8.4. Análisis estadístico

En la presente investigación se aplicó un análisis estadístico inferencial, ya que los resultados obtenidos respecto a la producción de mineral en el área de estudio fueron sometidos a la prueba t de Student para muestras relacionadas por medio del programa



estadístico SPSS, así contrastar las hipótesis planteadas, ya que se realizó mediciones a la muestra en dos tiempos distintos (antes y después).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados se analizaron con el objetivo de evidenciar las diferencias de los componentes del anterior diseño de extracción en el Nivel -120, frente al nuevo diseño instalado, el cual tuvo por finalidad el mejoramiento del sistema de transporte de mineral, considerando los parámetros incluidos en el nuevo diseño. Ya que el ámbito de estudio es desarrollado en el nivel inferior y es necesario detallar la operatividad en los niveles superiores por la repercusión sobre estos.

El diseño de extracción propuesto en el Nivel -120, está en conjunta relación con el método de extracción en conjunto y está direccionado a los requerimientos de explotación, desarrollo de labores de preparación y producción proyectada en los planes mensuales de trabajo.

En la presente investigación fue necesario describir los aspectos más importantes que están en conjunta relación con el área de estudio. Para un mejor juicio de la investigación se realizó una secuencia descriptiva de cada una de las actividades de transporte de material que guardan una estrecha relación con las actividades extractivas en el nivel de estudio.

4.2. OPERATIVIDAD DEL SISTEMA GLOBAL DE EXTRACCIÓN

El transporte de material generado en los distintos niveles de la empresa es extraído mediante un sistema de winches de izaje, los cuales están conectados por labores de desarrollo encarriladas en los niveles principales para el transporte convencional de material generado en las labores de explotación, preparación y desarrollo.

Tabla 5*Niveles principales de extracción*

Nivel	Equipo	Labor de acceso	Distancia (m)
Nivel 0	Winche eléctrico	Pique vertical – Nv.-60	75
Nivel -60	Winche eléctrico	Pique inclinado – Nv.-120	120
Nivel -120	Winche neumático	Pique inclinado – Nv.-180	140

En la tabla 5 se detalla los componentes de extracción existentes en cada nivel principal y la labor de acceso entre los mismos. Las labores de extracción en cada uno de los niveles están integradas de tal manera que deben de cumplir la tarea de transportar el mineral y desmonte producido en los niveles inferiores en dirección a la planta de beneficio y desmontera según sea el caso, además ser vía de acceso de equipos y componentes requeridos para la ejecución de actividades operativas.

4.2.1. Extracción Nivel 0

En el Nivel 0 de la empresa, se cuenta con un winche eléctrico que realiza el izaje mediante un skip de 0,85 m³ de capacidad, implementado con guideras de cable acerado para un izaje relativamente direccionado y seguro.

Tabla 6*Componentes de extracción Nivel 0*

Características de izaje Nivel 0 pique vertical	
Capacidad máxima de izaje	2 000 Kg
Velocidad de izaje	50 m/min
Potencia de motor de winche	30 HP
Diámetro de cable	5/8"

En la tabla 6 se observa los componentes y características del equipo de izaje correspondiente a dicho nivel con el que se transporta el material explotado en los niveles inferiores.

Existe un circuito de comunicación cerrada entre la cámara de winche, Nivel 0, Nivel -60 y la cámara de tolvas neumáticas, para coordinar las tareas entre los niveles que conforman la labor de izaje.

El material izado del Nivel -60 es vertido a unas tolvas americanas de mineral y desmonte respectivamente, que luego son vaciadas a carros mineros U35 los cuales son acarreados por una locomotora de 8 HP hacia exterior mina y depositado en su respectivo lugar de acopio.

En este nivel se han hallado tiempos improductivos por deficiencias operativas de trabajos en los niveles inferiores la labor de izaje se ve interrumpida en lapsos de tiempo concurrentes los cuales son perjudiciales para toda la operación, denominándolo tiempos muerto.

Tabla 7

Tiempo promedio ciclo de izaje Nivel 0

Promedio de ciclo de izaje Nivel 0			
<i>Ciclo de izaje</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Distancia</i>	<i>Velocidad</i>
	min	m	m/s
Descenso de skip vacío	00:02:05	75	0,59
Cargado de skip	00:00:49	-	-
Izaje de skip con carga	00:02:30	75	0,57
Volteo de carga a tolvas	00:00:40	-	-
Total ciclo	00:06:04	150	0,59

En la tabla 7 se determina el tiempo promedio de izaje en dicho nivel correspondiente a 6:04 min. Los tiempos del ciclo de izaje en el Nivel 0, son el promedio general de una serie de toma de datos obtenidos en el transcurso de trabajo de 20 ciclos, ver anexo D.

4.2.1.1. Capacidad de extracción Nivel 0

La capacidad de extracción en este nivel se da en la siguiente expresión:



Capacidad del skip	= 0,85 m ³
Ciclo de izaje	= 6 min
Horas/guardia	= 8 horas
Ciclos por hora	= $\left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ ciclo}}{6 \text{ min}}\right)$ ciclos/hora
Ciclos por guardia	= 8 h * 10 ciclos/h
Ciclos por guardia	= 80 ciclos/guardia

La capacidad de extracción en toneladas durante el periodo de una guardia de 8 horas efectivas de trabajo se determinará respecto al desmote, por tener un factor o coeficiente de esponjamiento más alto al de mineral, con la siguiente expresión:

Valores de desmote:

Densidad de desmote: 2,47 t/m³

Coeficiente de esponjamiento: 50 %

Coeficiente de llenado de skip: 90 %

$$C = \frac{0,85 \text{ m}^3 * 2,47 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} * 0,90}{(1 + 0,5)} = 1,26 \text{ t}$$

Tonelaje extraido por guardia:

TEG = 1,26 t/ciclo * 80 ciclos/guardia

TEG = 100,8 t/guardia

La capacidad de extracción por guardia obtenida es un dato ideal, descartando posibles fallas, inconvenientes que retrase la actividad de izaje.

4.2.1.2. Eficiencia del transporte Nivel 0

La eficiencia del transporte de mineral y desmonte en el Nivel 0 se determinó mediante el reporte de extracción de 20 guardias evaluado en tiempo efectivo de trabajo y tiempo total de trabajo, ver anexo A.

El reporte registrado nos brinda información estimada en el ciclo de extracción del Nivel -60 al Nivel 0. El material que es izado ya sea mineral o desmonte son provenientes de trabajos de explotación en los tajos 5133, 5150 y Sn 3VS del Nivel -60, también es incluido el material producido en el Nivel -180 ya sea de las labores de preparación y explotación tales como GL 5346S, GL 5346N, Cx 5338W entre otras labores.

$$\text{Eficiencia de transporte (\%)} = \frac{\text{tiempo neto de extracción}}{\text{tiempo total de trabajo}} = \frac{106,54 \text{ h}}{160 \text{ h}} = 0,66$$

Tabla 8

Distribución de porcentajes de actividades de extracción Nivel 0

Porcentajes de actividades de extracción Nivel 0		
<i>Descripción</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Horas</i>
Eficiencia del transporte	66 %	5,28
Izaje de materiales (madera, rieles, otros)	5 %	0,40
Horas muertas	29 %	2,32
Total	100 %	8,00

Con los resultados de la tabla 8 se pone en evidencia que hay un porcentaje de horas muertas del 29 %, generado por inconvenientes de los niveles inferiores durante el periodo de 20 guardias.

4.2.2. Extracción Nivel -60

En el Nivel -60 se cuenta con un sistema de transporte de material por izaje mediante un pique inclinado de 120 metros, con 38 grados de inclinación hacia el nivel inferior -120.

Tabla 9

Componentes de extracción Nivel -60

Características de izaje Nivel -60 inclinado Principal	
Capacidad máxima de izaje	5 000 kg
Velocidad de izaje	60 m/min
Potencia de motor de winche	50 HP
Diámetro de cable	3/4"

En la tabla 9 se observa las características del equipo de extracción (izaje) correspondientes al Nivel -60, teniendo un equipo de potencia de 50 HP que realiza el izaje de 2 carros mineros U35 a la vez.

El transporte de material en este nivel se realiza mediante un winche de una sola tambora, un cable acerado de 3/4", que en un extremo porta un guardacabo con sus respectivas grapas crosby y un cable acerado de 1/2" el cual cuenta con estrobos en sus dos extremos y son enganchados por grilletes a carros mineros modelo U35, estos son transportados sobre un tendido de rieles a lo largo de todo el inclinado principal, el cual está conectada a la red de línea cauville instalada en cada uno de los niveles principales excepto al Nivel -180, ya que la cámara de winche de dicho nivel está a 13 metros sobre el nivel principal -120.

Tabla 10*Tiempo promedio de izaje Nv. -60*

Tiempo promedio de izaje Nivel -60 inclinado Principal			
<i>Ciclo</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Distancia</i>	<i>Velocidad</i>
	<i>Min</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>
Descenso de carros	00:02:12	120	0,91
Desenganchado	00:00:41	-	-
Llenado de carros	00:02:17	12	-
Enganchado	00:01:12		
Izaje de carros	00:02:45	120	0,75
Cambio de carros	00:00:47	-	-
Total ciclo	00:09:59	255	0,83

Los datos detallados en tabla 10, reflejan el tiempo que toma un ciclo de izaje desarrollando los ítems que componen el proceso obteniendo una media de 9:59 min. dato con el cual se puede estimar la extracción en dicho nivel. Cabe resaltar que el tiempo es el promedio de 20 ciclos, datos obtenidos en función al tiempo del ciclo de izaje del Nivel -60 hasta el Nivel -120, ver anexo D.

4.2.2.1. Capacidad de extracción Nivel -60

El ciclo de extracción es de 10 minutos, idealmente la capacidad extractiva del Nivel -60 se determinaría en el periodo de 1 guardia.

$$\text{Capacidad carro minero U35} = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Ciclo de izaje} = 10 \text{ min}$$

$$\text{Horas/guardia} = 8 \text{ horas}$$

$$\text{Ciclos por hora} = \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ ciclo}}{10 \text{ min}} \right) \text{ciclos/hora}$$

$$\text{Ciclos por guardia} = 8 \text{ h} * 6 \text{ ciclos/h}$$



Ciclos por guardia = 48 ciclos/guardia

Extracción estimada = 48 ciclos/guardia * 2 carros mineros U35/ciclo

Extracción estimada = 96 carros mineros U35/guardia

Para el cálculo de la capacidad de extracción en toneladas se considerará el factor o coeficiente de esponjamiento del desmonte por tener un porcentaje más alto que al de mineral, todo determinado en un periodo de 1 guardia con 8 horas efectivas de trabajo.

Estimación:

- Densidad de material: 2,47 t/m³
- Capacidad de carro minero U35: 1 m³
- Coeficiente de esponjamiento: 50%
- Coeficiente de llenado de carro minero U35: 85 %

$$C = \frac{1 \text{ m}^3 * 2,47 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} * 0,85}{(1 + 0,5)} = 1,40 \text{ t}$$

Debido que el izaje se realiza a 2 carros mineros la capacidad extractiva seria de 2,80 t por ciclo.

Tonelaje extraído por guardia

TEG = 2,80 t/ciclo * 48 ciclos/guardia

TEG = 134,4 t/guardia

Igualmente, los datos obtenidos de la capacidad de extracción por guardia obtenida es un dato ideal, descartando posibles fallas, inconvenientes u otro acontecimiento que retrase la actividad de izaje.

4.2.2.2. Eficiencia del transporte Nivel -60

La eficiencia del transporte de mineral y desmonte en el Nivel -60 se determinó mediante el reporte de extracción de 20 guardias, ver anexo B.

Los datos del reporte de extracción nos brindan información estimada en el ciclo de extracción del Nivel -120 al Nivel -60. El material que es izado ya sea mineral o desmonte son provenientes de trabajos de preparación y explotación en el Nivel -60 y Nivel -180, tales como GL 5346S, GL 5346N, Cx 5338W entre otras labores.

$$\text{Eficiencia del transporte (\%)} = \frac{\text{tiempo neto de extracción}}{\text{tiempo total de trabajo}} = \frac{65,20 \text{ h}}{160 \text{ h}} = 0,40$$

Tabla 11

Distribución de porcentajes de actividades de extracción Nivel -60

Porcentajes de actividades de extracción Nivel -60		
<i>Descripción</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Horas</i>
Eficiencia del transporte	40 %	3,20
Izaje de materiales (madera, rieles, otros)	15 %	1,44
Horas muertas	45 %	3,6
Total	100 %	8,00

Los resultados de la tabla 11, se evidencia un porcentaje de horas muertas de 45%, esto es debido a inconvenientes que ocurren en algunos ítems del proceso de izaje, a continuación, se detallan:

Enganchado de carros minero U35

Se inicia los trabajos de extracción en el Nivel -60, estacionando a pulso 2 carros mineros U35 en la zona de recepción, se procede a enganchar el carro minero más cercano, con el cable del winche mediante un pin de 15/16” de diámetro y los dos extremos del cable de 5/8” con los grilletes de la misma medida. La conexión entre los



carros se realiza mediante dos cadenas de 5/8” y cuatro pines de 15/16” y 3/4”. Verificando el correcto enganchado en los dos puntos se procede a retirar las leonas de seguridad que esta justo antes del punto de quiebre, luego se comunica al personal del nivel inferior que se dará inicio al descenso de los carros

Descenso de carros mineros vacíos U35.

Verificando el correcto enganchado en los dos puntos se procede a retirar las trabas de seguridad que están a 2,5 m del punto de quiebre, luego se comunica al personal del nivel inferior que se dará inicio al descenso de los carros, los cuales confirmaran que la zona esta despejada o no en ese momento.

Desenganchado de carros mineros U35

Ya con los carros en el nivel inferior se procede a desengancharlos, posteriormente son llevados a pulso al crucero principal -120.

Llenado de carros mineros U35

Se procede al llenado de los carros mineros con el material de las chimeneas CH 5182 y CH 5184 las cuales son utilizadas como tolvas de acumulación y tienen un diseño denominado tolvas chinas. Se estaciona el carro a la altura de la tolva, mediante 2 trabajadores se realiza la labor de vaciado ya sea de mineral o desmonte por medio de barretillas de 4, 6 y 8 pies.

Es en este punto donde se genera parte de los problemas que dan origen a la investigación.

Ya que por la ubicación y diseño las tolvas de acumulación se ubican en el trayecto del inclinado principal, el cual hace que el llenado de carros mineros U35 sea un acto inseguro ya que en ocasiones estos se llenan cuando hay trabajos de izaje.



Ya sea por el diseño, granulometría del material o practicas poco atinadas de los trabajadores, el trabajo de llenado de carros en ocasiones resulta dificultosa por los siguientes motivos:

- *Obstrucción de la tolva (campaneo)*. En situaciones adversas donde el material acumulado tiende a quedarse suspendido en la estructura de la tolva, este acontecimiento ocasiona tiempos muertos ya que se tiene que desobstruir la tolva con su respectivo procedimiento (PETS), proceso que paraliza y/o demora el izaje.
- *Exceso de descarga*. Estas situaciones se producen por prácticas realizadas por los trabajadores que, al momento de realizar una apertura en la base de la tolva para poder vaciar el material al carro minero, esta se ve muy agrandada, lo cual produce una caída de material en exceso que sobrepasa la capacidad del carro minero U35 y genera una obstrucción en la línea de rieles parte inferior del inclinado Principal, estas situaciones también generan tiempos muertos por que se paraliza el izaje. Se realiza la limpieza del exceso carga a pulso a otro carro minero.

Izaje de carros mineros llenos U35

Antes del izaje de los carros mineros cargados se debe verificar, que el cable principal este enganchado correctamente a primer carro minero y el enganchado de carro a carro con los accesorios detallados anteriormente, posterior a la verificación se comunicara al operador de winche que puede dar inicio al izaje.

La coordinación entre el Nivel -60 y el Nivel -120 ya sea para dar aviso o alertar se realiza mediante un circuito cerrado de comunicación que están ubicados en lugares estratégicos de cada nivel.

En inspecciones periódicas se detectó cierto deterioro en los redondos que conforman parte de la base de la tolva de la chimenea CH 5184, estos detalles expuestos

y los anteriores hacen que se estudie, evalúe y plantee el rediseño de extracción en este nivel.

4.2.3. Extracción Nivel -120

El transporte de mineral y desmote en el Nivel -120 se realizan mediante el pique inclinado Valeria con longitud de 140 metros y una inclinación de 30 grados, en la parte superior cuenta con una sección horizontal de 2,20 m x 2,20 m por 26,6 m de largo desde el punto de quiebre hasta la cámara de winche neumático, esta área es destinada para la recepción, ver anexo E.

Tabla 12

Componentes de izaje Nivel -120

Características de izaje Nivel -120 inclinado Valeria	
Capacidad máxima de izaje	3 000 t
Velocidad de izaje	30 m/min
Potencia de winche	40 HP
Diámetro de cable	3/4"

En la tabla 12 nos muestra los componentes de izaje del Nivel -120, equipo de menor capacidad que los niveles superiores, por ser un equipo neumático.

El winche neumático fue instalado para los trabajos de preparación y profundización del inclinado Valeria, la cámara del winche está ubicada a 13 metros sobre el Nivel -120 teniendo como acceso una sección de 2,10 m x 2,20 m que intercepta al inclinado Principal, tiene una longitud de 24,45 m hacia la cámara de winche.

Es en este acceso donde se presentaron situaciones que generaron demoras en el transporte de material y en los ciclos de izaje que también dio a lugar a iniciar esta investigación:

Ingreso de materiales

Los materiales necesarios para los trabajos de preparación y explotación eran ingresados por el acceso antes mencionado hasta el área de recepción de izaje. Para poder realizar el ingreso de rieles, redondos, tablas entre otros materiales y accesorios necesarios para los trabajos en el Nivel -180, se tenía que paralizar el izaje en el inclinado Principal, por la ubicación del acceso que se encontraba a la altura de la estocada 5E (ESCM 5167), a 13 metros del nivel inferior del inclinado Principal. Esta tarea no solo generó demoras y tiempos muertos, a la vez fue insegura por realizarse con la calesa (carro minero de carga) suspendida en la vía del inclinado Principal.

Tabla 13

Tiempo promedio de izaje Nivel -120

Promedio de izaje Nivel -120			
<i>Ciclo</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Distancia</i>	<i>Velocidad</i>
	<i>min</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>
Descenso de carros	00:04:09	140	0,51
Desenganchado	00:00:51	-	-
Cambio de carros	00:01:30	18	-
enganchado	00:00:56	-	-
Izaje de carros	00:04:45	140	0,49
Vertido a tolvas	00:00:47	-	-
Total ciclo	00:13:00	295	0,49

Los tiempos referidos en la tabla 13 son el promedio de una determinada cantidad de datos tomados en un periodo de 20 ciclos, con lo cual se puede estimar el número de ciclos que puede ser extraído en una guardia en el Nivel -120, ver anexo D.

4.2.3.1. Capacidad de extracción Nivel -120

Las operaciones se realizan en dos guardias de 12 horas cada una, con un tiempo efectivo de 2/3 del tiempo total por turno.



$$\text{Capacidad de carro minero U30} = 0,85 \text{ m}^3$$

$$\text{Ciclo de izaje} = 13 \text{ minutos}$$

$$\text{Horas/guardia} = 8 \text{ horas}$$

$$\text{Ciclos por hora} = \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{1 \text{ ciclo}}{13 \text{ min}} \right) \text{ciclos/hora}$$

$$\text{Ciclos por guardia} = 8 \text{ h} * 4,6 \text{ ciclos/h}$$

$$\text{Ciclos por guardia} = 37 \text{ ciclos/guardia}$$

Los ciclos de izaje en horas efectivas de trabajo = 37 ciclos/guardia

Es conveniente decir que el resultado es una estimación ideal de los ciclos de izaje por un tiempo de 8 horas efectivas por guardia sin tener alguna dificultad o interrupciones en el proceso de izaje.

Teniendo en cuenta que la capacidad de carga de un carro minero U30 el cual es utilizado en este inclinado es de 30 pies^3 ($0,85 \text{ m}^3$) y un factor de llenado del 80 % por seguridad, teniendo un estimado de 2,4 toneladas de material izado por ciclo.

Tonelaje extraído por guardia:

$$\text{TEG} = 2,4 \text{ t/ciclo} * 37 \text{ ciclos/guardia}$$

$$\text{TEG} = 88,8 \text{ t/guardia}$$

4.2.3.2. Eficiencia del transporte Nivel -120

La eficiencia del transporte de mineral y desmonte en el Nivel -120 se determinó mediante las horas efectivas de trabajo entre el tiempo total destinado por guardia registrados en el reporte de extracción de 20 guardias, ver anexo C.

Los datos del reporte de extracción nos brindan información estimada en el ciclo de extracción del Nivel -180 al Nivel -120. El material que es izado ya sea mineral o

desmante son provenientes de trabajos de desarrollo y explotación de las labores como GL 5346S, GL 5346N, Cx 5338W entre otras labores.

$$\text{Eficiencia del transporte (\%)} = \frac{\text{tiempo neto de extraccion}}{\text{tiempo total de trabajo}} = \frac{96,02 \text{ h}}{160 \text{ h}} = 0,60$$

Tabla 14

Porcentajes de actividades de extracción Nivel -120

Distribución de porcentajes de actividades de extracción Nivel -120		
<i>Descripcion</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Horas</i>
Eficiencia del transporte	60 %	4,80
Izaje de materiales (madera, rieles, otros)	15 %	1,20
Horas muertas	25 %	2,00
Total	100 %	8,00

Con los resultados de la tabla 14 se puso en evidencia de un porcentaje de horas muertas del 25 %, ocasionado por saturación de la tolva de desmante, inconvenientes operativos en el Nivel -180, entre otros.

Se considera un porcentaje de 15 % en el ingreso de materiales y accesorios a fin de estandarizar los tiempos en los niveles -60 y -120.

4.3. PARÁMETROS DEL NUEVO DISEÑO DE EXTRACCIÓN

Para llevar a cabo los objetivos de esta investigación, se propuso un nuevo diseño de extracción en el nivel de estudio, este diseño implicó la realización del Crucero 1512V el cual intercepta al inclinado Valeria e integra el sistema de extracción del Nivel -120 de forma más efectiva al sistema de extracción de los niveles superiores, eliminando el acceso a la cámara de winche neumático y la extracción por las tovas de almacenamiento

CH 5182 y CH 5184. También conllevo a realizar una cámara de winche y la instalación de un winche eléctrico que cumpla con los requerimientos de extracción requeridos.

4.3.1. Diseño de labor de acceso Crucero 1512V.

El diseño propuesto constó de la ejecución de un crucero que intercepta al inclinado Valeria en su misma dirección, pero en el Nivel -120. Este cuenta con labores adicionales para hacer posible la instalación del winche eléctrico, ver anexo F. Para lo cual respecto al plano del Nivel -120 se estableció su ubicación y se determinó la sección.

Tabla 15

Parámetros de diseño de la sección

Labor	Dimensiones			Unidad
	<i>Longitud</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	
Acceso para interceptación	30,30	2,10	2,20	m
Acceso a cámara de winche	10,05	2,10	2,20	m
Cámara de winche	2,60	6,00	2,20	m

En la tabla 15 se observa las longitudes y la sección de las labores necesarias para el nuevo diseño de extracción en el nivel de estudio, determinándose una sección para los accesos de 2,10 m x 2,20 m y una sección de 6,0 m x 2,20 m para la cámara de winche lugar donde se instaló los equipos requeridos para la extracción, las longitudes están establecidas respecto al plano topográfico de Nivel -120.

4.3.2. Plan de minado Crucero 1512V

- Para proceder a iniciar los trabajos en el Crucero 1512V se detuvieron esporádicamente las labores de izaje en el nivel -60, fue necesario coordinar las labores de explotación en el Nivel -180 solo en las etapas de voladura, ventilación y limpieza.



- Como medida de control y seguridad la perforación se realizó previo direccionamiento por topografía de acuerdo al planeamiento realizado en gabinete. La longitud de avance fue de 6 pies por disparo realizado con perforadora jack leg realizando taladros de pre corte en la corona para disminuir el impacto de las vibraciones en la parte superior de la sección.
- Se aplicó voladura con pre corte en cada disparo para poder llevar una sección relativamente estable.
- Por su ubicación dentro de la unidad la ventilación fue natural, teniendo en cuenta los procedimientos establecidos.
- La limpieza se realizó mediante una pala neumática P12AT y carros mineros U35, siguiendo los procedimientos requeridos para un trabajo seguro (PETS).
- La instalación de rieles se realizó de acuerdo al avance lineal considerando la gradiente y la curvatura que a medida del avance se fue conformando.
- Todo el material fue extraído hasta la superficie ya que realizó sobre roca estéril.
- El sostenimiento que se empleó fue de conforme a las propiedades del macizo rocoso, los cuales fueron determinados en gabinete.

4.3.3. Perforación y voladura del Crucero 1512V

En base a las características operacionales de la minera se determinó los valores de los parámetros de perforación y voladura necesarios para el desarrollo del Crucero 1512V para poder estimar el periodo que tomara la realización del acceso en mención.

Tabla 16*Parámetros de perforación y voladura*

Hoja de diseño de perforación y voladura		
<i>Labor</i>	<i>Crucero 1512V</i>	
Tipo de roca	Diorita	Tipo - IIIA
Densidad de la roca	2,47	t/m ³
Ancho de la labor	2,10	m
Altura de la labor	2,20	m
Área	4,34	m ²
Perímetro de la sección	7,91	m
Equipo de perforación	Jack Leg	-
Longitud de barreno	6	pies
Diámetro de taladro cargado	0,038	m
Diámetro de taladro de alivio	0,0635	m
Tipo de explosivo	Semigelatina	65 %
Diámetro de cartucho	0,0254	m
Longitud de cartucho	0,2032	m
Eficiencia de perforación	95	%
Eficiencia de voladura	90	%

4.3.4. Distribución de taladros

De acuerdo a los trabajos circundantes al área donde se desarrolló la labor de interceptación, se tiene un criterio de las características geomecánicas del entorno, es por este motivo por el cual se tomó la decisión de realizar taladros de pre corte en la corona con fines de estabilidad.

El tipo de roca del Crucero 1512V es semidura. teniendo este parámetro se realizó voladura controlada con pre corte utilizando como explosivo dinamita semigelatina 65 %, los accesorios de voladura que se utilizaron son mecha rápida, mecha de seguridad y el fulminante N° 8.

Tabla 17*Distribución de taladros*

Descripción	Numero de taladros	Numero de explo/tal	Numero de explosivos	Semexa 65 % 1" x7"	Distribución (kg)
Arranques	4	7	28	0,102	2,85
Ayudas 1	4	7	28	0,102	2,85
Ayudas 2	4	6	24	0,102	2,44
Producción	4	6	24	0,102	2,44
Corona	4	6	24	0,102	2,44
Alivio corona	5	-	-	-	-
Cuadradores	4	7	28	0,102	2,85
Arrastres	4	7	28	0,102	2,85
Alivio arranque	2	-	-	-	-
Total	35		184		18,72

En la tabla 17 se aprecia la distribución de taladros para la sección del Crucero 1512V, donde se empleará 35 taladros, empleando 2 taladros de alivio con rimadora de 2 ½" para el arranque y 5 taladros de alivio para la corona así realizar la perforación de precorte, con una distribución de carga explosiva de 18,72 kg.

4.3.5. Diseño de la malla de perforación Crucero 1512V

El diseño estuvo basado en los parámetros de una malla de perforación entre ellos el espaciamiento, burden, numero de taladros de producción y de alivio, también se consideró las características geomecánicas de la roca circundante a la ubicación del Crucero 1512V, donde se determinó un numero de 35 taladros perforados incluidos los taladros de alivio de una longitud de 6 pies y de un diámetro de 38 mm, ver anexo G.

4.3.6. Cálculos para la determinar periodo de preparación

Para estimar el periodo de ejecución se realizó el cálculo de longitud de avance mediante la siguiente expresión.

Longitud avance por disparo.



$$L. \text{ avance} = L. \text{ taladro} * E. \text{ voladura}$$

Donde:

Ltal: Longitud de taladro. (m)

Ev: Eficiencia de voladura. (%)

$$L. \text{ avance} = 1,828 * 0,90$$

$$L. \text{ avance} = 1,64 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta que se debe realizar 40,35 m de labores, considerando la sección que requiere la cámara de winche.

Tabla 18

Periodo estimado de desarrollo Crucero 1512V

Preparación	Longitud de avance/guardia (m)	Longitud de labor(m)	Periodo desarrollo
Acceso interceptación	1,64	30,30	19 guardias
Acceso a cámara de winche	1,64	10,05	7 guardias
Cámara de Winche	1,64	6	4 guardias
Total			30 guardias

En la tabla 18, se determinó que el periodo estimado de desarrollo de las labores necesarias para realizar la integración del Nivel -120 al sistema de extracción global es de 30 guardias. Teniendo en cuenta la apertura de la cámara de winche, esta se realizó de acuerdo al direccionamiento hacia el inclinado Valeria.

De acuerdo al avance lineal por guardia se llevó a cabo los trabajos de instalación de rieles y taladros de servicio según fue requerido. Los trabajos de obra civil que se requirieron en la elaboración de la base de soporte del winche en la cámara del mismo, se realizaron de acuerdo al avance y finalización de la labor.

4.3.7. Sostenimiento en Crucero 1512V

El sostenimiento que se aplicó en desarrollo el Crucero 1512V se determinó por medio del análisis de sus características geomecánicas y la evaluación de la clasificación RMR, donde se obtuvo una valoración de 59 correspondiente a un tipo de roca clase IIIA.

Tanto la zona por donde se desarrolló el Crucero 1512V, como la estación de la cámara de winche, roca estéril, la roca circundante en esta labor está conformada básicamente por roca diorita, la que, por sus características físicas, químicas y geomecánica es clasificada como una roca competente, determinado el RMR de valorización 59 se utilizó el ábaco de clasificación de la figura 5.

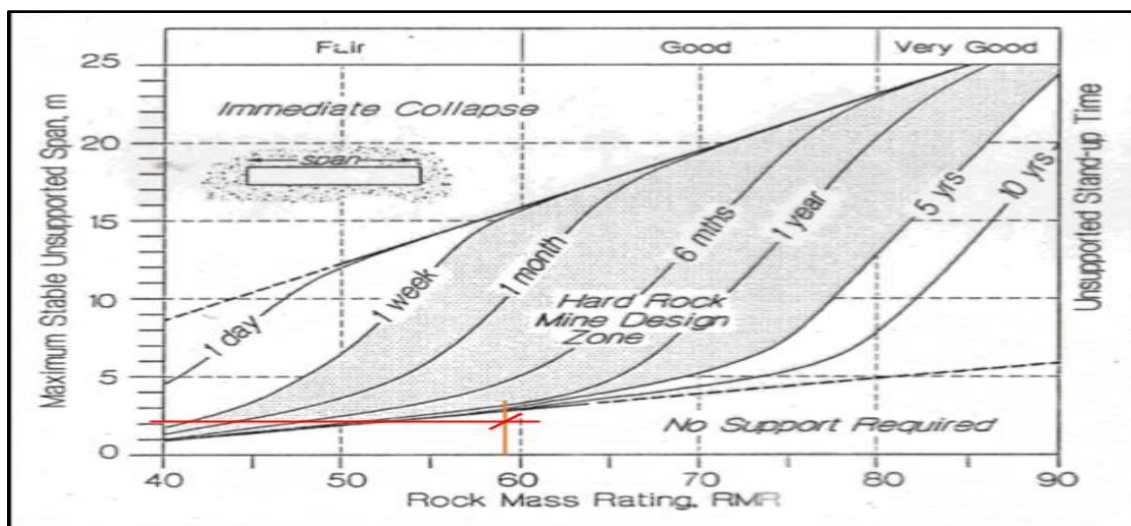


Figura 5. Abaco de clasificación RMR

Fuente: Bieniawski, 1989

Dado que el *span* o abertura máxima de una excavación evalúa la máxima estabilidad sin soporte, en la presente investigación el valor que se utilizó fue el ancho de la sección del Crucero 1512V que es de 2,1 metros donde indica que la labor a ejecutar no sería necesario instalar elementos de sostenimiento. Puesto que la cámara de winche tiene una abertura de mayor longitud se instaló *split sets* de 5 pies aleatoriamente donde se encontró presencia de estratos o cuñas circundantes.

4.3.8. Costos de perforación y voladura del Crucero 1512V

Tabla 19

Estructura de costos de perforación y voladura del Crucero 1512V

Costos de Perforación y Voladura Cx. 1512V							
Descripción de área	Cx – 2,1 x 2,2 m						3,51 kg/t
Limpieza convencional	U35						35
Tipo de roca	Semidura						7
Eficiencia por disparo	90%						184
Avance efectivo	1,64 m						6 pies (1,82 m)
INDICADOR	Cantidad	UNIDAD	% Incid.	P.U. (US\$)	Parcial	SUB TOTAL \$.	TOTAL
a. Mano de Obra							
Maestro Perforista	8,0	h/h	100%	3,79	30,32	26,98	
Ayudante Perforista	8,0	h/h	100%	2,88	23,04	20,51	
Ing. Jefe Guardia	8,0	h/h	13%	3,84	3,99	3,55	
Ing. Geólogo	8,0	h/h	0.4%	12,52	0,40	0,36	
Ing. Seguridad	8,0	h/h	3%	8,42	2,02	1,80	
Bodeguero	8,0	h/h	6%	2,56	1,23	1,09	54,29
b. Implementos y herramientas							
Implementos de Seguridad Normal	2,97	Und	100%	2,12	6,30	5,60	
Implementos de Seguridad Agua	2,00	Und	100%	0,33	0,66	0,59	
Herramientas	5.00%	% mo	100%	73,72	3,69	3,28	9,47
c. Materiales							
Barreno de 4´	135	Pp	100%	0,068	9,18	8,17	
Barreno de 6´	199,5	Pp	100%	0,075	14,96	13,32	
Broca 36 mm	135	Pp	100%	0,03	4,05	3,60	
Broca 38 mm	199,5	Pp	100%	0,055	10,97	9,77	
Aceite de perforación	0,2	Gal	100%	12,86	2,57	2,29	37,15
d. Explosivos							
Semexa 65%	184	unid	100%	0,33	60,72	54,04	
Mecha lenta	91,16	M	100%	0,38	34,64	30,83	
Mecha rapida	5	M	100%	0,09	0,45	0,40	
Fulminate N°8	28	Unid	100%	0,35	9,8	8,72	
Conectores	28	Unid	100%	0,15	4,2	3,74	97,73
e. Equipos							
Compresora	199,5	Pp	100%	0,21	41,895	37,29	
Jack Leg	199,5	Pp	100%	0,11	21,945	19,53	
Ventilador	8,0	h-m	100%	2,27	18,16	16,16	72,98
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS							271,62
GASTOS GENERALES		25 %					67,91
COSTO TOTAL	US\$						339,53
COSTO TOTAL	US\$	ML					226,35

Nota: el Crucero 1512V se llevó a cabo con un costo de 226,35 US\$/m, se ejecutó íntegramente por administración directa de la empresa



En la tabla 19 se determinó el costo total detallado por ítems como mano de obra, herramientas, materiales, explosivos y equipos de la operación de perforación y voladura, determinando un costo total por metro lineal de US\$. 226,35, valor con el cual se realizó la proyección del cálculo del costo total del Crucero 1512V y de la cámara de winche, labores indispensables para el desarrollo del nuevo diseño de extracción en la presente investigación.

4.4. CÁLCULO DE EQUIPO DE EXTRACCIÓN DEL NIVEL -120

Para aplicar el nuevo diseño de extracción fue necesario determinar las características de los equipos requeridos para las operaciones de izaje, ya que se reemplazó el winche neumático por un winche eléctrico. Se realizará el cálculo de ítems de los equipos que nos permita obtener un sistema de transporte óptimo que cumpla con los requerimientos de extracción de la empresa.

Los cálculos fueron realizados en el siguiente orden:

- Pesos de los medios de transporte y el material a transportar.
- Dimensionamiento del cable de izaje.
- Dimensionamiento del tambor de arrollamiento.
- Capacidad del motor en Kw y su equivalencia en HP.

De acuerdo a los parámetros descritos se pudo precisar la potencia del motor eléctrico requerido para el izaje de las cargas disponibles en los tiempos requeridos.

4.4.1. Capacidad de carga

Con la finalidad de transportar materiales entre ellos mineral y desmonte, se utilizaron carros mineros U35 de una capacidad de 35 pies³ de volumen equivalente a 1m³, se realizó el cálculo de la capacidad de carga considerando valores establecidos en la empresa Minera Vicus.



$$C = \frac{Vc * \rho * Fc}{(1 + e)}$$

Donde:

C = capacidad de carga (t)

Vc = volumen carro minero U35 (m³)

ρ = densidad de la roca (t/m³)

Fc = factor de carguío (%)

e = factor de esponjamiento (%)

Asumiremos un porcentaje de humedad de 3% para mineral y desmante.

$$\rho \text{ mineral} = 2,9 \text{ t/m}^3 + 3\% (2,9 \text{ t/m}^3) = 2,98 \text{ t/m}^3$$

$$\rho \text{ desmante} = 2,47 \text{ t/m}^3 + 3\% (2,47 \text{ t/m}^3) = 2,54 \text{ t/m}^3$$

Se considerará un factor de carguío de los carros mineros U35: Fc = 85 %

El Factor de esponjamiento de mineral y desmante (e):

e mineral = 40 %

e desmante = 50 %

Teniendo en cuenta estos datos, se reemplaza y obtiene la capacidad de carga de un carro minero U35.

Mineral:

$$C = \frac{1 \text{ m}^3 * 2,98 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} * 0,85}{(1 + 0,4)} = 1,80 \text{ t}$$



Desmonte:

$$C = \frac{1 \text{ m}^3 * 2,54 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} * 0,85}{(1 + 0,5)} = 1,44 \text{ t}$$

El izaje se realizó a 2 carros mineros U35/ciclo. Es así que:

Peso (tara) de carro minero U35 = 650 kg = 0,65 t

Peso total (Desmonte) = 2(1,44 t + 0,65 t) 4,18 t

Peso total (Mineral) = 2(1,80 t + 0,65 t) = 4,9 t

4.4.2. Características del cable a utilizar

Hay varios tipos de materiales para los cables de acero, pero el acero es el más utilizado en la minería. El diseño o el número y el plan de juego de los alambres del cable depende del uso previsto. Por lo general, se relegará matemáticamente poniendo la cantidad de hebras y la cantidad de alambres por hebra; así, una cuerda de 6 hebras con 19 alambres por cada hebra se conoce como una cuerda de 6 x 19 y una de 6 hebras por 7 alambres por cada hebra es una cuerda de 6 x 7.

Las hebras de estos cables se colocan alrededor de un centro de cáñamo, que tiene la capacidad de absorber y mantener la lubricación y funciona como una almohadilla adaptable en la que se pueden implantar las hebras, evitando así el desgaste por fricción al girar en los tambores del cabrestante.

Los tipos de cable de acero que se utilizan habitualmente para el arrastre son los de cordón redondo o *round strand* los de cordón enderezado o *flattened strand*, los cuales tienen 6 cordones retorcidos sobre un centro de fibra. El cable enderezado o *flattened strand* tiene obviamente un número más prominente de hilos en el contorno externo y de esta manera da una protección mucho más notable contra el desgaste de la superficie.

4.4.3. Cálculo de cable

El cable de acero está sometido a esfuerzos de elongación, presión, torsión, desgaste, enrollamiento de acuerdo al entorno de utilización.

Ya que cada fabricante nos brinda una tabla detallada con las características físicas de los productos, en esta oportunidad se necesitó calcular el esfuerzo estático o carga máxima que ha de soportar el cable de acero y multiplicarla por un coeficiente de seguridad (S).

El valor de $S = 8$ es el mínimo que debe tomarse en condiciones normales. En realidad, un análisis detallado permitiría ajustar el valor (S) de acuerdo con la autoridad minera local, de modo que se establezca un protocolo completo para el control periódico del cable de extracción.

De acuerdo al Capítulo VII, Subcapítulo III y Artículo 306 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, D.S. 024-2016 E.M. modificado por D.S. N° 023-2017 E.M., otorgado a especificaciones de la utilización de cables de acero en minería subterránea para izaje, indica que para esta investigación el valor de factor de seguridad enfocado hacia la rotura fue de 5, por que el cable se utilizó para el transporte de materiales y de mineral o desmonte.

$$R = S * C_{max}$$

donde:

R = es la resistencia a la ruptura

C_{max} = es la carga máxima

La carga máxima C_{max} se obtiene mediante la expresión siguiente:

$C_{max} = C_m + C_u + p_c * L$, en donde:

C_m = carga muerta (jaulas, skips, etc.)



C_u = carga útil (la del mineral, personal, equipos)

p_c = peso por metro de cable. (1,5 kg/m sugerido por proveedor)

L = longitud del cable

Consideraremos solamente al peso del mineral ya que este cuenta con la mayor densidad de los materiales que han de ser transportados.

Carga máxima = 1 240 kg + 2 (1 800 kg) + 1,5 kg/m * 140m

Carga máxima = 5 055,6 kg

Por lo tanto, reemplaza en la ecuación propuesta con un factor de seguridad = 5:

$$R = 5 * 5\,055,6 \text{ kg} = 25\,278 \text{ kg}$$

$$R = 25,2 \text{ t}$$

De acuerdo al cálculo de la resistencia a la ruptura obtenida y ficha técnica de cable de acero 6 x 19 con alma de acero se optará por un cable de diámetro de 3/4" de pulgada (19,05 mm), ver anexo H.

4.4.4. Cálculo del tambor del winche a seleccionar

Obtenido el diámetro d del cable de acero a utilizar en la extracción, la tambora tiene una relación de selección respecto al diámetro d mediante la reglamentación nacional vigente en el D.S. 023-2017 E.M., Art 300 se tiene, el diámetro de la tambora $D > 60$ a 1 cuando el diámetro del cable es de 25 mm o menos y $D > 80$ a 1 cuando el diámetro del cable es más de 25 mm.

Si definimos:

L = profundidad del pozo

D = diámetro de la tambora

G = longitud de la generatriz del tambor

d = diámetro del cable

N = número de espiras enrolladas



Se tiene:

$$N = \frac{L}{\pi * D} + 3 + 3 + 2$$

Ya que además de las espiras activas del enrollamiento, debe contarse 3 espiras muertas adicionales, otras 3 para los cortes de inspección y dos más adicionales de reglamento. Por otra parte:

$$N = \frac{G}{d} - 2$$

Debido a que dejamos al menos un espacio de $(2 \cdot d)$ a ambos lados del tambor.

De aquí:

$$\frac{L}{\pi * D} + 8 = \frac{G}{d} - 2; \text{ operando se obtiene:}$$

$$G = d \left(\frac{L}{\pi * D} + 10 \right), \text{ y } L = \frac{\pi * D}{d} (G - 10d)$$

En caso de que se enrollen n capas de cable obtenemos de forma suficientemente aproximada.

$$L = \frac{\pi * n * D}{d} (G - 10d), \text{ y } G = d \left(\frac{L}{\pi * n * D} + 10 \right)$$

Por tanto, reemplazando en la ecuación presentada:

$$D = 60 * d$$

$$D = 60 * 0,01905$$

$$D = 1,143 \text{ m}$$

En dos capas:

$$G = 0,01905 \left(\frac{180}{2 * 3,1416 * 1,143} + 10 \right)$$

$$G = 0,667 \cong 0,70 \text{ m}$$



$$L = \frac{2 * 3,1416 * 1,143}{0,01905} (0,667 - 10 * 0,01905)$$

$L = 179,63 \cong$ es relativamente aproximado a la extensión del pique inclinado

De acuerdo a los cálculos realizados se optará por un tambor de un diámetro de 1,143 m y el ancho del tambor de 0,70 m.

Contrastando con la legislación de nuestro país mediante el D.S. 023-2017 E.M., la concordancia del diámetro de la tambora y el cable de acero sería de 60 a 1 correspondientemente, asumiendo que el cable de acero es inferior a 25,4 mm, esta relación corresponde a esta investigación por utilizar un cable de acero de 19,05 mm, y es como sigue:

$$\frac{\text{diámetro del cable}}{\text{diámetro de tambor}} = \frac{1}{60} = \frac{19,05 \text{ mm}}{1\ 140 \text{ mm}}$$

En ambos casos evidentemente el diámetro del tambor coincide, se cumple con la reglamentación vigente.

Las características del tambor necesario para las operaciones izaje y transporte en la cámara de winche de este nivel se detallan en la siguiente tabla 20.

Tabla 20
Características del tambor

Características del tambor	Unidad (m)
Diámetro del tambor	1,14
Longitud de la generatriz del tambor	0,70

El cálculo efectuado líneas arriba, son presentados a los proveedores, a fin de corroborar las características de los productos y poder adquirir el equipo que se ajuste a las necesidades de extracción.

4.4.5. Potencia requerida del motor del winche de extracción

El cálculo de potencia del motor del winche es el elemento clave en el sistema de extracción por izaje, la elección del motor dependerá de este cálculo previo, necesariamente se requirió estos procesos para que el sistema de extracción pueda tener una eficiencia en el izaje en todos sus ciclos.

En la figura 6 se muestran la fase de ciclo del motor de winche relacionados a la potencia del mismo, grafico para sistemas con tamboras.

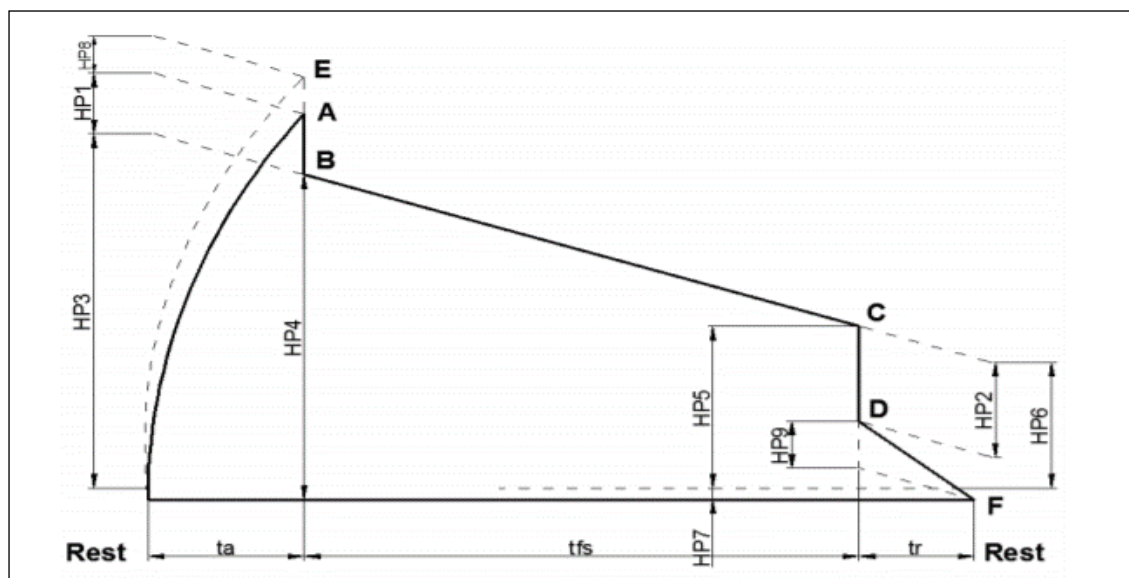


Figura 6. Ciclo de potencia en función del tiempo para un tambor único.

Fuente: ETSIM, 2007

Analizando las figuras se puede deducir que, en el sistema de arrollamiento con un tambor, el par motor o torque decrece constantemente debido a que el cable está siendo enrollado durante la subida del equipo de transporte y en consecuencia disminuye la potencia del motor. Mientras que, en el sistema de fricción con cable de contrapeso, el par motor o torque se mantiene constante y por lo tanto la potencia también.

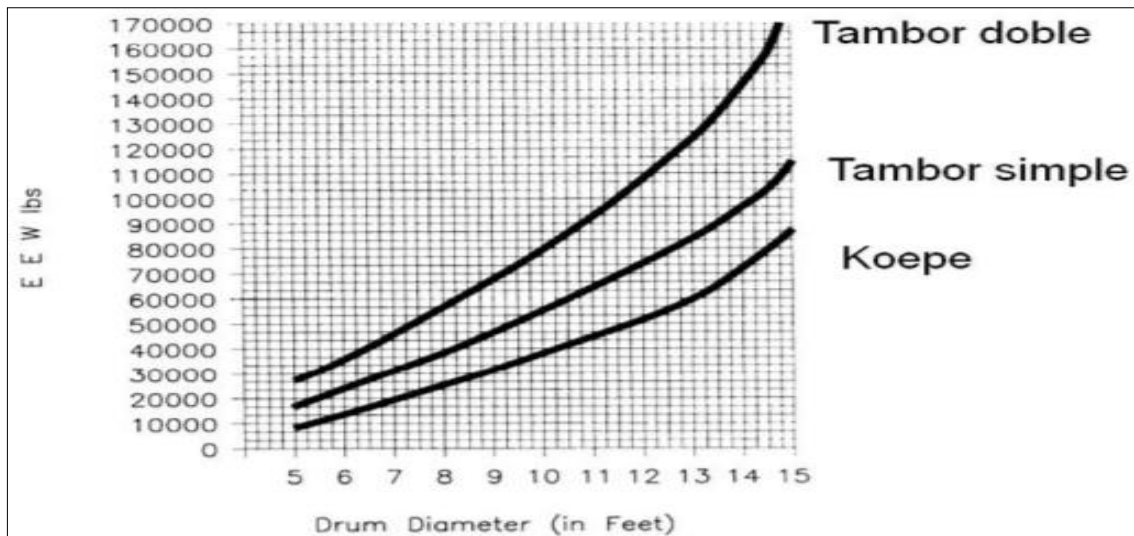


Figura 7. Ábaco para determinar el peso de los componentes giratorios en función del diámetro del tambor.

Fuente: ETSIM, 2007

Para el cálculo de la potencia se utilizaron ecuaciones en los puntos señalados en la figura 6, se determinan ecuaciones en los puntos de A a F en una evaluación de curvas de potencia y tiempo, se tendrá que realizar la resolución de criterios previos.

- *Potencia requerida para acelerar el sistema*

$$HP\ 1 = \frac{TSL * V^2}{ta} \quad (kw)$$

Donde:

ta = tiempo total aceleración, (s)

V = velocidad máxima, (m/s)

TSL = masa total suspendida incluyendo la masa de las partes en rotación que son aceleradas.

$$TSL = EEW + SL + SW + R$$

EEW = peso o masa efectivo equivalente de los elementos giratorios. Se lo puede obtener del ábaco de la figura 7.



SL = peso o masa cargada en el skip, (kg)

SW = peso o masa del skip, (kg)

R = peso o masa del cable, (kg)

- *Potencia o energía recuperada por la red debido a la desaceleración o frenado del sistema*

$$HP 2 = - \frac{TSL * V^2}{Tf} \quad (kw)$$

Donde:

Tf = tiempo de frenado, (s)

- *Potencia de funcionamiento en el fondo del pozo sin aceleración*

$$HP 3 = (SL + R) * V * g$$

Donde:

g = aceleración de la gravedad = 9,8 m/s

- *Potencia de funcionamiento al final del periodo de aceleración al alcanzar la plena velocidad*

$$HP4 = SLB * V * g$$

Donde:

SLB = carga total suspendida en el fondo del pozo al final de la aceleración

$$SLB = (SL + R) - (V * ta * Pc)$$

Donde:

Pc = peso por metro de cable, (kg/m)



- *Potencia de funcionamiento al final de la carrera a plena velocidad*

$$HP 5 = SLT * V * g$$

Donde:

SLT = carga total suspendida arriba al final de la carrera, pero antes del inicio del frenado

$$SLT = (SL - R) + (V * Tf * Pc)$$

- *Potencia de funcionamiento al final de la desaceleración*

$$HP 6 = (SL - R) * V * g$$

- *Factor de corrección de potencia por menor eficiencia del motor y transmisión.*

Se toma una eficiencia de 85%

$$fc = \frac{100 - 85}{85} = 0,176$$

$$HP 7 = SL * V * g * 0,176$$

- *Potencia requerida para acelerar el rotor del motor*

$$HP 8 = \frac{0,6 * A * 0,2}{ta}$$

- *Potencia requerida para frenar el rotor del motor*

$$HP 9 = - \frac{0,6 * A * 1,2}{Tf}$$

Partiendo del gráfico de la figura 6, se obtiene lo siguiente:

Punto A: Pico de potencia durante la aceleración.

$$A = HP1 + HP7 + \frac{HP4 + 2HP3}{3}$$



Punto B: Potencia a plena velocidad al final del periodo de aceleración.

$$B = HP 4 + HP 7$$

Punto C: Potencia en el inicio de frenado.

$$C = HP 5 + HP 7$$

Punto D: Potencia para la desaceleración o frenado.

$$D = HP 2 + HP 7 + \frac{HP5 + 2HP6}{3}$$

Punto E: Potencia total para acelerar el sistema de extracción y el rotor del motor.

$$E = A + HP8$$

Punto F: Potencia total para desacelerar el sistema de extracción y el rotor del motor.

$$F = D + HP9$$

En conclusión, la ecuación final para determinar la potencia RMS del motor eléctrico del winche de extracción será:

- Para motor de corriente continua:

$$RMS (Kw) = \sqrt{\frac{E^2 * ta + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} * Tv + F^2 + Tf}{0,75ta + Tv + 0,75Tf + 0,5 Td}}$$

- Para motor de corriente alterna:

$$RMS (Kw) = \sqrt{\frac{E^2 * ta + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} * Tv + F^2 + Tf}{0,5ta + Tv + 0,5Tf + 0,25 Td}}$$



Donde:

T_v = tiempo a plena velocidad, (s)

T_d = tiempo de parada o descarga, (s)

4.4.6. Cálculo de los parámetros de izaje

Las ecuaciones previas fueron tomadas de (ETSIM, 2007), del apartado de diseño de máquinas de extracción, en base a ello se determinará la potencia requerida del motor del winche respecto a los parámetros ya desarrollados para la extracción por izaje con winche eléctrico en el Nivel -120 de esta unidad minera, ver tabla 21.

Tabla 21

Parámetros para calcular la potencia del motor

Nomenclatura	Cálculo	Valor	Unidad
EWW	Obtenido del Abaco fig. 7	7 257,6	Kg
SL	$1\ 800 * 2$	3 600	Kg
SW	$620 * 2$	1 240	Kg
R	$140 * 1,54$	215,6	Kg
Pc	Peso de cable de 3/4 por m	1,54	Kg/m
V	$0,097 * \sqrt{140}$	1,14	m/s
ta	-	7	s
T_v	$140 - (7 + 7 + 12)$	114	s
Tf	-	7	s
Td	-	7	s
TSL	EWW+SL+SW+R	12 312,2	Kg
L	-	140	m

Aplicando se tiene:

Potencia necesaria para la aceleración del sistema.

$$HP1 = \frac{TSL * V^2}{ta}$$



$$HP1 = \frac{12\,313,2 * 1,14^2}{7}$$

$$HP1 = 2,26 \text{ kw}$$

Potencia o energía recuperada por la red en consecuencia a la desaceleración o frenado del sistema.

$$HP2 = - \frac{TSL * V^2}{Tf}$$

$$HP2 = - \frac{12\,313,2 * 1,14^2}{7}$$

$$HP2 = - 2,26 \text{ kw}$$

Potencia de operatividad al fondo del pique sin aceleración.

$$HP3 = (SL + R) * V * g$$

$$HP3 = (3\,600 + 215,6) * 1,14 * 9,81$$

$$HP3 = 42,67 \text{ kw}$$

Potencia de operatividad al final del periodo de aceleración al alcanzar la plena velocidad.

$$HP4 = SLB * V * g$$

$$SLB = (SL + R) - (V * ta * Pc)$$

$$SLB = (3\,600 + 215,6) - (1,14 * 7 * 1,54)$$

$$SLB = 3\,803,31$$

$$HP4 = 3\,803,31 * 1,14 * 9,81$$

$$HP4 = 42,53 \text{ kw}$$



Potencia de operatividad al final de la carrera a plena velocidad.

$$HP5 = SLT * V * g$$

$$SLT = (SL - R) + (V * Tf * Pc)$$

$$SLT = (3\ 600 - 215,6) + (114 * 7 * 1,54)$$

$$SLT = 3\ 396,68$$

$$HP5 = 3\ 396,68 * 1,14 * 9,81$$

$$HP5 = 37,98\text{ kw}$$

Potencia de operatividad finalizada la desaceleración.

$$HP6 = (SL - R) * V * g$$

$$HP6 = (3\ 600 - 215,6) * 1,14 * 9,81$$

$$HP6 = 97,84\text{ kw}$$

Factor de corrección de potencia por menor eficiencia del motor y transmisión.

$$HP7 = SL * V * g * 0,176$$

$$HP7 = 3\ 600 * 1,14 * 9,81 * 0,176$$

$$HP7 = 7,08\text{ kw}$$

Potencia necesaria para acelerar el rotor del motor.

$$HP8 = \frac{0,6 * A * 1,2}{ta}$$

$$A = HP1 + HP7 + \frac{HP4 + 2HP3}{3}$$

$$A = 2,26 + 7,08 + \frac{42,53 + 2(42,67)}{3}$$



$$A = 51,96 \text{ kw}$$

$$HP8 = \frac{0,6 * 51,96 * 1,2}{7}$$

$$HP8 = 5,34 \text{ kw}$$

Potencia necesaria para frenar el rotor del motor

$$HP9 = - \frac{0,6 * A * 1,2}{Tf}$$

$$HP9 = - \frac{0,6 * 51,96 * 1,2}{7}$$

$$HP9 = - 5,34 \text{ kw}$$

De acuerdo al grafico de la figura 6, se tiene:

Punto A: Punto más alto de potencia durante la aceleración.

$$A = HP1 + HP7 + \frac{HP4 + 2HP3}{3}$$

$$A = 51,96 \text{ kw}$$

Punto B: Potencia a plena velocidad al final del periodo de aceleración.

$$B = HP4 + HP7$$

$$B = 42,53 + 7,08$$

$$B = 49,61 \text{ kw}$$

Punto C: Potencia en el inicio de frenado.

$$C = HP5 + HP7$$

$$C = 37,98 + 7,08$$

$$C = 45,06 \text{ kw}$$



Punto D: Potencia para la desaceleración o frenado.

$$D = HP2 + HP7 + \frac{HP5 + 2HP6}{3}$$

$$D = -2,26 + 7,08 + \frac{37,98 + 2(37,84)}{3}$$

$$D = 42,70 \text{ kw}$$

Punto E: Potencia total para acelerar el sistema de extracción y el rotor del motor.

$$E = A + HP8$$

$$E = 51,96 + 5,34$$

$$E = 57,3$$

Punto F: Potencia total para desacelerar el sistema de extracción y el rotor del motor.

$$F = D + HP9$$

$$F = 42,70 + (-5,34)$$

$$F = 37,36 \text{ kw}$$

Obtenido estos datos previos, reemplazando en las ecuaciones planteadas se tiene:

- Para motor de corriente continua:

$$\text{RMS (Kw)} = \sqrt{\frac{E^2 * ta + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} * Tv + F^2 + Tf}{0,75ta + Tv + 0,75Tf + 0,5 Td}}$$



$$\text{RMS (Kw)} = \sqrt{\frac{51,96^2 * 7 + \frac{49,61^2 + 45,06^2 + (49,61*45,06)}{3} * 114 + 37,36^2 + 7}{0,75(7) + 114 + 0,75(7) + 0,5 (7)}}$$

$$\text{RMS (Kw)} = 45,54 \text{ kw} \approx 60 \text{ HP}$$

- Para motor de corriente alterna:

$$\text{RMS (Kw)} = \sqrt{\frac{E^2 * ta + \frac{B^2 + C^2 + BC}{3} * Tv + F^2 + Tf}{0,5ta + Tv + 0,5Tf + 0,25 Td}}$$

$$\text{RMS (Kw)} = \sqrt{\frac{51,96^2 * 7 + \frac{49,61^2 + 45,06^2 + (49,61*45,06)}{3} * 114 + 37,36^2 + 7}{0,5(7) + 114 + 0,5(7) + 0,25 (7)}}$$

$$\text{RMS (Kw)} = 47,76 \text{ kw} \approx 64 \text{ HP}$$

En base a los resultados de los cálculos previos, se determina la confiabilidad de los resultados para la toma de decisiones aplicando la siguiente expresión:

$$\frac{A}{2} * ta + \frac{B + C}{2} * Tv + \frac{D}{2} * Tf = \frac{SL * \text{profundidad del pique} * 9,81}{0,85}$$

Al operar los resultados anteriores en función de la expresión líneas arriba, debe verificarse que el valor de los resultados debe tener una variación entre 1% a 2% esto indicará la confiabilidad de los cálculos realizados en base al diagrama de la figura 6, donde se representa el desarrollo del sistema planteado en comparación de la expresión que toma los valores del peso colgado, multiplicado por la longitud de profundidad del pique entre un factor de eficiencia de 0,85.

Empleando la fórmula de confiabilidad, se tiene:

$$\frac{51,96}{2} * 7 + \frac{49,61 + 45,06}{2} * 114 + \frac{42,70}{2} * 7 = \frac{3\ 600 * 140 * 9,81}{0,85}$$

$$5\,727,5 = 5\,816,75$$

Se obtiene 5 727,5 frente a 5 816,75. La desemejanza tiene un valor de 1,53 %, en consecuencia, al haberse hallado un resultado dentro del margen de error menor a 2 %, indica que se tiene cálculos relativamente correctos.

4.4.6.1. Parámetros de equipos para el nuevo diseño de extracción.

Para el reemplazo de equipos del anterior sistema de izaje que consistía en un winche neumático y carros mineros U30 (equipos de menor capacidad) que eran efectivos en las tareas de preparación y profundización, fue necesario realizar cálculos a fin de facilitar datos de las características necesarias de los equipos a utilizarse en el nuevo diseño de extracción propuesto en la presente investigación.

La propuesta de instalar un sistema de extracción con equipos de mayor capacidad de producción, es con el fin de mejorar las operaciones de transporte de material en el Nivel -120. Las cuales quedan resumidas en la siguiente tabla 22.

Tabla 22

Parámetros para el nuevo sistema de izaje

Parámetros de izaje	
Carga total de izaje	5 055,6 kg
Tipo de cable de acero	6 * 19 alma de acero
Diámetro sugerido de cable con FS=5	3/4" (RR=23,75 t)
Diámetro de la tambora	1,14 m
Longitud de la tambora	0,70 m
Longitud del cable requerido	180 m
Potencia necesaria del motor de winche (140 m)	60 HP

Teniendo en cuenta todos los parámetros calculados para la implementación del nuevo diseño de extracción en el Nivel -120. Se considero las propuestas técnicas de los proveedores de los equipos y materiales a fin de contar con un sistema de extracción que permita alcanzar los objetivos inicialmente planteados de esta presente investigación.

4.4.6.2. Cronograma de ejecución del nuevo diseño de extracción

La ejecución del nuevo diseño de extracción siguió un cronograma respecto a cada acción que se fue abordando, los cuales fueron graficados en un diagrama de Gantt, donde se observa la secuencia de realización y el periodo en el cual fueron ejecutadas. El proceso de ejecución de la infraestructura y la implementación de todo el diseño de extracción tomo un periodo de 90 días, incluido el mes de prueba posterior a la culminación del nuevo diseño de extracción, ver anexo I.

4.4.7. Costos de ejecución e instalación del nuevo diseño de extracción

Para el cálculo de la inversión total del nuevo diseño de extracción en el Nivel - 120, se dividió en los siguientes ítems:

- Infraestructura para el sistema de extracción
- Costo de maquinaria, equipos y accesorios.

A continuación, se detallará cada uno de estos:

Tabla 23

Resumen de costo en desarrollo de acceso para nuevo diseño de extracción

Costo de infraestructura para el sistema de extracción					
<i>Descripción</i>	<i>Cant.</i>	<i>Und</i>	<i>P.U.</i>	<i>P.U./Und.</i>	<i>Valor (\$)</i>
Ejecución de Crucero 1512V Secc. 2,10 x 2,20m	46,35	m	226,35	\$/m	10 491,3
Tendido de rieles a lo largo de Crucero 1512V	30	m	27,33	\$/m	819,9
Armado de plataforma para winche de izaje	1	1	241,00	Und	1 241,00
Instalación y energizado de winche	-	-	-	-	-
Total					12 552,2

En la tabla 23 se detalla que el desarrollo del sistema de extracción tuvo un costo total de US\$. 12 552,2 valor que aborda las labores necesarias para llevar a cabo el nuevo diseño de extracción.

El costo del tendido de rieles incluye en su instalación los durmientes, eclisas, clavos rieleros y todo accesorio necesario para su fin. No se consideró el costo de instalación del winche ya que gran porcentaje esta labor lo realizó el proveedor del equipo, por lo que está labor demando mínimo apoyo y no genero costo.

Tabla 24*Costo en equipamiento*

Costo de equipamiento para el sistema de extracción Nivel -120				
<i>Descripción</i>	<i>Und.</i>	<i>Cantidad</i>	<i>P.U.</i> <i>(\$/und)</i>	<i>Total (\$)</i>
Winche eléctrico 45 Kw = 60 HP	und.	1	22 500	22 500
Carros mineros U35	und.	12	1 500	18 000
Total				40 500

En la tabla 24 se observa los precios de equipos para el sistema de extracción entre el winche eléctrico y los carros mineros U35, haciendo un total de US\$. 40 500. Adicional a este se tiene los precios unitarios de los materiales y accesorios requeridos.

Tabla 25*Costo de materiales y accesorios*

Materiales y accesorios para sistema de extracción Nivel -120				
<i>Descripción</i>	<i>Und.</i>	<i>Cantidad</i>	<i>P.U.</i> <i>(\$/unid)</i>	<i>Total (\$)</i>
Cable eléctrico 440V	m	200	0,9	180,00
Cable de acero flattened strand (19,5 mm)	m	180	5,27	948,60
Pernos Split set de 5 pies (con placa)	und	20	6	120,00
Alcayatas, cancamos, varios	und		500	500,00
Total				1 748,6

El costo de equipamiento, materiales y herramientas para el sistema de extracción en el Nivel -120 fue de US\$. 42 248,6.

En resumen, el costo de total del proyecto se presenta a continuación:

Tabla 26*Costo total del proyecto*

Costo Total del Proyecto	
<i>Descripción</i>	<i>Valor (US\$)</i>
Infraestructura mina Crucero 1512V	12 552,2
Equipamiento	40 500
Materiales y accesorios	1 748,6
Total	54 800,8

En la tabla 26 se determina un costo total del proyecto de US\$. 54 800,8 considerando la infraestructura necesaria, equipamiento y los materiales requeridos para el nuevo diseño de extracción.

Se realizó el cálculo del costo que consta la ejecución e implementación del nuevo diseño de extracción con la finalidad de que la empresa tenga una idea clara de la inversión necesaria hacia la mejora de los procesos de producción, debido al importante flujo económico de la empresa le permitió tener un soporte económico para poder llevar a cabo inversiones en el mejoramiento de procesos extractivos y de procesamiento. La inversión fue asumida directamente por la empresa.

4.5. TRANSPORTE MEDIANTE EL NUEVO DISEÑO NIVEL -120

Ya instalado en nuevo diseño de extracción, realizado las pruebas de izaje y revisados todos los componentes implicados en la labor entre ellos la programación del winche respecto a la velocidad de izaje a fin de emparejar la capacidad de extracción entre los niveles -120 y -60 (ver anexo J), se inició a registrar los datos en términos de eficiencia y producción para contrastar los tiempos operativos del transporte de material y tonelaje extraído por guardia respecto al anterior diseño de extracción.



4.5.1. Secuencia del ciclo de extracción

En este apartado se describe el trabajo que se realizó en el ciclo de extracción. Ya que se han eliminado las tolvas de almacenamiento CH 5182 y CH 5184 del diseño de extracción anterior, además el ingreso de materiales necesarios para los trabajos en el nivel inferior se realizará sin tener la necesidad de paralizar el izaje en el inclinado Principal. El sistema de transporte de mineral y desmonte se divide en el izaje propiamente dicho y la extracción en el Nivel -120 y el Nivel -180.

El ciclo del izaje de mineral y desmonte del Nivel -180 hacia el Nivel -120, se divide en las siguientes actividades.

Descenso de carros mineros vacíos: En la estación superior del inclinado, el operador de winche y su ayudante verifican el estado de los carros mineros vacíos que se encuentran en el tramo de recepción.

Luego, se proceden a instalar el cable con su guardacabo y los estrobos con sus respectivos pines al carro minero más próximo al winche y las cadenas del carro minero siguiente, para que estén listos para ser descendidos, y por seguridad, se debe verificar la correcta instalación de las conexiones retirar las trabas de seguridad e iniciar con el proceso.

Recepción de carros vacíos y transporte en el Nivel -180: Cuando los carros mineros vacíos llegan al punto inferior, el personal encargado retira el estrobo de cable de 19 mm y los pines, para inmediatamente trasladarlos al Crucero 5338, los carros mineros llenos listos para ser izados están ubicados en el área de estacionamiento, estos son empujados hasta el punto de recepción. Se instalan los elementos de sujeción y también se verifica que estén bien colocados; en seguida, se comunican con el nivel superior y el winche procede a izar los carros.

Izaje de carros mineros llenos: El procedimiento de izaje se realiza con un trabajo en conjunto entre el operador de winche y su ayudante, este último como vigía. mediante la verificación constante del izaje en todo el trayecto del inclinado.

Recepción de carros llenos y transporte en el Nivel -120: El ayudante recibe los carros e inmediatamente coloca las trabas de seguridad, se desinstala los elementos de sujeción de los carros mineros y se trasladan al punto de estacionamiento del nivel de recepción del inclinado Principal, de ahí han de traer carros vacíos para reiniciar el ciclo de izaje.

El tiempo que toma este proceso es registrado y procesado para su respectivo análisis.

Tabla 27

Tiempo de ciclo Nivel -120 actual

Tiempo de izaje Nivel -120 inclinado Valeria			
<i>Ciclo</i>	<i>Tiempo min,</i>	<i>Distancia (m)</i>	<i>Velocidad m/s</i>
Descenso de carros	00:02:08	123	1,09
Desenganchado	00:00:34	-	-
Cambio de carros	00:01:30	15	-
Enganchado	00:00:55		
Izaje de carros	00:02:20	123	1,14
Cambio de carros	00:02:10	30	-
Total ciclo	00:09:37	325	1,11

En la tabla 27 se observa que el ciclo de extracción en el Nivel -120 se ha reducido respecto al sistema de extracción anterior de 13:00 min a 9:37 min, esto debido al cambio de winche neumático por uno eléctrico y el recorte de distancia de 140 m a 123 m.

En la figura 8 se observa la comparativa de tiempo de ciclo de extracción (izaje) donde hay una diferencia a favor de 3:23 min respecto al anterior diseño.

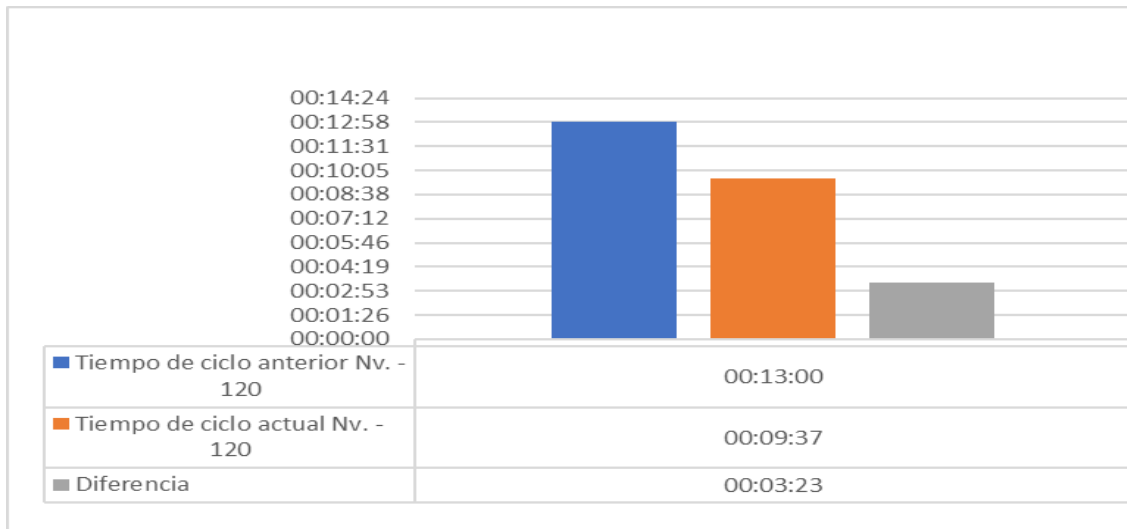


Figura 8. Comparativo de tiempo de ciclo.

4.5.2. Capacidad de extracción mediante nuevo diseño Nivel -120

Determinado el tiempo del ciclo de izaje, se procedió a calcular la capacidad de extracción por guardia del diseño instalado.

Con los datos registrados en un periodo de 20 ciclos se obtiene, ver anexo D.

Ciclos por guardia diseño actual Nivel -120

En una guardia con 8 horas efectivas de trabajo se tiene:

Ciclo de izaje = 9:37 min

Ciclos/hora = 6 ciclos

Horas/guardia = 8 horas

Ciclos/guardia = 48 ciclos/guardia

Se podrán hacer 48 ciclos de izaje en un periodo 8 horas sin interrupciones.

Tonelaje extraído por guardia

El tonelaje extraído se calculará considerando la extracción de 2 carros mineros U35 con capacidad de 1,4 t cada uno.



$$\text{TEG} = 2,80 \text{ t/ciclo} * 48 \text{ ciclos/guardia}$$

$$\text{TEG} = 134,4 \text{ t/guardia}$$

Eficiencia del transporte

La eficiencia del transporte de mineral y desmonte en el Nivel -120 se determinó mediante la medición en unidad de tiempo del reporte de extracción de 20 guardias ya instalado el nuevo diseño, ver anexo K.

Los datos mencionados en el anexo anterior nos brindan información estimada en el ciclo de extracción del Nivel -180 al Nivel -120, el material que es izado ya sea mineral o desmonte son provenientes de trabajos de desarrollo y explotación de las labores como GL 5346S, GL 5346N, Cx 5338W, Sn 5313S, Sn 5313N, Sn 5357S, Sn 5357N entre las principales labores.

$$\text{Eficiencia del transporte (\%)} = \frac{\text{tiempo neto de extracción}}{\text{tiempo total de trabajo}} = \frac{117,43 \text{ h}}{160 \text{ h}} = 0,73$$

La eficiencia del transporte se midió en porcentaje entre el tiempo neto de extracción y el tiempo total de trabajo a fin de establecer los tiempos que cada actividad incluidas las horas inoperativas en la operación de izaje y transporte, ver tabla 28.

Tabla 28

Porcentajes y tiempo de extracción diseño actual Nivel -120

Distribución de porcentajes de actividades de extracción Nivel -120		
<i>Descripción</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Horas</i>
Eficiencia del transporte	73 %	5,84
Izaje de materiales (madera, rieles, otros)	10 %	0,80
Horas muertas	17 %	1,36
Total	100 %	8,00

4.6. INTEGRACIÓN DEL DISEÑO DE EXTRACCIÓN NIVEL -120

La capacidad de extracción en el Nivel -120 estará en conjunta relación con los niveles superiores, reduciendo la cantidad de horas inoperativas (horas muertas) para poder repercutir su mejora hacia el sistema de extracción global.

Dado que se enfocó la explotación de la veta Valeria y Daniela en el Nivel -180, se dispuso del personal necesario a efectos de cumplir con el requerimiento de producción y no saturar la extracción en el Nivel 0.

Tabla 29

Capacidad de extracción global

Descripción	Numero de ciclos por guardia	Toneladas por guardia
Extracción por izaje Nivel 0	80	100,6
Extracción por izaje Nivel -60	48	134,4
Extracción por izaje Nivel -120	48	134,4

En la tabla 29 se detalla la capacidad máxima de extracción en cada nivel, donde se interpreta claramente que el Nivel -120 se alinea a la extracción del Nivel -60 en número de ciclos y toneladas máximas por extraer, además se colmaría la extracción en el Nivel 0, es en este nivel donde se reflejaría aún más la reducción de tiempos improductivos.

De acuerdo al avance de las labores de preparación en el Nivel -180 el tonelaje de desmonte extraído disminuirá considerablemente ya que el método de explotación es de corte y relleno ascendente, con un trabajo de planificación se podrá concordar los 3 niveles de extracción.

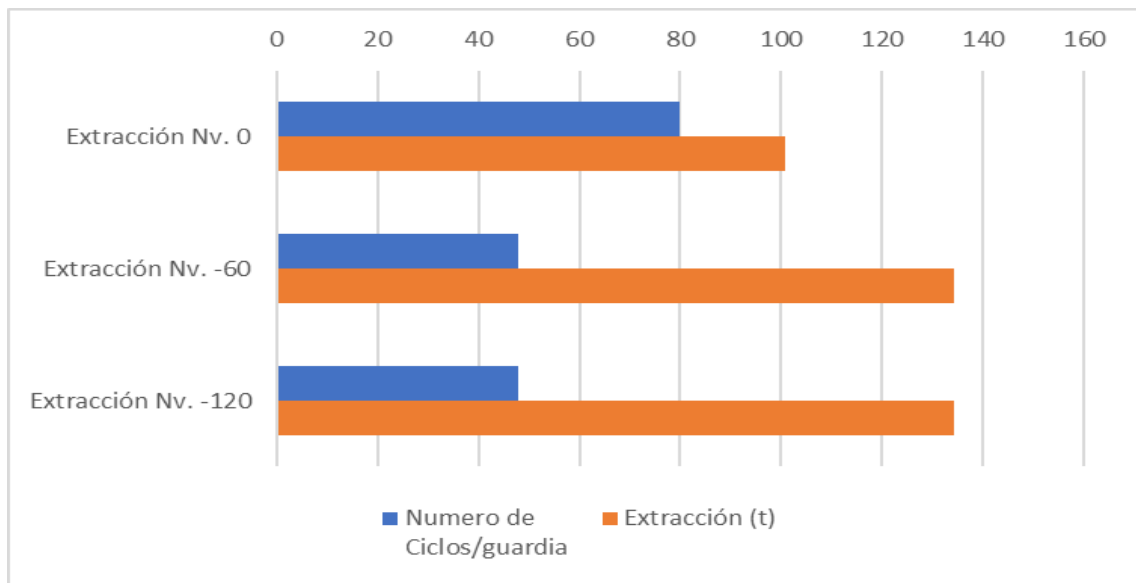


Figura 9. Relación de extracción global.

En el primer mes de prueba específicamente en la de guardia día, dados los datos del anexo K, donde se enfocó los trabajos en el Nivel -180, en la figura 9 refleja la concordancia entre los niveles de extracción, inclusive superando la capacidad del Nivel 0. La extracción en el Nivel 0 se contaría con tiempos improductivos mínimos (horas muertas) esto debido a la proporcionalidad de extracción en los niveles inferiores. Ya que no toda la producción se realizará en Nivel -180, por haber labores en explotación en el Nivel -60 se podrá realizar ajustes en la extracción a fin de no saturar el nivel de menor capacidad.

4.7. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

HIPÓTESIS 1

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la eficiencia del transporte de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

4.7.1. Resultados comparativos de eficiencia

Respecto a lo que concierne a la eficiencia de transporte de mineral del antes y después de instalado el nuevo diseño de extracción, también se consideró la reducción de

horas muertas y el ingreso de materiales, datos recopilados de la tabla 14 y la tabla 28 los cuales están detallados en la tabla siguiente.

Tabla 30

Comparativa de sistema anterior y actual

Descripción	Sistema de transporte anterior	Sistema de transporte actual
Eficiencia de transporte (%)	60	73
Izaje de materiales (%)	15	10
Horas muertas (%)	25	17
Capacidad de extracción por guardia (t)	88,8	134,4

Nota: los datos obtenidos son el producto los cálculos obtenidos del antes y después de implementado el nuevo diseño de extracción.

4.7.2. Interpretación de resultados de eficiencia

La eficiencia de transporte mejoró de 60 % a 73 % con una diferencia de 13 %, debido al mayor empleo de tiempo neto de extracción respecto al tiempo total designado a la extracción mediante el nuevo diseño y su implementación.

Se redujo el porcentaje de tiempo empleado en el ingreso de materiales de 15 % a 10 % debido al nuevo diseño que permitió hacer de las labores de ingreso más directas hacia el punto de izaje en el Nivel -120.

La reducción de horas muertas de 25 % a 17 % fue debido a la reducción del tiempo por ciclo de extracción por la implementación de equipos de mayor capacidad extractiva.

Se mejoró la capacidad de extracción óptima por guardia de 88,8 t a 134,4 t debido al reemplazo de carros mineros U30 por U35, y el aumento de ciclos por guardia por medio del reemplazo del winche neumático por uno eléctrico.

Para ilustración gráfica de los resultados obtenidos se presenta un gráfico de barras en la siguiente figura 10.

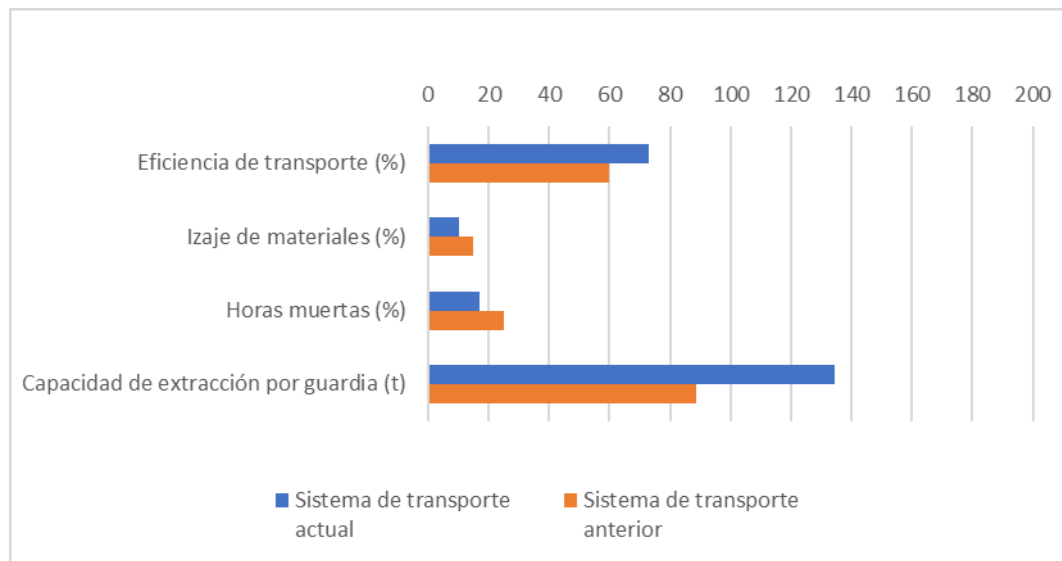


Figura 10. Comparativa de transporte de material actual y anterior.

HIPÓTESIS 2

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la producción de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

4.7.3. Resultados comparativos de producción de mineral

En cuanto a la producción se consideró el número de carros de mineral extraídos en un periodo de 20 guardias específicamente de turno día por ser el turno con mayor representatividad, considerando con mayor realce a la extracción de mineral por ser el material de interés, sin dejar de lado la extracción de desmonte por la necesidad de su remoción. La comparación de resultados obtenidos es respecto a un periodo de 20 guardias específicas antes y después de la instalación del nuevo diseño de extracción, resultados adjuntados de los anexos C y K que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 31*Comparativa de producción actual y anterior*

Descripción	Extracción de mineral (carros U30 - U35)	Extracción de desmonte (carros U30 - U35)	Equivalencia toneladas de mineral (t)	Equivalencia toneladas de desmonte (m ³)
Sistema de extracción anterior	125	820	226,8	697
Sistema de extracción actual	264	1 370	475,2	1 370

Nota: en la equivalencia en toneladas es el producto de la capacidad del carro minero por la densidad de material, factor de esponjamiento y factor de carguío.

4.7.4. Interpretación de resultados de producción

Según el análisis de resultados respecto a producción, en el mes anterior a la instalación del nuevo diseño se extrajeron 125 carros mineros U30 de mineral equivalente a 226,8 t, y en el mes posterior se extrajeron 264 carros mineros U35 de mineral equivalente a 475,2 t, mejorando la producción en 248,4 t adicionales. El resultado de la producción asegura el abastecimiento de mineral a la planta de beneficio.

Capacidad de procesamiento planta 30 t/día

Producción de 20 días (turno día/noche) anexo K.

- 264 carros U35 de mineral turno día.
- 121 carros U35 de mineral turno noche.

Haciendo un total de 385 carros U35 de mineral.

$$\text{producción/día} = \frac{385 \text{ carros} * 1,8 \text{ t/carro}}{20 \text{ días}}$$

$$\text{producción/día} = 34,65 \text{ t/día de mineral}$$

La extracción de desmonte no fue la excepción ya que se extrajeron 820 carros mineros U30 equivalentes a 697 m³ antes de la instalación del nuevo diseño de extracción y posterior a esta, se extrajeron 1 370 carros mineros U35 de desmonte equivalentes a 1

370 m³. La extracción de desmonte del Nivel -180 fue fundamental para que no sea saturado y así realizar las labores de preparación y desarrollo necesarios.

Para una mejor ilustración y comparación se presenta un gráfico de barras en la siguiente figura 11.

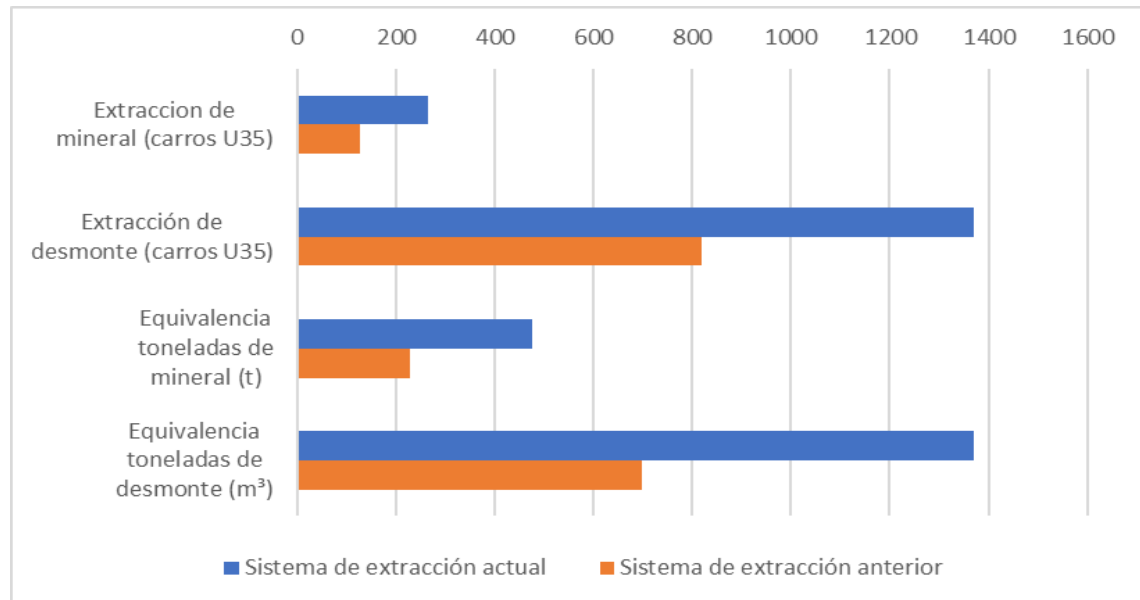


Figura 11. Comparativa de extracción actual y anterior.

4.8. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La prueba t de Student se aplicó por medio del programa *SPSS* a los datos de tiempos de ciclo de transporte y número de carros mineros expresado en (t) antes y después de instalado el nuevo diseño de extracción para la validación de la hipótesis respecto del mejoramiento del sistema de transporte de mineral en términos eficiencia y producción.

Para validar la hipótesis respecto a la eficiencia del transporte se tomaron los datos de 20 medidas de ciclos de transporte antes y después de aplicado el nuevo diseño de extracción, estos datos fueron convertidos de minutos a decimales para la correcta aplicación de la prueba t de Student, ver anexo L.

Hipótesis respecto a eficiencia

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la eficiencia del transporte de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

H0: hipótesis nula $\mu_1 = \mu_2$

Mediante el nuevo diseño de extracción no se incrementa la eficiencia del transporte de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

H1: hipótesis alterna: $\mu_1 < \mu_2$

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la eficiencia del transporte de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

Estadístico de prueba

Nivel de confianza = 95 %

Alpha = 5 % o 0,05

Prueba de normalidad

Si el P-Valor \geq Alpha, se acepta que los datos vienen de una distribución normal.

Si el P-Valor \geq Alpha, se rechaza que los datos vienen de una distribución normal.

Tabla 32

Prueba de normalidad para los datos elegidos respecto a eficiencia

Descripción	Prueba de normalidad					
	Kolmogorov - Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de ciclo anterior	0,210	20	0,021	0,907	20	0,056
Tiempo de ciclo actual	0,171	20	0,963	0,963	20	0,606

La tabla 32 nos indica que los valores de P - valor, de los grupos de datos elegidos efectivamente son mayores al valor Alpha cumpliendo con:

- $0,056 \geq 0,05$
- $0,606 \geq 0,05$

Se acepta que los datos provienen de una distribución normal, y es posible utilizar la prueba t de Student.

Regla de decisión de la prueba t de Student

Si P-Valor \leq Alpha: Se rechaza H_0 , es decir, se acepta H_1 .

Si P-Valor $>$ Alpha: Se rechaza H_1 , es decir, se acepta H_0 .

Tabla 33

Resultados de prueba t de Student obtenidas del programa SPSS

Prueba t de Student para muestras relacionadas							
Media	Desv. tip.	Error tip. De la media	95% intervalo de confianza para la diferencia Inferior	Superior	t	gl	Sig. (bilateral)
3,3805	0,054	0,01221	3,3549	3,4060	27,6758	19	0,000

Los resultados de la anterior tabla 33 muestran el análisis de la prueba t de Student realizados a los datos que se emplearon para tal prueba, respecto a la eficiencia de los ciclos de transporte de mineral y desmonte antes y después de la aplicación del nuevo diseño de extracción en el nivel de estudio, previamente se evaluó la normalidad de los datos para correcta aplicación de la prueba.

Dado al resultado de la prueba t Student se infiere:

- P-Valor \leq Alpha
- $0,000 \leq 0,05$



Dado el resultado el P-Valor (Sig bilateral) es menor al valor Alpha, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna donde valida que:

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la eficiencia del transporte de mineral en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

Hipótesis respecto a producción:

Se realizó la prueba t de Student con muestras tomadas respecto a la extracción en términos de producción de mineral por día en un periodo de 20 guardias antes y 20 guardias después de implementado el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 de la Minera Vicus, datos de muestra tabulados en anexo M.

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la producción de mineral en el Nivel - 120 de la Minera Vicus S.A.C.

H0: hipótesis nula $\mu_1 = \mu_2$

Mediante el nuevo diseño de extracción no se incrementa la producción de mineral en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

H1: hipótesis alterna: $\mu_1 < \mu_2$

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la producción de mineral en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

Estadístico de prueba

Nivel de confianza = 95 %

Alpha = 5 % o 0,05

Prueba de normalidad

Si el P-Valor \geq Alpha, se acepta que los datos vienen de una distribución normal

Si el P-Valor \geq Alpha, se rechaza que los datos vienen de una distribución normal

Tabla 34

Prueba de normalidad para los datos elegidos respecto a producción

Descripción	Prueba de normalidad					
	Kolmogorov - Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Extracción anterior (td)	0,174	20	0,113	0,902	20	0,051
Extracción posterior(td)	0,149	20	0,200	0,928	20	0,139

La tabla 34 nos indica que los valores de P - valor, de los grupos de datos elegidos efectivamente son mayores al valor Alpha cumpliendo con:

- 0,051 \geq 0,05
- 0,139 \geq 0,05

Se acepta que los datos provienen de una distribución normal, y es posible utilizar la prueba t de Student.

Regla de decisión de la prueba t de Student

Si P-Valor \leq Alpha: Se rechaza H_0 , es decir, se acepta H_1 .

Si P-Valor $>$ Alpha: Se rechaza H_1 , es decir, se acepta H_0 .

Tabla 35

Resultados de prueba t de Student obtenidas del programa SPSS

Prueba t de Student para muestras relacionadas							
Media	Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)
	Desv. tip.	Error tip. De la media	95% intervalo de confianza para la diferencia Inferior	Superior			
-15,670	5,063	1,1321	-18,039	-13,304	-13,841	19	0,000



Los datos de la anterior tabla muestran los resultados del análisis de la prueba t de Student realizados a los datos que se emplearon para tal prueba, respecto a la producción de mineral por día antes y después de la aplicación del nuevo diseño de extracción en el nivel de estudio, previamente se evaluó la normalidad de los datos para correcta aplicación de la prueba.

Dado al resultado de la prueba t Student se infiere:

- $P\text{-Valor} \leq \text{Alpha}$
- $0,000 \leq 0,05$

Dado el resultado el P-Valor es menor al valor Alpha, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna donde valida que:

Mediante el nuevo diseño de extracción se incrementa la producción de mineral en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

Se enfocó la validación de la hipótesis hacia los resultados de incremento de eficiencia del transporte de mineral e incremento de producción de mineral en el Nivel -120, por la relación que ejerce sobre la hipótesis general planteada, todo generado mediante el nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 de la Minera Vicus S.A.C.

4.9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación se enfocó en realizar un análisis de la extracción de material generado en interior mina en conjunto con los tres niveles principales de transporte para así tener una idea clara donde es el área que requiere un rediseño para que su proceso operativo obtenga una mejora en su eficiencia y producción y este pueda repercutir sobre los demás, por supuesto considerando las limitaciones de infraestructura ya instaladas. Es así que mediante la metodología aplicada a la presente investigación se determinó la ejecución e implementación de un nuevo diseño de extracción en el Nivel -



120 por ser el acceso principal hacia el nivel que recién se empezó a explotar, el cual mejoró e integró el transporte de mineral y demás materiales de los niveles principales en términos de eficiencia y producción en la empresa. Lo cual concuerda con lo establecido por Diaz (2009), que indica que, la importancia de las operaciones de carga, transporte y extracción es tal, que la producción depende en gran medida de su rendimiento y organización. Por estos aspectos la selección del diseño de extracción más adecuado para cada una las actividades extractivas se convierten en un parámetro fundamental para la mejora de las operaciones de transporte de materiales de una explotación minera.

En la presente investigación mediante la ejecución e instalación del nuevo diseño de extracción en el Nivel -120 se alcanzó una producción de mineral promedio de 34,47 t/día, en comparación con el sistema de extracción anterior donde se producía 18,8 t/día, mejorando el sistema de transporte en tiempos operativos y de producción cubriendo el requerimiento de mineral por la planta de beneficio. Los resultados obtenidos son relativamente comparables a los resultados de Medina (2017), en donde menciona que con su metodología de extracción de mineral mecanizada logró una producción de 37,608 t/guardia en comparación a la metodología de extracción manual que producía 7,19 t/guardia. La similitud de resultados nos indica que con un análisis y una metodología adecuada se logra el mejoramiento de un determinado sistema de transporte respecto a la producción medida en el área de estudio.

En la presente investigación mediante la ejecución del nuevo diseño de extracción y su implementación se ha reducido el tiempo de ciclo de transporte en el Nivel -120 de 13:00 minutos a 9:37 minutos, mejorando el transporte de mineral en términos de eficiencia, no solo en el nivel estudio, también repercutiendo la eficiencia al sistema de extracción global abarcando tiempos improductivos en los diferentes niveles de extracción. Yupanqui (2019), menciona que instaurando nuevo sistema de transporte de



mineral y desmonte el tiempo del ciclo de extracción se redujo de 76:12 minutos a 26:14 minutos, logrando una reducción considerable en el tiempo de transporte. La metodología aplicada en ambas investigaciones consta de la implementación de equipos de mayor capacidad extractiva lo que conlleva a una mejora en los tiempos de transporte por consiguiente sistemas más eficientes y productivos.



V. CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo de investigación se mejoró el sistema de transporte de mineral mediante la ejecución y la implementación del Crucero 1512V en el Nivel -120, incrementando la producción de mineral y la remoción de desmonte en el primer mes de prueba de 226,8 t a 475,2 t y 697 m³ a 1 370 m³ respectivamente.

Mediante la implementación de equipos de mayor capacidad extractiva, se ha incrementado la eficiencia en términos de tiempo neto de extracción sobre el tiempo total de trabajo de 60 % a 73 % en el Nivel -120 que repercute eficazmente en los niveles superiores de extracción disminuyendo considerablemente los tiempos improductivos denominados tiempos muertos de 25 % a 17 %.

Instalado el nuevo diseño de extracción se logró una producción en promedio de 34,47 t de mineral, frente al sistema de extracción anterior donde se producía 18,8 t de mineral, donde la extracción actual está acorde a los requerimientos de la planta de beneficio.



VI. RECOMENDACIONES

Ante los planes de incremento en la capacidad de procesamiento de la planta de beneficio se recomienda ejecutar un diseño de extracción alterno y más directo hacia superficie al ya instalado, para que se pueda cumplir con los requerimientos de mineral a futuro.

Para mantener una eficiencia en el transporte y extracción en el Nivel -120 es recomendable realizar un estudio del plan de minado progresivo de las demás vetas a desarrollar en el Nivel -180, para evitar la saturación de la extracción del material generado en el nivel de producción.

Realizar un estudio para prolongar una producción de mineral relativamente constante para escenarios de déficit de mineral o coordinar la explotación entre los niveles de producción -60 y -180 a fin de mantener un abastecimiento constante a la planta de beneficio.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, S. (2014). *Cálculo de la productividad de equipos de acarreo y transporte – Unidad Minera de Arcata*. [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4033>
- Arias, C. D. L. (2013). *Planeamiento y diseño del sistema de extracción del proyecto de profundización de la U.O. San Braulio Uno*. [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4500>
- Apaza, R. E. (2017). *Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo S.A.C*. [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9400>
- Arrau, J. (2016). *Manual general de minería y metalurgia*. Santiago, Chile: Portal Minero Ediciones. Primera Edición.
- Baldeón Q. Z. (2011). *Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en CIA. Minera Condestable S.A.* [Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/897>
- Cámara Minera del Perú. (2016). *Proceso de extracción de minerales*. Lima, Perú.
- Chugnas, J. C. (2019). *Carguío y Acarreo*. Cajamarca, Perú.
- Compumet, E. (2006). *Sistemas de izaje en minería subterránea piques y winches*. Lima, Perú.
- Condori, R. (2017). *Optimización de la operación unitaria de transporte con la aplicación de estándares de diseño de vías en la unidad Minera Corihuarmi – 2016*. [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5753>
- Cruzat, G. A. (2014). *Carguío y transporte*. Departamento Ingeniería de Minas, Universidad de La Serena, Chile.
- De la Cruz, C. E. (2000). *Seguridad en el manejo y operación de piques*. Lima, Perú.
- Díaz, A. M. (2009). *Carga, transporte y extracción en minería subterránea*. Madrid, España: Septem Ediciones.



- Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. (2007). *Diseño de Explotaciones e Infraestructuras Mineras Subterráneas*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Emprendedor XXI Argentina. (2011). *Artículos relacionados con el Diseño del Proceso Productivo*.
http://www.egestionar.com.ar/pdf/articulos/medicion_de_roi_en_capacitacion
- Gaimes, D. A. (2019). *Optimización del ciclo minado para incrementar la productividad diaria en la cooperativa Minera Limata Ltda*. [Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/1831>
- Gomez, S. (2012). *Metodología de la Investigación*. Tlalnepantla, México: Primera Edición.
- Hernández, R. (1988). *Metodología de la Investigación*. Madrid, España: Segunda Edición
- Hidalgo, B. E. (2016). *Gestión de costos en explotación minera subterránea de la mina La Maná*. [Universidad Central de Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7297>
- Huayta, R. R. (2020). *Mejora del sistema de extracción para reducir el costo en Zona II de la Unidad Minera Yauricocha*. [Universidad Nacional del Centro del Perú].
<http://hdl.handle.net/20.500.12894/6443>
- Llanque, O., Navarro, V., Durant, J., Coila, Y., Calderon, R., Tapia, H., Cuentas, A., & Camac, E. (1999). *Explotación Subterránea - Método y casos prácticos*. Puno, Perú: Editorial UNAP.
- Mayhua, A. & Mendoza, L. (2012). *Optimización del transporte de mineral del Nv, 1070 a superficie de la unidad San Cristóbal. Volcán Cía. Minera S.S.A*. [Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/587>
- Medina, A. A. (2014). *Sistema de extracción de mineral del pique 718 con winche de izaje e incremento de producción en la Mina Calpa*. [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2266>
- Nieto, V. R. (2010). *Análisis de costos comparativo en labores de preparación para la explotación convencional y semi - mecanizada de la Unidad Minera Torrecillas - Cia Minera Mundo Minerales - Arequipa*. [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2183>





- Orosco, G. W. (2010). *Gestión y Mejora del Sistema de transporte de la Minas Milpo S.A.* [Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2176>
- Rubio, E. (2009). *Centro de Tecnología para la Minería*. Universidad de Chile.
- Salazar, I. J. (2017). *Costos de Carga y Transporte en Minería Superficial*. Facultad Ingeniería de Minas, Universidad Nacional de Piura.
- Summers, C. (2006). *Administración de la Calidad*. México: Pearson Educación.
- Tomás, J. & León, C. (2020). *Optimización de costos unitarios en el transporte de mineral y desmonte en la zona Esperanza de la Compañía Minera Raura*. [Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8516>
- Valencia, R. (2018). *Investigación Operativa*. Ecuador.
- Varillas, P & Ochoa, G. (2017). *Evaluación técnico económica del proyecto Pablo en U. M. Pallancata – CÍA. Minera Ares S.A.C.* [Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5073>
- Velarde, C. C. F. (2019). *Construcción del pique inclinado 223 para el incremento de reservas minerales en la veta Paola, Minera Yanaquihua S.A.C. – Arequipa*. [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5716>
- Yupanqui, S. (2019). *Reducción del costo de transporte de mineral y desmonte mediante la implementación del equipo tractor Sonalika en mina la Cima Proyecto Manzanas – Pataz*. [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12647>



ANEXOS

Anexo A. Reporte de extracción Nivel 0

		REPORTE DE EXTRACCION NIVEL 0					
Guardian/Dia	Fecha	DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Skips	TIEMPO TOTAL
		Numero de Skips	Tiempo efectivo de extraccion	Numero de Skips	Tiempo efectivo de extraccion		
1	15/10/2019	51	05:06:00	8	00:48:00	59	05:54:00
2	16/10/2019	47	04:42:00	7	00:42:00	54	05:24:00
3	17/10/2019	42	04:12:00	11	01:06:00	53	05:18:00
4	18/10/2019	50	05:00:00	8	00:48:00	58	05:48:00
5	19/10/2019	49	04:54:00	8	00:48:00	57	05:42:00
6	20/10/2019	47	04:42:00	9	00:54:00	56	05:36:00
7	21/10/2019	53	05:18:00	8	00:48:00	61	06:06:00
8	22/10/2019	50	05:00:00	7	00:42:00	57	05:42:00
9	23/10/2019	42	04:12:00	9	00:54:00	51	05:06:00
10	24/10/2019	44	04:24:00	10	01:00:00	54	05:24:00
11	25/10/2019	36	03:36:00	8	00:48:00	44	04:24:00
12	26/10/2019	53	05:18:00	8	00:48:00	61	06:06:00
13	27/10/2019	47	04:42:00	9	00:54:00	56	05:36:00
14	28/10/2019	42	04:12:00	6	00:36:00	48	04:48:00
15	29/10/2019	51	05:06:00	8	00:48:00	59	05:54:00
16	30/10/2019	54	05:24:00	7	00:42:00	61	06:06:00
17	31/10/2019	38	03:48:00	11	01:06:00	49	04:54:00
18	01/11/2019	44	04:24:00	8	00:48:00	52	05:12:00
19	02/11/2019	48	04:48:00	9	00:54:00	57	05:42:00
20	03/11/2019	47	04:42:00	9	00:54:00	56	05:36:00
TOTAL		935	93:30:00	168	16:48:00	1103	110:18:00

		REPORTE DE EXTRACCION NIVEL 0					
Guardian Noche	Fecha	DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Skips	TIEMPO TOTAL
		Numero de Skips	Tiempo efectivo de extraccion	Numero de Skips	Tiempo efectivo de extraccion		
1	15/10/2019	42	04:12:00	9	00:54:00	51	05:06:00
2	16/10/2019	49	04:54:00	7	00:42:00	56	05:36:00
3	17/10/2019	41	04:06:00	7	00:42:00	48	04:48:00
4	18/10/2019	48	04:48:00	8	00:48:00	56	05:36:00
5	19/10/2019	45	04:30:00	7	00:42:00	52	05:12:00
6	20/10/2019	42	04:12:00	7	00:42:00	49	04:54:00
7	21/10/2019	48	04:48:00	8	00:48:00	56	05:36:00
8	22/10/2019	50	05:00:00	7	00:42:00	57	05:42:00
9	23/10/2019	43	04:18:00	7	00:42:00	50	05:00:00
10	24/10/2019	41	04:06:00	8	00:48:00	49	04:54:00
11	25/10/2019	47	04:42:00	9	00:54:00	56	05:36:00
12	26/10/2019	45	04:30:00	6	00:36:00	51	05:06:00
13	27/10/2019	40	04:00:00	8	00:48:00	48	04:48:00
14	28/10/2019	42	04:12:00	7	00:42:00	49	04:54:00
15	29/10/2019	48	04:48:00	8	00:48:00	56	05:36:00
16	30/10/2019	39	03:54:00	7	00:42:00	46	04:36:00
17	31/10/2019	47	04:42:00	8	00:48:00	55	05:30:00
18	01/11/2019	40	04:00:00	7	00:42:00	47	04:42:00
19	02/11/2019	41	04:06:00	8	00:48:00	49	04:54:00
20	03/11/2019	47	04:42:00	7	00:42:00	54	05:24:00
TOTAL		885	88:30:00	150	15:00:00	1035	103:30:00

Anexo B. Reporte de extracción Nivel -60

Guardia Dia		minera VICUS						REPORTE DE EXTRACION NIVEL -60	
		DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Carros U35	TIEMPO TOTAL		
Fecha	Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción	Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción					
1	15/10/2019	34	02:50:00	7	00:35:00	41	03:25:00		
2	16/10/2019	33	02:45:00	5	00:25:00	38	03:10:00		
3	17/10/2019	38	03:10:00	6	00:30:00	44	03:40:00		
4	18/10/2019	36	03:00:00	8	00:40:00	44	03:40:00		
5	19/10/2019	38	03:10:00	6	00:30:00	44	03:40:00		
6	20/10/2019	32	02:40:00	5	00:25:00	37	03:05:00		
7	21/10/2019	38	03:10:00	6	00:30:00	44	03:40:00		
8	22/10/2019	34	02:50:00	5	00:25:00	39	03:15:00		
9	23/10/2019	33	02:45:00	7	00:35:00	40	03:20:00		
10	24/10/2019	35	02:55:00	5	00:25:00	40	03:20:00		
11	25/10/2019	38	03:10:00	5	00:25:00	43	03:35:00		
12	26/10/2019	32	02:40:00	6	00:30:00	38	03:10:00		
13	27/10/2019	38	03:10:00	6	00:30:00	44	03:40:00		
14	28/10/2019	40	03:20:00	6	00:30:00	46	03:50:00		
15	29/10/2019	36	03:00:00	5	00:25:00	41	03:25:00		
16	30/10/2019	37	03:05:00	7	00:35:00	44	03:40:00		
17	31/10/2019	36	03:00:00	6	00:30:00	42	03:30:00		
18	01/11/2019	31	02:35:00	5	00:25:00	36	03:00:00		
19	02/11/2019	35	02:55:00	6	00:30:00	41	03:25:00		
20	03/11/2019	37	03:05:00	7	00:35:00	44	03:40:00		
TOTAL		711	59:15:00	119	9:55:00	830	69:10:00		

Guardia Noche		minera VICUS						REPORTE DE EXTRACION NIVEL -60	
		DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Carros U35	TIEMPO TOTAL		
Fecha	Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción	Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción					
1	15/10/2019	31	02:35:00	6	00:30:00	37	03:05:00		
2	16/10/2019	30	02:30:00	5	00:25:00	35	02:55:00		
3	17/10/2019	29	02:25:00	6	00:30:00	35	02:55:00		
4	18/10/2019	31	02:35:00	7	00:35:00	38	03:10:00		
5	19/10/2019	31	02:35:00	6	00:30:00	37	03:05:00		
6	20/10/2019	33	02:45:00	6	00:30:00	39	03:15:00		
7	21/10/2019	32	02:40:00	7	00:35:00	39	03:15:00		
8	22/10/2019	34	02:50:00	6	00:30:00	40	03:20:00		
9	23/10/2019	30	02:30:00	6	00:30:00	36	03:00:00		
10	24/10/2019	32	02:40:00	7	00:35:00	39	03:15:00		
11	25/10/2019	37	03:05:00	5	00:25:00	42	03:30:00		
12	26/10/2019	29	02:25:00	6	00:30:00	35	02:55:00		
13	27/10/2019	31	02:35:00	7	00:35:00	38	03:10:00		
14	28/10/2019	28	02:20:00	5	00:25:00	33	02:45:00		
15	29/10/2019	29	02:25:00	7	00:35:00	36	03:00:00		
16	30/10/2019	30	02:30:00	5	00:25:00	35	02:55:00		
17	31/10/2019	30	02:30:00	6	00:30:00	36	03:00:00		
18	01/11/2019	32	02:40:00	5	00:25:00	37	03:05:00		
19	02/11/2019	31	02:35:00	5	00:25:00	36	03:00:00		
20	03/11/2019	29	02:25:00	6	00:30:00	35	02:55:00		
TOTAL		619	51:35:00	119	9:55:00	738	61:30:00		

Anexo C. Reporte de extracción Nivel -120

		REPORTE DE EXTRACION NIVEL -120					
Guardia Dia	Fecha	DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Carros U30	TIEMPO TOTAL
		Numero de Carros U30	Tiempo efectivo de extracción	Numero de Carros U30	Tiempo efectivo de extracción		
1	15/10/2019	42	04:33:00	6	00:39:00	48	05:12:00
2	16/10/2019	41	04:26:30	5	00:32:30	46	04:59:00
3	17/10/2019	40	04:20:00	6	00:39:00	46	04:59:00
4	18/10/2019	45	04:52:30	8	00:52:00	53	05:44:30
5	19/10/2019	42	04:33:00	6	00:39:00	48	05:12:00
6	20/10/2019	36	03:54:00	4	00:26:00	40	04:20:00
7	21/10/2019	40	04:20:00	6	00:39:00	46	04:59:00
8	22/10/2019	45	04:52:30	5	00:32:30	50	05:25:00
9	23/10/2019	37	04:00:30	7	00:45:30	44	04:46:00
10	24/10/2019	40	04:20:00	7	00:45:30	47	05:05:30
11	25/10/2019	40	04:20:00	6	00:39:00	46	04:59:00
12	26/10/2019	44	04:46:00	6	00:39:00	50	05:25:00
13	27/10/2019	39	04:13:30	6	00:39:00	45	04:52:30
14	28/10/2019	40	04:20:00	7	00:45:30	47	05:05:30
15	29/10/2019	38	04:07:00	6	00:39:00	44	04:46:00
16	30/10/2019	41	04:26:30	7	00:45:30	48	05:12:00
17	31/10/2019	42	04:33:00	6	00:39:00	48	05:12:00
18	01/11/2019	46	04:59:00	8	00:52:00	54	05:51:00
19	02/11/2019	42	04:33:00	7	00:45:30	49	05:18:30
20	03/11/2019	40	04:20:00	6	00:39:00	46	04:59:00
TOTAL		820	88:50:00	125	13:32:30	945	102:22:30

		REPORTE DE EXTRACION NIVEL -120					
Guardia Noche	Fecha	DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Carros U30	TIEMPO TOTAL
		Numero de Carros U30	Tiempo efectivo de extracción	Numero de Carros U30	Tiempo efectivo de extracción		
1	15/10/2019	34	03:41:00	4	00:26:00	38	04:07:00
2	16/10/2019	35	03:47:30	5	00:32:30	40	04:20:00
3	17/10/2019	37	04:00:30	4	00:26:00	41	04:26:30
4	18/10/2019	34	03:41:00	6	00:39:00	40	04:20:00
5	19/10/2019	36	03:54:00	6	00:39:00	42	04:33:00
6	20/10/2019	39	04:13:30	6	00:39:00	45	04:52:30
7	21/10/2019	35	03:47:30	5	00:32:30	40	04:20:00
8	22/10/2019	40	04:20:00	6	00:39:00	46	04:59:00
9	23/10/2019	37	04:00:30	6	00:39:00	43	04:39:30
10	24/10/2019	36	03:54:00	5	00:32:30	41	04:26:30
11	25/10/2019	37	04:00:30	8	00:52:00	45	04:52:30
12	26/10/2019	35	03:47:30	6	00:39:00	41	04:26:30
13	27/10/2019	34	03:41:00	7	00:45:30	41	04:26:30
14	28/10/2019	36	03:54:00	4	00:26:00	40	04:20:00
15	29/10/2019	33	03:34:30	7	00:45:30	40	04:20:00
16	30/10/2019	35	03:47:30	5	00:32:30	40	04:20:00
17	31/10/2019	37	04:00:30	6	00:39:00	43	04:39:30
18	01/11/2019	34	03:41:00	5	00:32:30	39	04:13:30
19	02/11/2019	38	04:07:00	5	00:32:30	43	04:39:30
20	03/11/2019	36	03:54:00	4	00:26:00	40	04:20:00
TOTAL		718	77:47:00	110	11:55:00	828	89:42:00



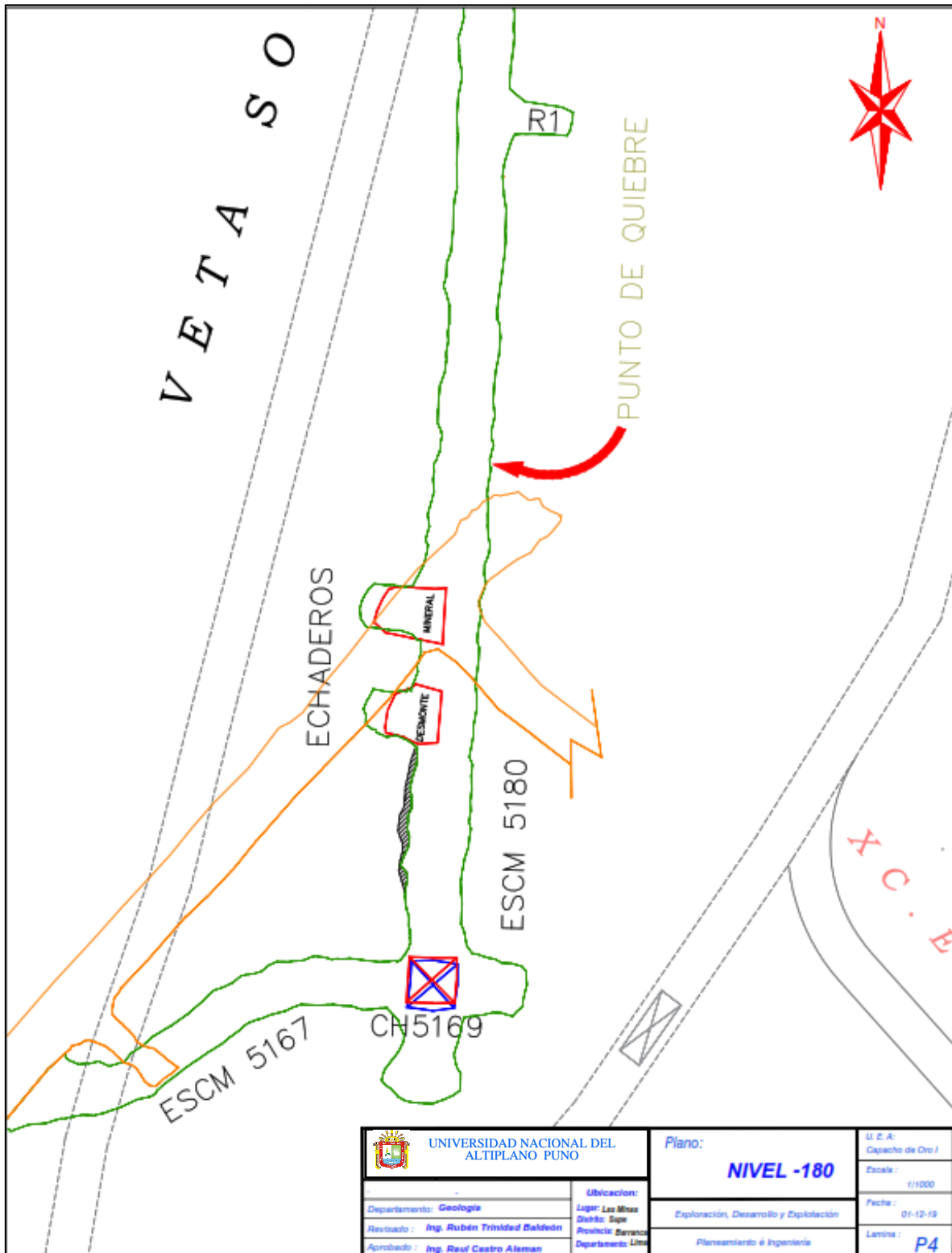
Anexo D. Promedio de tiempo de ciclos de izaje en los diferentes niveles.

N° de Viaje realizado Nv. 0	Tiempo de Ciclo	N° de Viaje realizado Nv. -60	Tiempo de Ciclo	N° de Viaje realizado Nv. -120	Tiempo de Ciclo	N° de Viaje realizado Nv. -120 actual	Tiempo de Ciclo
1	00:06:01	1	00:10:03	1	00:12:58	1	00:09:34
2	00:06:04	2	00:10:01	2	00:12:57	2	00:09:37
3	00:06:01	3	00:09:58	3	00:12:59	3	00:09:38
4	00:06:05	4	00:10:02	4	00:12:59	4	00:09:36
5	00:06:08	5	00:09:56	5	00:13:01	5	00:09:36
6	00:06:07	6	00:09:57	6	00:13:01	6	00:09:37
7	00:06:05	7	00:09:58	7	00:12:59	7	00:09:38
8	00:06:09	8	00:10:02	8	00:12:58	8	00:09:32
9	00:06:07	9	00:09:57	9	00:13:04	9	00:09:37
10	00:05:59	10	00:09:58	10	00:13:01	10	00:09:38
11	00:06:03	11	00:10:00	11	00:12:58	11	00:09:35
12	00:06:09	12	00:09:59	12	00:12:56	12	00:09:38
13	00:06:05	13	00:09:58	13	00:13:02	13	00:09:38
14	00:06:06	14	00:10:02	14	00:12:58	14	00:09:35
15	00:06:04	15	00:10:02	15	00:13:02	15	00:09:42
16	00:06:06	16	00:09:57	16	00:12:57	16	00:09:36
17	00:06:06	17	00:09:56	17	00:12:59	17	00:09:37
18	00:06:01	18	00:10:03	18	00:12:59	18	00:09:39
19	00:06:01	19	00:09:58	19	00:13:01	19	00:09:41
20	00:06:03	20	00:10:02	20	00:13:07	20	00:09:34
Promedio Ciclo	00:06:04	Promedio Ciclo	00:09:59	Promedio Ciclo	00:13:00	Promedio Ciclo	00:09:37



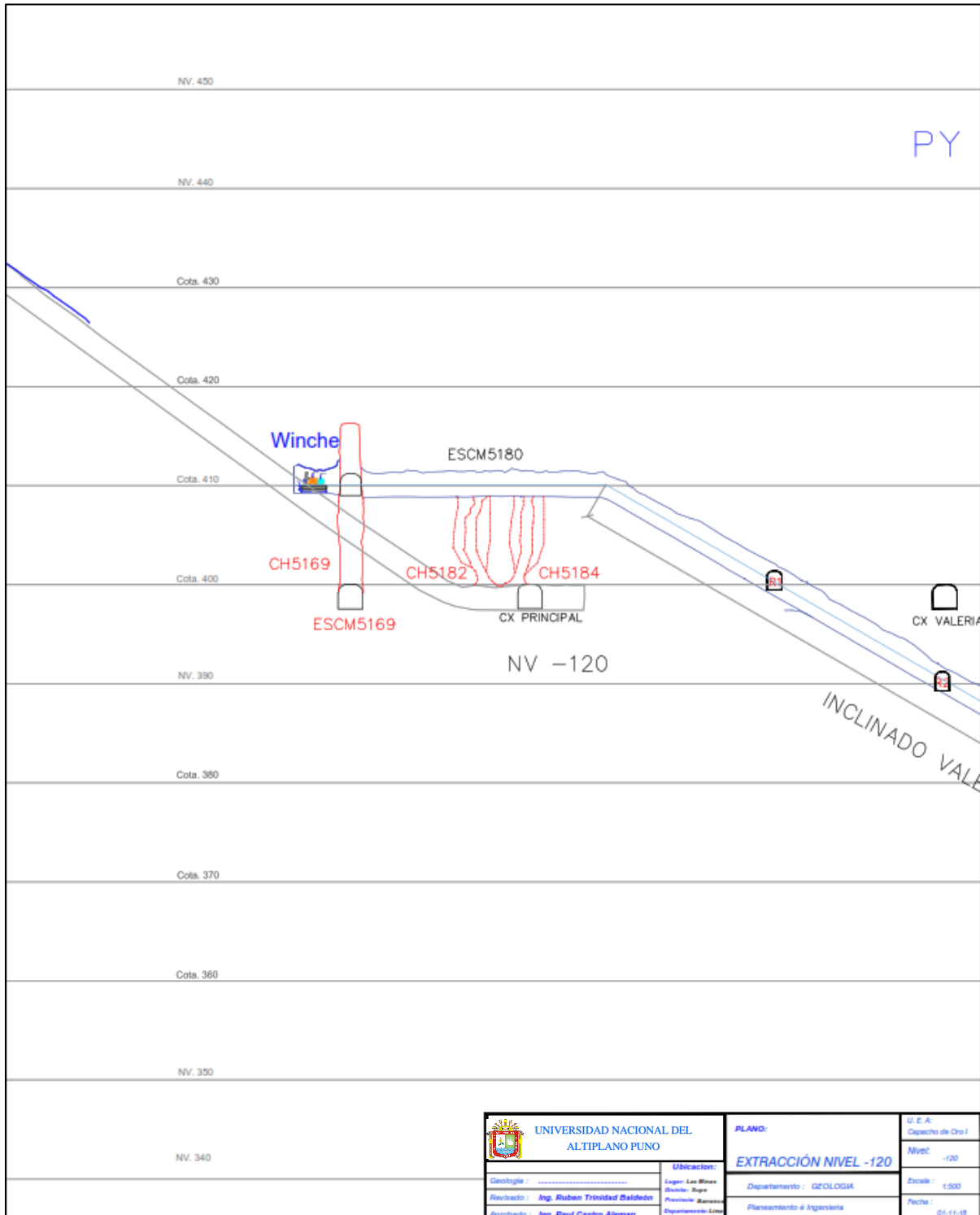
Anexo E. Extracción Nivel -120 (acceso a cámara de winche y área de recepción)

VISTA PLANTA Y VISTA PERFIL

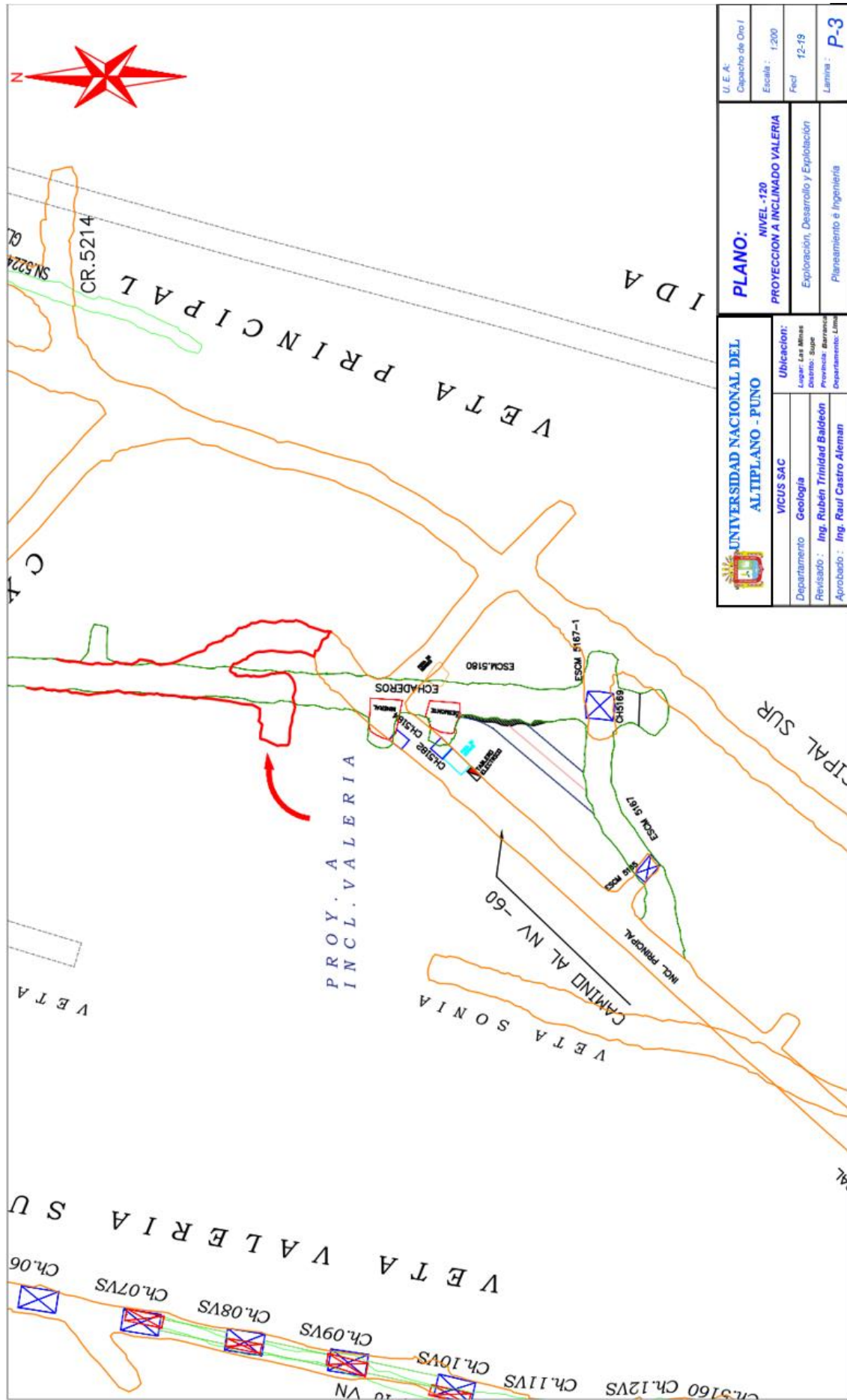




VISTA PERFIL

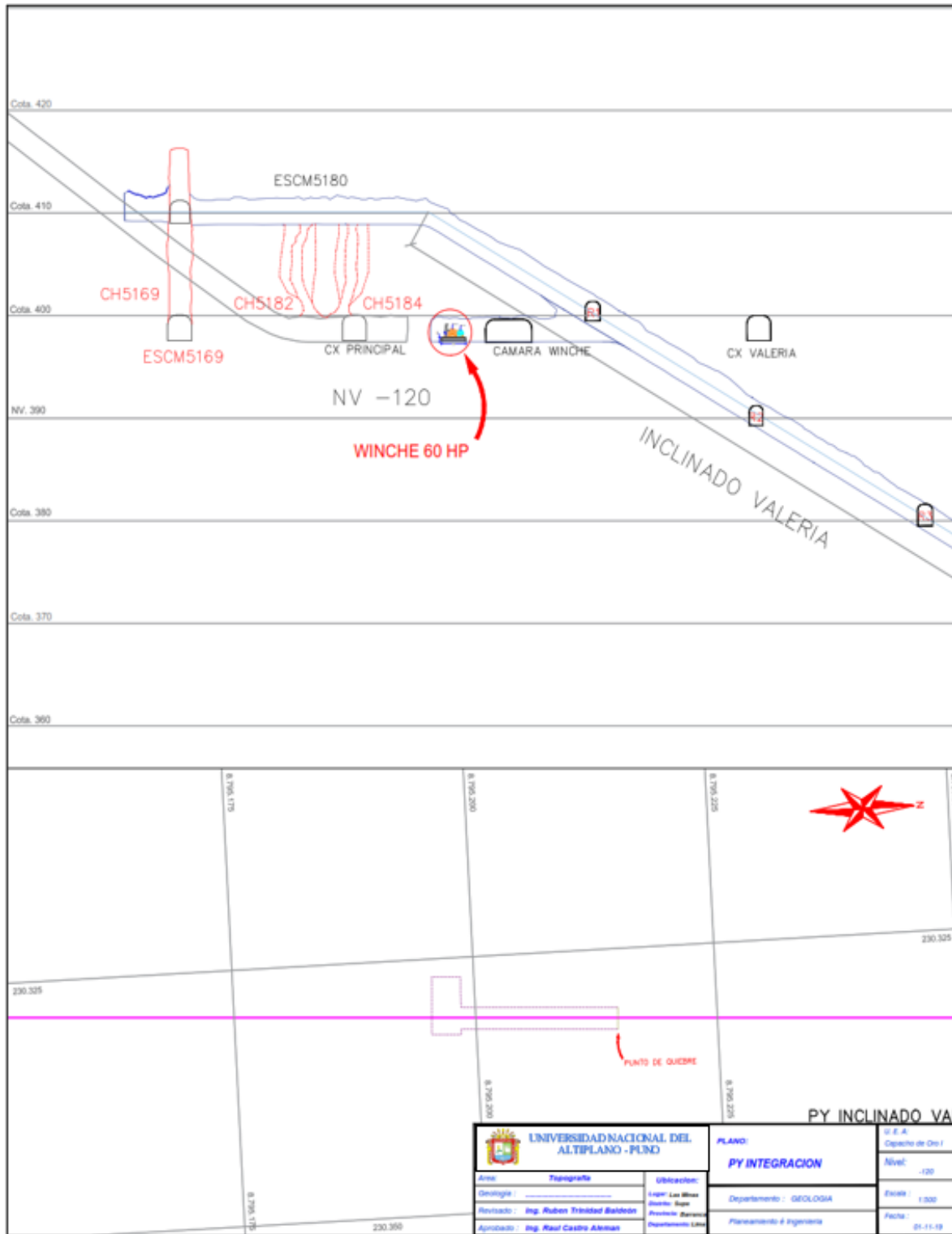


Anexo F. Orientación de labor de acceso Cruceo 1512V a inclinado Valeria. (Vista planta y vista perfil)

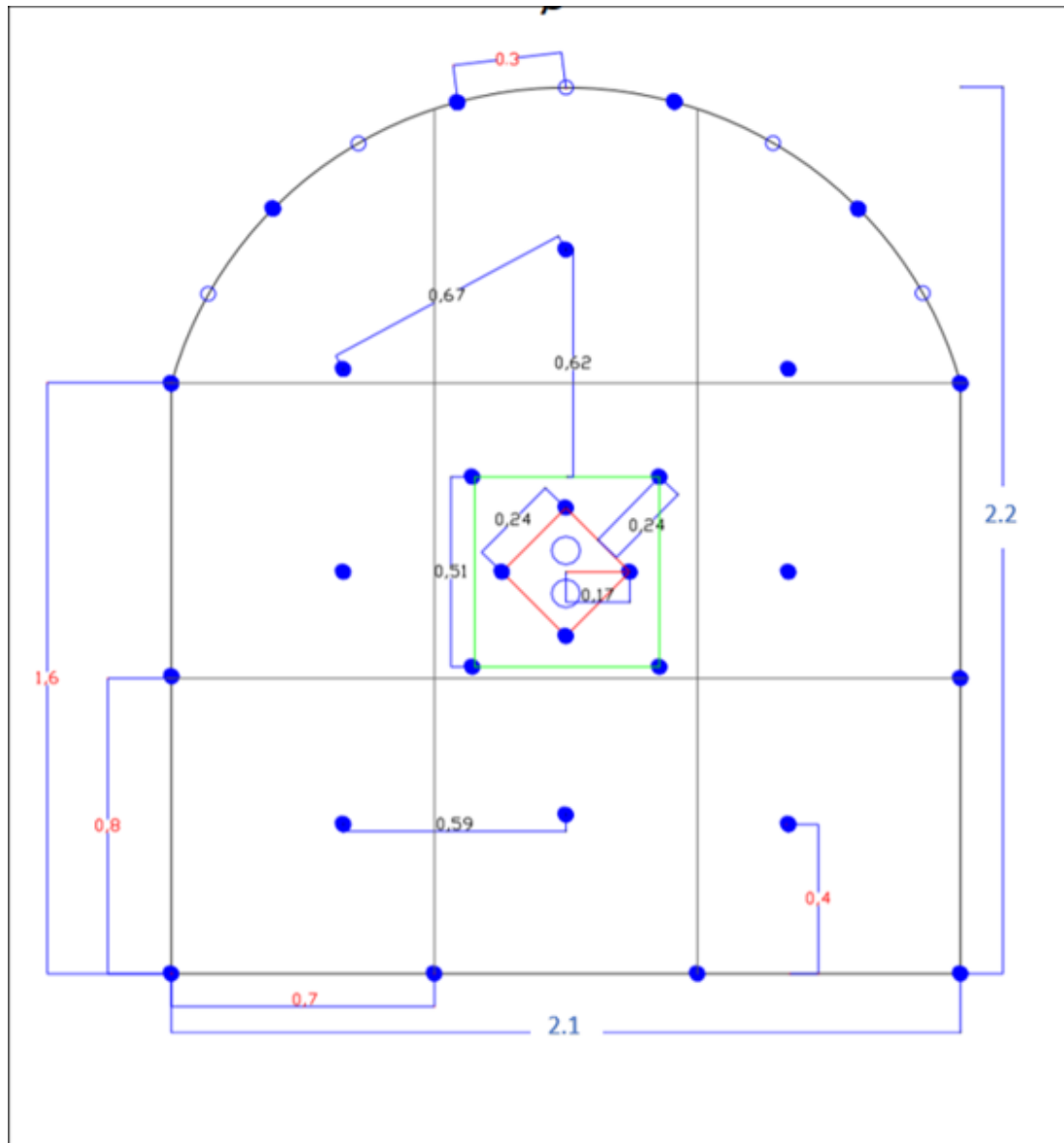




VISTA DE PERFIL



Anexo G. Diseño de malla Crucero 1512V.



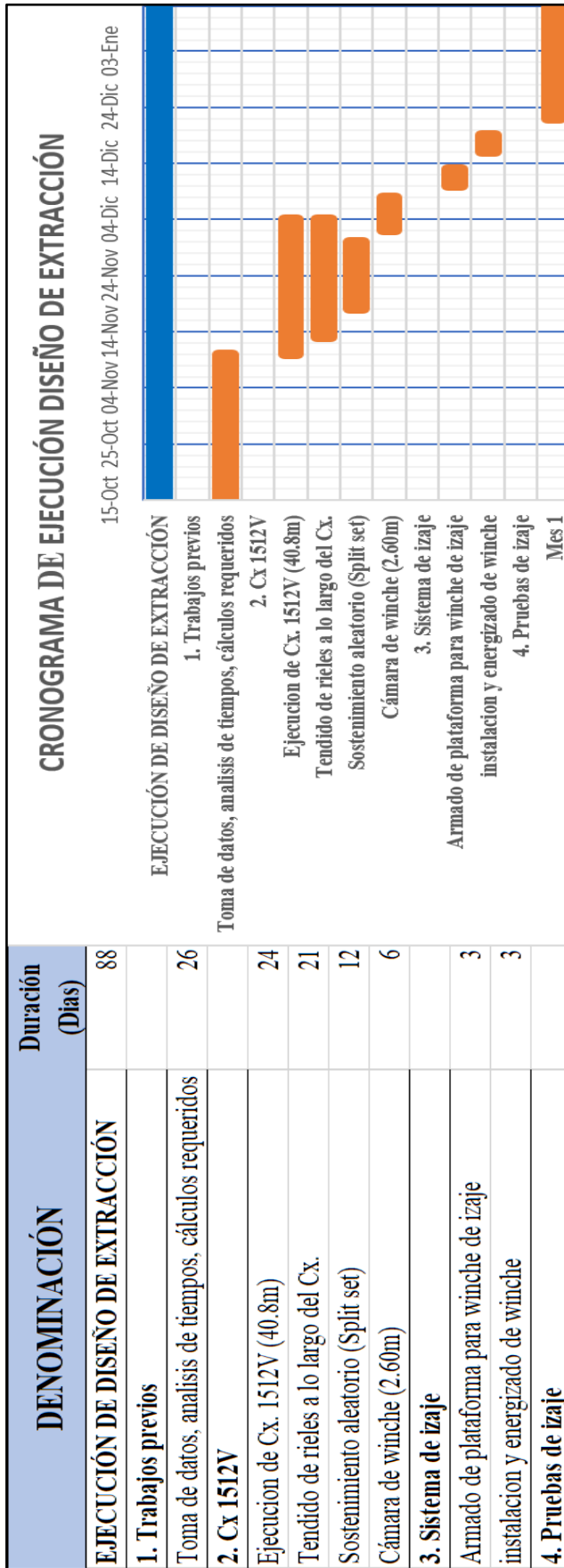
	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO	<i>Diseño de Malla de Perforación Cx. 1512V Sección 2.10 X 2.20</i>	U.E.A. Capacho de Oro
	V.B* MINA:	Elaborado por: Bach. Max Ccama Cutimbo	Departamento : Geología
V.B* GEOLOGIA:	Revisado : Ing. Liduvino Sueldo Yallico	Desarrollo : Topografía	
V.B* SEGURIDAD:	Aprobado : Ing. Raul Castro Aleman		
V.B* SUPERINTENDENTE GENERAL:			

Anexo H. Ficha técnica del cable de acero.

DIAMETRO		Peso Aprox. en Kgs. por metro	Resistencia a la ruptura en toneladas Efectiva	DIAMETRO		Peso Aprox. en Kgs. por metro	Resistencia a la ruptura en toneladas Efectiva
mm.	pulg.			mm.	pulg.		
3.18	1/8"	0.040	0.63	3.18	1/8"	0.040	0.69
4.76	3/16"	0.080	1.4	4.76	3/16"	0.100	1.43
6.35	1/4"	0.150	2.4	6.35	1/4"	0.170	2.74
7.94	5/16"	0.240	3.86	7.94	5/16"	0.280	4.25
9.53	3/8"	0.360	5.53	9.53	3/8"	0.390	6.08
11.11	7/16"	0.460	7.50	11.11	7/16"	0.510	8.25
12.70	1/2"	0.620	9.71	12.70	1/2"	0.690	10.68
14.30	9/16"	0.790	12.2	14.30	9/16"	0.870	13.48
15.90	5/8"	0.980	15.1	15.90	5/8"	1.080	16.67
19.05	3/4"	1.400	21.6	19.05	3/4"	1.540	23.75
22.23	7/8"	1.900	29.2	22.23	7/8"	2.100	32.13
25.40	1"	2.480	37.9	25.40	1"	2.750	41.71
28.60	1-1/8"	3.120	47.7	28.60	1-1/8"	3.470	52.49
31.75	1-1/4"	3.760	58.6	31.75	1-1/4"	4.200	64.47
34.93	1-3/8"	4.550	70.5	34.93	1-3/8"	5.150	77.54
38.10	1-1/2"	5.430	83.5	38.10	1-1/2"	6.200	91.80
41.27	1-5/8"	6.370	97.1	41.27	1-5/8"	7.140	106.77
44.45	1-3/4"	7.380	112.0	44.45	1-3/4"	8.300	123.74
47.62	1-7/8"	8.480	128.0	47.62	1-7/8"	9.520	140.70
50.80	2"	9.640	145.0	50.80	2"	10.820	159.66

Construcciones	
6 X 19 (9/9/1) SEALE	
6 X 19 (12/6/6/1) FILLER	
6 X 19 (12/6/1) - 2 OPERACIONES	
6 X 16 (10/5/5/1) FILLER	

Anexo I. Cronograma de ejecución del diseño de extracción.



Anexo J. Preparación e instalación del sistema de izaje Nivel -120.



Anexo K. Reporte de extracción Nivel -120 instalado el nuevo diseño.

		REPORTE DE EXTRACION NIVEL -120					
Guardia Dia	Fecha	DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Carros U35	TIEMPO TOTAL
		Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción	Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción		
1	22/12/2019	72	05:46:12	12	00:57:42	84	06:43:54
2	23/12/2019	69	05:31:47	11	00:52:54	80	06:24:40
3	24/12/2019	68	05:26:58	12	00:57:42	80	06:24:40
4	25/12/2019	0	00:00:00	0	00:00:00	0	00:00:00
5	26/12/2019	54	04:19:39	9	00:43:17	63	05:02:56
6	27/12/2019	72	05:46:12	16	01:16:56	88	07:03:08
7	28/12/2019	73	05:51:01	14	01:07:19	87	06:58:20
8	29/12/2019	68	05:26:58	12	00:57:42	80	06:24:40
9	30/12/2019	73	05:51:01	15	01:12:08	88	07:03:08
10	31/12/2019	69	05:31:47	12	00:57:42	81	06:29:29
11	01/01/2020	0	00:00:00	0	00:00:00	0	00:00:00
12	02/01/2020	52	04:10:02	7	00:33:39	59	04:43:42
13	03/01/2020	72	05:46:12	15	01:12:08	87	06:58:20
14	04/01/2020	69	05:31:47	12	00:57:42	81	06:29:29
15	05/01/2020	67	05:22:10	13	01:02:31	80	06:24:40
16	06/01/2020	72	05:46:12	14	01:07:19	86	06:53:31
17	07/01/2020	67	05:22:10	15	01:12:08	82	06:34:17
18	08/01/2020	75	06:00:37	17	01:21:45	92	07:22:22
19	09/01/2020	73	05:51:01	16	01:16:56	89	07:07:57
20	10/01/2020	68	05:26:58	14	01:07:19	82	06:34:17
21	11/01/2020	71	05:41:24	16	01:16:56	87	06:58:20
22	12/01/2020	66	05:17:21	12	00:57:42	78	06:15:03
TOTAL		1370	98:48:41	264	18:54:46	1469	117:43:27

		REPORTE DE EXTRACION NIVEL -120					
Guardia Noche	Fecha	DESMONTE		MINERAL		Total cantidad de Carros U35	TIEMPO TOTAL
		Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción	Numero de Carros U35	Tiempo efectivo de extracción		
1	22/12/2019	47	03:46:00	6	00:28:51	53	04:14:51
2	23/12/2019	53	04:14:51	7	00:33:39	60	04:48:30
3	24/12/2019	48	03:50:48	5	00:24:03	53	04:14:51
4	25/12/2019	0	00:00:00	0	00:00:00	0	00:00:00
5	26/12/2019	42	03:21:57	7	00:33:39	49	03:55:37
6	27/12/2019	48	03:50:48	6	00:28:51	54	04:19:39
7	28/12/2019	42	03:21:57	6	00:28:51	48	03:50:48
8	29/12/2019	44	03:31:34	5	00:24:03	49	03:55:37
9	30/12/2019	51	04:05:14	7	00:33:39	58	04:38:53
10	31/12/2019	49	03:55:37	7	00:33:39	56	04:29:16
11	01/01/2020	0	00:00:00	0	00:00:00	0	00:00:00
12	02/01/2020	42	03:21:57	5	00:24:03	47	03:46:00
13	03/01/2020	48	03:50:48	6	00:28:51	54	04:19:39
14	04/01/2020	43	03:26:46	6	00:28:51	49	03:55:37
15	05/01/2020	41	03:17:09	5	00:24:03	46	03:41:11
16	06/01/2020	46	03:41:11	5	00:24:03	51	04:05:14
17	07/01/2020	52	04:10:02	8	00:38:28	60	04:48:30
18	08/01/2020	47	03:46:00	5	00:24:03	52	04:10:02
19	09/01/2020	53	04:14:51	6	00:28:51	59	04:43:42
20	10/01/2020	50	04:00:25	6	00:28:51	56	04:29:16
21	11/01/2020	51	04:05:14	6	00:28:51	57	04:34:05
22	12/01/2020	47	03:46:00	7	00:33:39	54	04:19:39
TOTAL		944	67:47:51	121	8:39:18	954	76:27:09



Anexo L. Muestras relacionadas de tiempos de ciclo en dos tiempos el Nivel -120 para el análisis de prueba t de Student.

N° de ciclo registrado	Tiempo de ciclo anterior	Tiempo de ciclo actual
1	12,96	9,56
2	12,95	9,61
3	12,98	9,63
4	12,98	9,60
5	13,01	9,60
6	13,01	9,61
7	12,98	9,63
8	12,96	9,53
9	13,06	9,61
10	13,01	9,63
11	12,96	9,58
12	12,93	9,63
13	13,03	9,63
14	12,96	9,58
15	13,03	9,70
16	12,95	9,60
17	12,98	9,61
18	12,98	9,65
19	13,01	9,68
20	13,11	9,56



Anexo M. Muestras relacionadas de producción en dos tiempos distintos en el Nivel -120 para el análisis de prueba t de Student.

N° Muestra	Fecha	Extracción (t) de mineral por dia - antes	Fecha	Extracción (t) de mineral por dia - despues
1	15/10/2019	16	22/12/2019	28,8
2	16/10/2019	16	23/12/2019	32,4
3	17/10/2019	16	24/12/2019	30,6
4	18/10/2019	22,4	26/12/2019	28,8
5	19/10/2019	19,2	27/12/2019	39,6
6	20/10/2019	16	28/12/2019	36
7	21/10/2019	17,6	29/12/2019	30,6
8	22/10/2019	17,6	30/12/2019	39,6
9	23/10/2019	20,8	31/12/2019	34,2
10	24/10/2019	19,2	02/01/2020	21,6
11	25/10/2019	22,4	03/01/2020	37,8
12	26/10/2019	19,2	04/01/2020	32,4
13	27/10/2019	20,8	05/01/2020	32,4
14	28/10/2019	17,6	06/01/2020	34,2
15	29/10/2019	20,8	07/01/2020	41,4
16	30/10/2019	19,2	08/01/2020	39,6
17	31/10/2019	19,2	09/01/2020	39,6
18	01/11/2019	20,8	10/01/2020	36
19	02/11/2019	19,2	11/01/2020	39,6
20	03/11/2019	16	12/01/2020	34,2
Promedio Total		18,8		34,47