

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL:

**Evaluación de KPI 's: Disponibilidad mecánica, utilización
y productividad de la flota de equipos mineros para el
cumplimiento de las metas físicas 2021 en la
Unidad Minera Cerro Lindo**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. Bill Steven DE LA CRUZ CORDOVA

ASESOR:

M.Cs. Carlos Auberto PRADO PRADO

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres, hermano y familia que me han apoyado en cada etapa de mi progreso profesional de forma incondicional.

A los maestros que me acompañaran en la etapa universitaria y que hoy ya se encuentran con Dios guiando a todos sus estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Para mí, es importante agradecer a la U.M. Cerro Lindo de la Compañía Minera Nexa Resources S.A.A, que fue dirigida por el Ingeniero Antonio Padrón en la Gerencia General, al Ingeniero Frederico Silva en la Gerencia de Mina por confiar y apoyar a profesionales jóvenes en la transformación de la minería del futuro al generar conocimiento y rompiendo paradigmas.

A los Ingenieros del equipo mina de Cerro Lindo que fueron parte de mi desarrollo profesional desde mis inicios como Becario de mina, en especial consideración a David Gutierrez, Abner Justo, Juan Manrique, Yhim Cerrón, Miguel Vilchez.

Para terminar, agradecer a mis docentes universitarios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la UNSCH, que realizan una labor ardua para formar profesionales íntegros y de éxito en el sector minero.

RESUMEN

La Unidad Minera Cerro Lindo, una de las operaciones subterráneas más grandes de Perú y Sudamérica, afrontó el desafío de optimizar su producción de zinc y cobre en un entorno marcado por la volatilidad de los precios de los commodities. Para cumplir con las metas físicas del año 2021, la gerencia identificó la mejora en la gestión de flotas de equipos mineros como un factor determinante para garantizar la eficiencia operativa y el logro de los objetivos planteados. El método de explotación sub level stoping, utilizado en la operación, requiere un uso intensivo y eficiente de equipos mineros especializados en distintas fases del proceso. Estos equipos son fundamentales para la perforación y voladura de rocas, limpieza y acarreo del mineral / desmonte y el sostenimiento del macizo rocoso. La disponibilidad y productividad de los equipos son esenciales para asegurar la continuidad de las operaciones y mantener condiciones de trabajo seguras para el personal. Se evaluaron y analizaron los principales indicadores clave de desempeño (KPI) enfocados en medir la disponibilidad mecánica, utilización y productividad de los equipos mineros. La optimización de la flota tuvo un impacto directo en los resultados operativos a corto plazo, pero también fue fundamental para la planificación y el dimensionamiento futuro de los recursos. Este enfoque permitió asegurar que la flota estuviera alineada con las proyecciones de producción y los requerimientos operativos, mejorando la competitividad de Cerro Lindo en el mercado global. La implementación exitosa de estas mejoras no solo garantizó una mayor sostenibilidad, sino que también fortaleció el posicionamiento de la unidad minera como líder en minería subterránea.

INDICE

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA..... | II |
| AGRADECIMIENTOS | III |
| CAPÍTULO I: DATOS GENERALES DE LA EMPRESA NEXA RESOURCES | 1 |
| 1.1. Visión..... | 2 |
| 1.2. Misión | 2 |
| 1.3. Principios..... | 2 |
| 1.4. Valores | 3 |
| 1.5. Organigrama..... | 3 |
| 1.6. Sistemas de calidad y certificaciones..... | 4 |
| 1.7. Descripción de la actividad de la empresa | 4 |
| 1.8. Cargo o puesto del Bachiller | 6 |
| CAPÍTULO II: ANTECEDENTES E INFORMACIÓN GENERAL | 7 |
| 2.1. Descripción de la gerencia de Mina – U.M. Cerro Lindo | 7 |
| 2.2. Análisis de la situación problemática | 8 |
| 2.3. Identificación del problema | 8 |
| 2.4. Descripción general de las operaciones | 9 |
| 2.4.1. Generalidades..... | 9 |
| 2.4.2. Geología..... | 10 |
| 2.4.3. Mina | 26 |
| CAPÍTULO III: JUSTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA..... | 38 |
| 3.1. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional | 38 |
| 3.1.1 Objetivo General..... | 38 |
| 3.1.2 Objetivos Específicos..... | 39 |
| 3.2. Antecedentes del problema | 39 |
| 3.3. Beneficios esperados del trabajo..... | 39 |
| 3.4. Indicadores de los objetivos | 39 |
| 3.5. Fuentes de datos..... | 40 |
| 3.6. Presupuesto | 41 |
| 3.7. Proceso de autorización de estudio | 41 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE TRABAJO E INDICADORES DE GESTIÓN | 42 |
| 4.1. Revisión y validación de base de datos mina | 42 |
| 4.2. Cálculo de la disponibilidad mecánica por flota | 42 |
| 4.3. Calcula de la utilización mecánica por flota | 43 |
| 4.4. Cálculo de la productividad por flota..... | 44 |
| 4.5. Cálculo de ábacos de desempeño por equipos. | 45 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO V: RESULTADOS | 46 |
| 5.1. Metas físicas 2021, Cerro Lindo | 47 |
| 5.2. Dimensionamiento flota Scoops..... | 48 |
| 5.3. Dimensionamiento flota Desatadores. | 49 |
| 5.4. Dimensionamiento flota Empernadores – Bolter | 50 |
| 5.5. Dimensionamiento flota Jumbo Frontoneros..... | 51 |
| 5.6. Dimensionamiento flota de Simbas..... | 52 |
| CONCLUSIONES | 53 |
| RECOMENDACIONES | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA | 56 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Resumen de Recursos Minerales a Diciembre 31 Del 2020 | 26 |
| Tabla 2. | Resumen de Reservas Minerales a Diciembre 31 Del 2020 | 26 |
| Tabla 3. | Disponibilidad Mecánica Del 2019 Al 2020, por flota de equipo minero en Cerro Lindo | 43 |
| Tabla 4. | Utilización Mecánica Del 2019 Al 2020, por flota de equipo minero en Cerro Lindo. | 44 |
| Tabla 5. | Productividad 2019 Al 2020, por flota de equipo minero en Cerro Lindo. | 45 |
| Tabla 6. | Metas Físicas 2021, Cerro Lindo | 47 |
| Tabla 7. | Dimensionamiento de flota para scoops, Cerro Lindo | 48 |
| Tabla 8. | Dimensionamiento de flota para desatadores mecánicos, Cerro Lindo | 49 |
| Tabla 9. | Dimensionamiento de flota para jumbo empernador, Cerro Lindo | 50 |
| Tabla 10. | Dimensionamiento de flota para jumbo frontonero, Cerro Lindo | 51 |
| Tabla 11. | Dimensionamiento de flota para simbas, Cerro Lindo | 52 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Infografía de las operaciones y proyectos de Nexa Resources | 2 |
| Figura 2. Organigrama U.M. Cerro Lindo | 4 |
| Figura 3. Estándar de diseño de tajo para explotación. | 27 |
| Figura 4. Estándar de diseño tajo de perforación U.M Cerro Lindo | 28 |
| Figura 5. Sección típica de una labor de avance, U.M Cerro Lindo | 29 |
| Figura 6. Diseño de perforación e instalación de cable bolting. | 32 |
| Figura 7. Perforación de piloto para embonado y rimado de cara libre con equipo Raise Boring | 34 |
| Figura 8. Malla de carguío para voladura en taladros largos. | 35 |
| Figura 9. Secuencia de etapas de voladura en taladros largos | 35 |

INDICE DE PLANOS

| | |
|--|----|
| Plano 1. Ubicación Geográfica de La U.M. Cerro Lindo | 5 |
| Plano 2. Geología Regional U.M. Cerro Lindo..... | 12 |
| Plano 3. Geología Local U.M. Cerro Lindo | 14 |
| Plano 4. Estratigrafía U.M. Cerro Lindo | 16 |
| Plano 5. Geología Estructural U.M. Cerro Lindo..... | 18 |
| Plano 6. Depósito Mineral U.M. Cerro Lindo | 20 |
| Plano 7. Mineralización por Ore Body | 23 |
| Plano 8. Diseño del nivel de extracción de un tajo, U.M. Cerro Lindo..... | 30 |
| Plano 9. Diseño de perforación de taladros largos en un tajo pasante | 33 |
| Plano 10. Vista de sección longitudinal de la Mina Cerro Lindo..... | 37 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Autorización de uso de información de operaciones Cerro Lindo | 58 |
| Anexo 2. Ábacos de toma de decisión para flota de scoops..... | 59 |
| Anexo 3. Ábacos de toma de decisión para flota de desatadores..... | 60 |
| Anexo 4. Ábacos de toma de decisión para flota de jumbo empernador | 61 |
| Anexo 5. Ábacos de toma de decisión para flota de jumbo frontonero. | 62 |
| Anexo 6. Ábacos de toma de decisión para flota de equipos simba | 63 |

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA NEXA RESOURCES

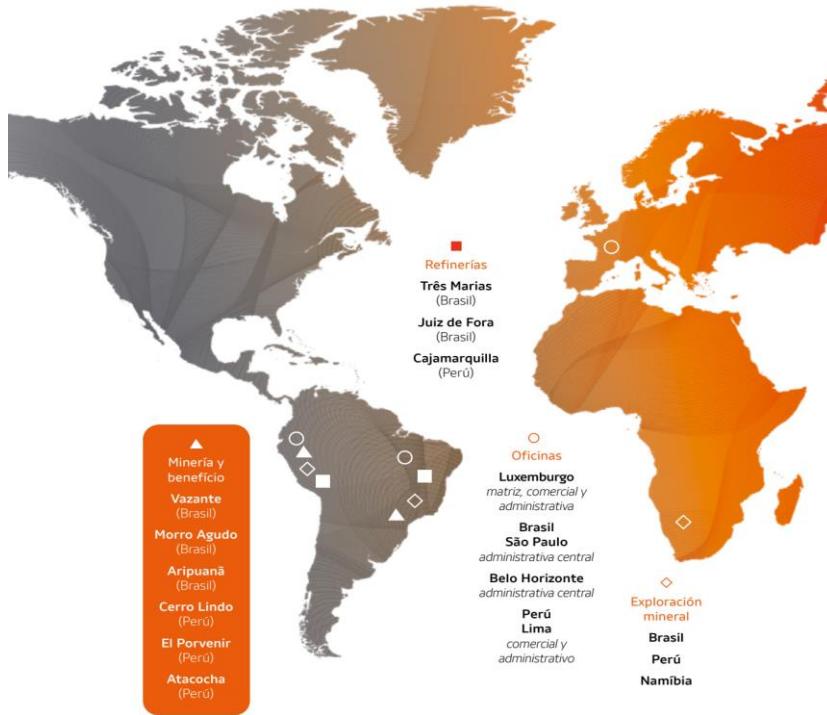
| | |
|------------------------------|---|
| Razón Social | : Nexa Resources Perú S.A.A |
| RUC | : 20100110513 |
| Página Web | : https://www.nexaresources.com/es/nexa/ |
| Correo del jefe inmediato | : jorge.carbajal@nexaresources.com |
| Nombre y cargo del empleador | : Jorge Carbajal – Superintendente de Mina |
| Cantidad de trabajadores | : 615 colabores directos y 2800 colaboradores de empresas especializadas |

Nexa Resources Perú S.A.A. (Nexa Perú) es una empresa minera de larga trayectoria con un firme compromiso con el desarrollo económico y social. Inició sus operaciones el 6 de abril de 1949 y, desde entonces, se ha destacado en la industria minera polimetálica peruana gracias a un crecimiento sostenido distintivo. A partir del 2010, se integró como subsidiaria de Nexa Resources S.A., una de las principales productoras mundiales de zinc. Su misión se centra en la promoción de una minería sostenible e innovadora, implementando rigurosas prácticas para preservar el medio ambiente y garantizar la seguridad de sus colaboradores. Este enfoque ha permitido forjar una identidad empresarial a lo largo del tiempo, reconocida por el potencial que sus operaciones tienen para contribuir positivamente en su entorno. Es una destacada empresa minera peruana de alcance regional, especializada en la exploración, extracción, procesamiento y comercialización de concentrados de zinc, cobre y plomo, con contenidos significativos de plata y oro. Actualmente, se posiciona como uno de los principales productores polimetálicos de bajos costos en Perú, con una destacada exposición en la industria del zinc. Sus operaciones se centran en tres minas polimetálicas en Perú y dos en Brasil. Desde el inicio, han priorizado el desarrollo de una minería sostenible e innovadora, implementando prácticas ejemplares para preservar el medio ambiente y garantizar la seguridad de su equipo. Este enfoque ha fortalecido a lo largo del tiempo su identidad empresarial, reconociendo el potencial que

poseen sus operaciones para contribuir positivamente en su entorno. (Nexa Resources Perú – Memoria Anual, 2023)

Figura 1.

Infografía de las operaciones y proyectos de Nexa Resources



Fuente: Nexa Resources Perú – Memoria Anual, 2023

1.1. Visión

Aspiramos a ser reconocidos a nivel global como una empresa inteligente y confiable, focalizada en el crecimiento dentro del ámbito de la minería de zinc y cobre en las Américas. Nos esforzamos por generar valor para todas las partes interesadas. (Nexa Resources Perú – Memoria Anual, 2023)

1.2. Misión

Nos impulsa la misión de incorporar la minería en un mundo dinámico como una oportunidad para el desarrollo sostenible. Buscamos lograrlo a través de la producción de productos de alta calidad, con un enfoque en minimizar el impacto ambiental y dejar un legado social significativo. (Nexa Resources Perú – Memoria Anual, 2023)

1.3. Principios

Los principios de sostenibilidad de la empresa son los siguientes. (Nexa Resources Perú – Memoria Anual, 2023)

- Ser reconocida como una empresa social y ambientalmente responsable.
- Tener la sostenibilidad como estrategia para crear valor, orientando gobernanza, gestión, educación, decisiones e inversiones.
- Desarrollar los resultados económicos, sociales y ambientales, buscando eficiencia y confiabilidad en las operaciones, según modelos de clase mundial.
- Ser reconocida como una empresa que atrae, desarrolla y retiene talentos para la generación de valor y la construcción de una sociedad justa e inclusiva.
- Tener un compromiso con el bienestar, la salud y la seguridad de nuestros empleados, clientes y socios.
- Contribuir al desarrollo de las comunidades donde operamos.
- Incentivar la cooperación y la participación de los empleados y partes interesadas en la construcción de alianzas y trabajo en conjunto, para generar valor mutuo.

1.4. Valores

Los valores de la empresa Nexa Resources Perú son los siguientes. (Nexa Resources Perú – Memoria Anual, 2023)

Autonomía con responsabilidad: Cumplimos lo que prometemos y somos responsables de nuestros resultados. Trabajamos siempre para entregar con salud, seguridad, excelencia y disciplina, con la mejor calidad, costo y plazo.

Agilidad y performance: Sabemos adaptarnos con agilidad y enfocarnos en las nuevas demandas de nuestro negocio y de la sociedad. Buscamos soluciones simples y eficientes, de forma colaborativa (1+1>2), para nuestros desafíos.

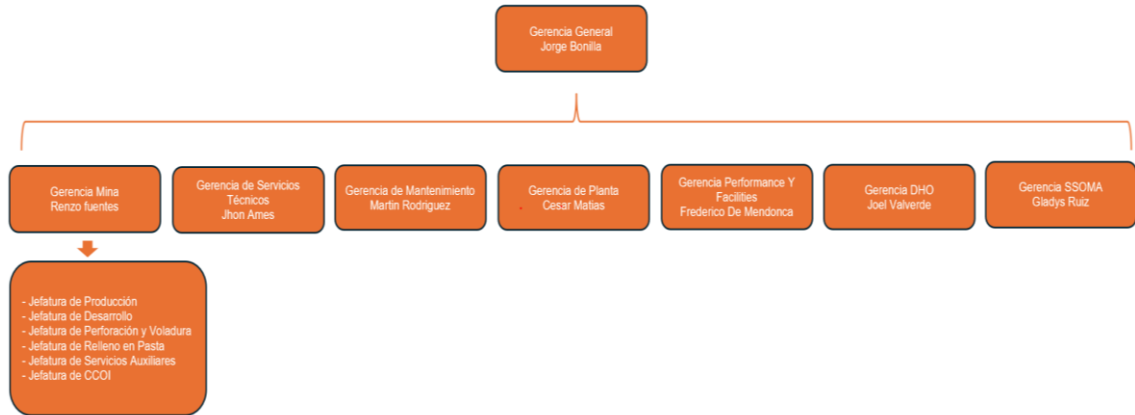
Apertura y confianza: Estamos siempre abiertos a escuchar diferentes opiniones y nuevas ideas para hacer las cosas diferentes. Aprendemos juntos, compartiendo nuestros errores y buenas prácticas con transparencia y confianza.

1.5. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama de la unidad minera Cerro Lindo:

Figura 2.

Organigrama U.M. Cerro Lindo



Fuente: Elaboración propia

1.6. Sistemas de calidad y certificaciones

- ISO 9001, aplicado para la gestión de la calidad empresarial.
- ISO 14001, aplicado para la gestión de la calidad ambiental.
- OHSAS 18001, aplicado para la gestión de la seguridad y salud laboral.

1.7. Descripción de la actividad de la empresa

La U.M Cerro Lindo, es una mina subterránea ubicada en el departamento de Ica, provincia de Chincha y Distrito de Chavín, la cual realiza sus operaciones a 1800 msnm. Se encuentra aproximadamente a 268 km al sureste de Lima y a unos 60 km de la costa.

Plano 1.

Ubicación geográfica de la U.M. Cerro Lindo



Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

El método de minado utilizado es la explotación en sub-niveles o Sub Level Stopping, mediante perforación de taladros largos, con 30 metros de altura de banco entre niveles de producción.

El mineral roto de los tajos se carga con unidades LHD (scoops) hacia los volquetes, los cuales transportan el mineral hasta la chancadora primaria subterránea en el nivel 1820. Luego, el mineral chancado se transporta mediante fajas transportadoras a las tolvas de almacenamiento en superficie y con ello continúan con el tratamiento del mineral en la planta concentradora. Como producto final de la planta de beneficio se obtienen concentrados de zinc, cobre y plomo con contenidos de plata y oro para su comercialización.

El modelo de bloques de las reservas minables sigue una secuencia de minado ascendente, lo que nos lleva a categorizar los tajos en bloques primarios, secundarios y terciarios. Los tajos primarios son aquellos que no tienen ninguna cara o arista expuesta al relleno en pasta, los tajos secundarios ya presentan una cara o arista expuesta a relleno y los tajos terciarios son aquellos que cuentan con dos o más caras o aristas expuestas a relleno. El relleno en pasta se distribuye desde la superficie a través de un sistema de tuberías hasta los tajos explotados para ser rellenado y brindar soporte al macizo rocoso después de cada secuencia de extracción.

1.8. Cargo o puesto del Bachiller

Ingeniero Senior de Mina – operaciones mina.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES E INFORMACIÓN GENERAL

2.1. Descripción de la gerencia de Mina – U.M. Cerro Lindo

Dentro del esquema funcional de la U.M Cerro Lindo, la gerencia de mina se encarga de liderar y ejecutar los planes de minado presentados en el presupuesto anual al directorio de Nexa Resources.

Para ello la gerencia de mina recibe la información de los proyectos a ejecutar tanto para la preparación, desarrollo y exploración de la mina por parte de la gerencia de Servicios Técnicos.

Para que esto se lleve a cabo, la gerencia de mina delega los procesos en seis jefaturas, que detallaremos a continuación.

- **Jefatura de desarrollo**, se encarga de gestionar la ejecución de las labores de tunelería para el desarrollo, preparación y exploración de la mina. Para ello cuenta con recursos propios como Scoops, Desatadores mecanizados, Jumbos frontoneros, Jumbos emperadores, equipos de cable bolting y volquetes para la extracción de desmonte.
- **Jefatura de perforación y voladura**, se encarga de gestionar la reposición de las reservas perforadas y reservas de mineral roto, ello se consigue por medio de la perforación continua de la flota de equipos de taladros largos que tiene a su cargo. Y así mismo se encarga de evaluar, planificar, diseñar y ejecutar los proyectos de voladura para los tajos en producción.
- **Jefatura de producción**, se encarga de gestionar el proceso extractivo del mineral roto en los tajos de interior mina y stocks de mineral en superficie, con el objetivo de proveer a la planta de beneficio el mineral en cantidad y calidad programada.
- Administra una flota de Scoops, Rompe Bancos, Locotracks, y volquetes para mineral.

- **Jefatura de Relleno en Pasta**, se encarga de gestionar las dos plantas de relleno en pasta en superficie, las cuales envían el relleno en cantidad y calidad requerido por la operación, a través de troncales de tuberías hacia el interior de la mina, para rellenar los tajos ya explotados y continuar con la secuencia de minado de los tajos secundarios y terciarios. Además de ello gestiona y ejecuta en paralelo el relleno detrítico de la mina para la gestión de vacíos y estabilidad de la mina.
- **Jefatura de Servicios Auxiliares**, se encarga de gestionar los servicios auxiliares de agua, aire comprimido y ventilación de la mina para el cumplimiento de los programas de desarrollo, preparación y producción.
- **Jefatura de CCOI**, el centro de control operacional integrado se encarga de gestionar el planeamiento operativo mensual de la operación. Siendo su participación importante para generar sinergia entre todas las áreas operativas y de soporte para el cumplimiento de los objetivos diarios y mensuales.

2.2. Análisis de la situación problemática

La U.M. Cerro Lindo, es reconocida como una operación subterránea de mayor escala de producción en el Perú y Sudamérica, se encuentra interesada en mejorar sus procesos y mantener un costo operativo bajo para aumentar la rentabilidad de su operación ante un mercado de commodities en donde los precios de metales tienden a tener fluctuaciones poco predecibles que pueden generar impactos positivos como negativos para la compañía.

2.3. Identificación del problema

Para el cumplimiento de las metas físicas anuales (Budget) de la operación en la U.M Cerro Lindo, la gerencia de mina requiere contar con equipos mineros en cantidad correcta y con buena disponibilidad mecánica. Siendo este un problema diario que genera discrepancia entre las áreas de mina y mantenimiento. Por ello surge la necesidad de hacer una evaluación y proyección del dimensionamiento de flota de equipos mineros que se requieren para alcanzar las metas de producción planteadas en el Budget y hacer un comparativo con la situación actual para encontrar oportunidades de mejora en la gestión de flotas.

2.4. Descripción general de las operaciones

2.4.1. Generalidades

Clima y vegetación

La mina se ubica en una zona caracterizada por un clima árido y frío-templado. Las cantidades de lluvia en la región donde se encuentra varían de forma mínima, con un promedio mensual de 24 mm a 36 mm durante la temporada seca, y de 108 mm a 150 mm durante la temporada húmeda. La tasa de evaporación anual alcanza aproximadamente los 1.500 mm. Las precipitaciones, cuando se presentan, tienden a concentrarse entre los meses de diciembre y marzo, mientras que el resto del año generalmente experimenta escasas y esporádicas precipitaciones. La mina opera de manera continua a lo largo de todo el año.

En cuanto a la vegetación, en las laderas de las colinas es limitada y predominan las especies de cactus. A lo largo de los valles de los ríos, se pueden encontrar áreas con bosque costero, aunque estos valles suelen ser utilizados para actividades agrícolas, lo que ha reducido la cantidad de vegetación original. Durante los estudios de línea de base realizados para obtener los permisos ambientales, se identificaron un total de 58 especies de flora.

Fisiografía

La zona donde se encuentra la mina se caracteriza por una topografía accidentada con pendientes pronunciadas. Se sitúa en las montañas de los Andes occidentales a una altitud promedio de 2.000 metros sobre el nivel del mar. El área de la mina está atravesada por quebradas que forman parte del patrón de drenaje dendrítico que alimenta al río Topará.

Recursos naturales

El agua, el suministro para la mina y la planta de procesamiento se obtiene mediante una planta de desalinización por ósmosis inversa que se encuentra en la costa. El agua desalinizada se bombea a lo largo de una distancia de 60 km hasta el sitio de la mina. La infraestructura necesaria para este proceso incluye tuberías, bombas y tanques de almacenamiento de agua. De esta manera, se garantiza un suministro adecuado de agua para las operaciones mineras y el proceso de tratamiento sin afectar los recursos hídricos naturales de la región.

Energía, La mina recibe el suministro de electricidad a través de la Red Nacional. La demanda total de energía en el sitio, con el objetivo de mantener una tasa de

producción de 20,800 toneladas por día, es de aproximadamente 36.5 MW. Además de la conexión a la red, la mina cuenta con un generador de respaldo para respaldar el sistema de ventilación principal. Este generador asegura un suministro de energía confiable en caso de interrupciones o emergencias.

2.4.2. Geología

2.4.2.1. Geología regional

El yacimiento Cerro Lindo se encuentra en un cinturón de rocas volcánico-sedimentarias marinas, con una tendencia hacia el noroeste, de aproximadamente 30 km por 10 km de extensión. Estas rocas pertenecen a la Formación Huaranguillo, de edad albiense medio a senoniano (Cretácico medio), y forman parte del Grupo Casma (Zalazar y Landa, 1993). A su vez, estas rocas están rodeadas por intrusiones terciarias del Batolito Costero. El Grupo Casma está dominado por andesitas porfíricas, que fueron emitidas en una cuenca trasera fallida a través de un basamento más antiguo no expuesto, como resultado de la tectónica extensional durante la subducción de la litosfera oceánica. Las rocas volcánicas-sedimentarias del Grupo Casma se extienden a lo largo de 1,600 km en la costa del océano Pacífico, desde Ica, en el sur de Perú, hasta Piura, en el norte de Perú.

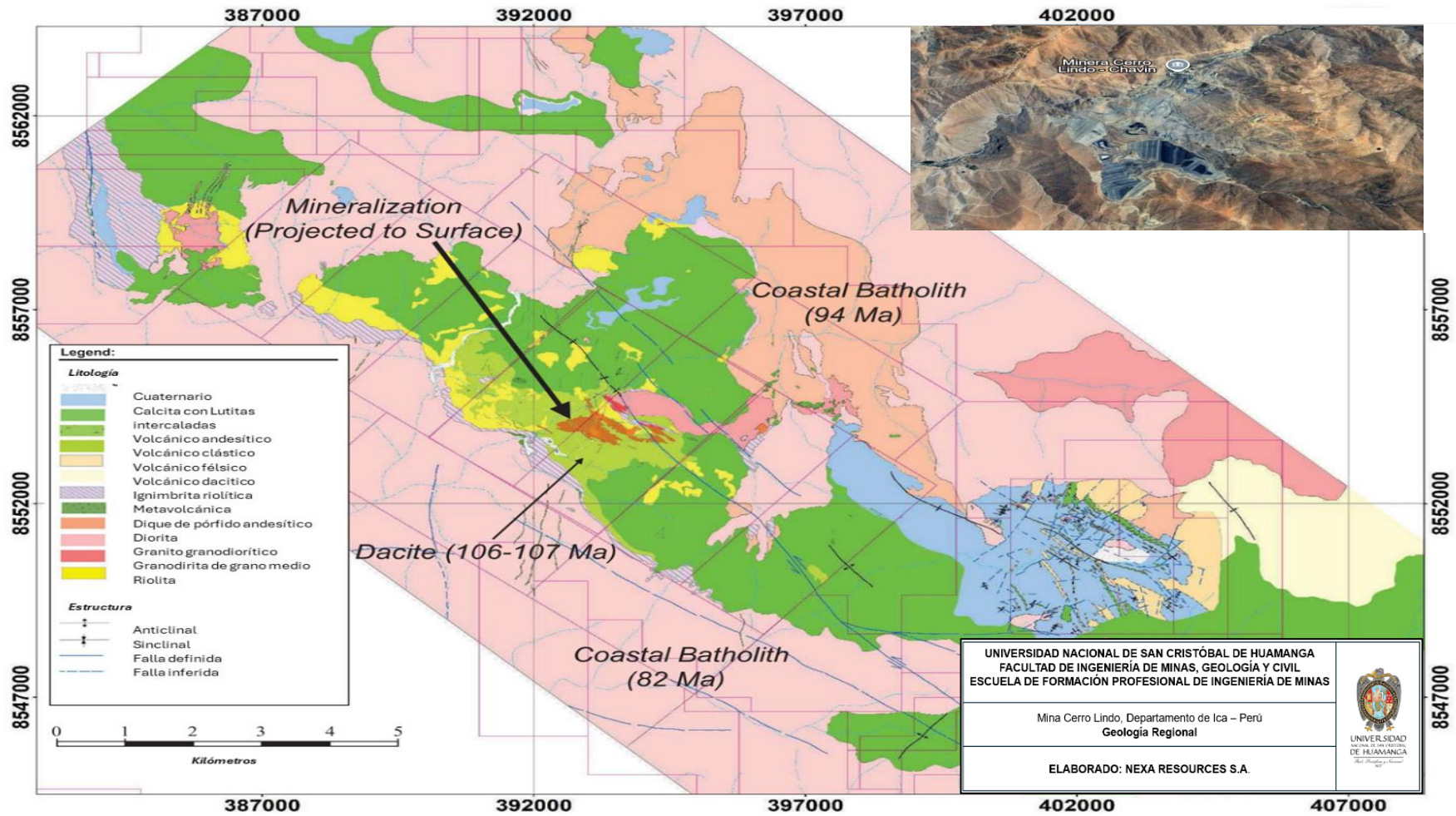
Rocas intrusivas del Cretácico superior al Terciario del Batolito Costero instruyen al Grupo Casma en la mayor parte de su extensión. En la región de Cerro Lindo, este cinturón intrusivo está compuesto por granodioritas, monzogranitos y dioritas de afinidad calcoalcalina. El emplazamiento del batolito ocurrió episódicamente durante un período de 64 millones de años, entre 101 Ma y 37 Ma. El Batolito Costero está compuesto por las superunidades Catahuasi, Incahuasi y Tiabaya, que sobre yace a las rocas volcánicas y generalmente tienen una composición granodiorítica a tonalítica, con una granulometría variable. Diques de andesita porfíricas cruzan todas las unidades con una orientación general de norte a sur. El emplazamiento del batolito generó un intenso metamorfismo de contacto de las rocas volcánico-sedimentarias adyacentes. En el área de Cerro Lindo, se desarrolló un metamorfismo regional de andalucita-cordierita de grado medio.

La Formación Huaranguillo llena la cuenca volcánico-sedimentaria de Cañete, una de las varias cuencas similares que forman el Metalotecto Casma en el lado occidental de la Cordillera de los Andes. La Formación Huaranguillo tiene aproximadamente 3,000 m de espesor; tiene rocas volcánicas intercaladas en su base, rocas volcánicas intermedias con algunas intercalaciones de lutitas en su parte superior,

y rocas calcáreas negras en capas de espesor milimétrico a centimétrico en la parte superior de la secuencia. El Metalotecto Casma alberga varios depósitos importantes de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS), incluyendo Tambogrande, Perubar, Cerro Lindo, Potrobayo, Totoral, Maria Teresa, Aurora Augusta y Palma.

Plano 2.

Geología Regional U.M. Cerro Lindo



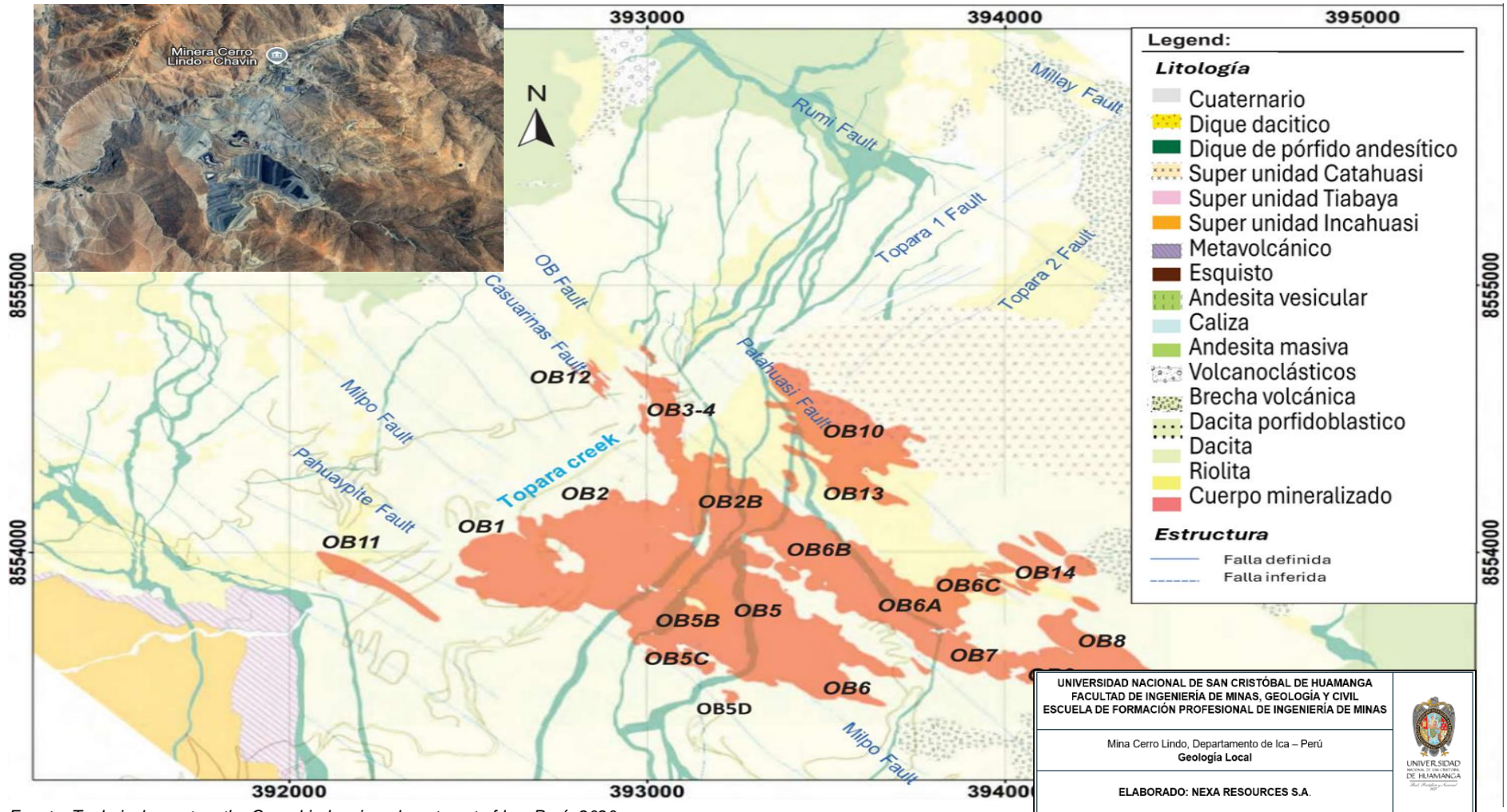
Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

2.4.2.2. Geología local

La Formación Huaranguillo consiste en una secuencia de cuenca trasera con un espesor aproximado de 2,250 m que se extiende en dirección noroeste-sureste por aproximadamente 10 km x 5 km.

Plano 3.

Geología Local U.M. Cerro Lindo



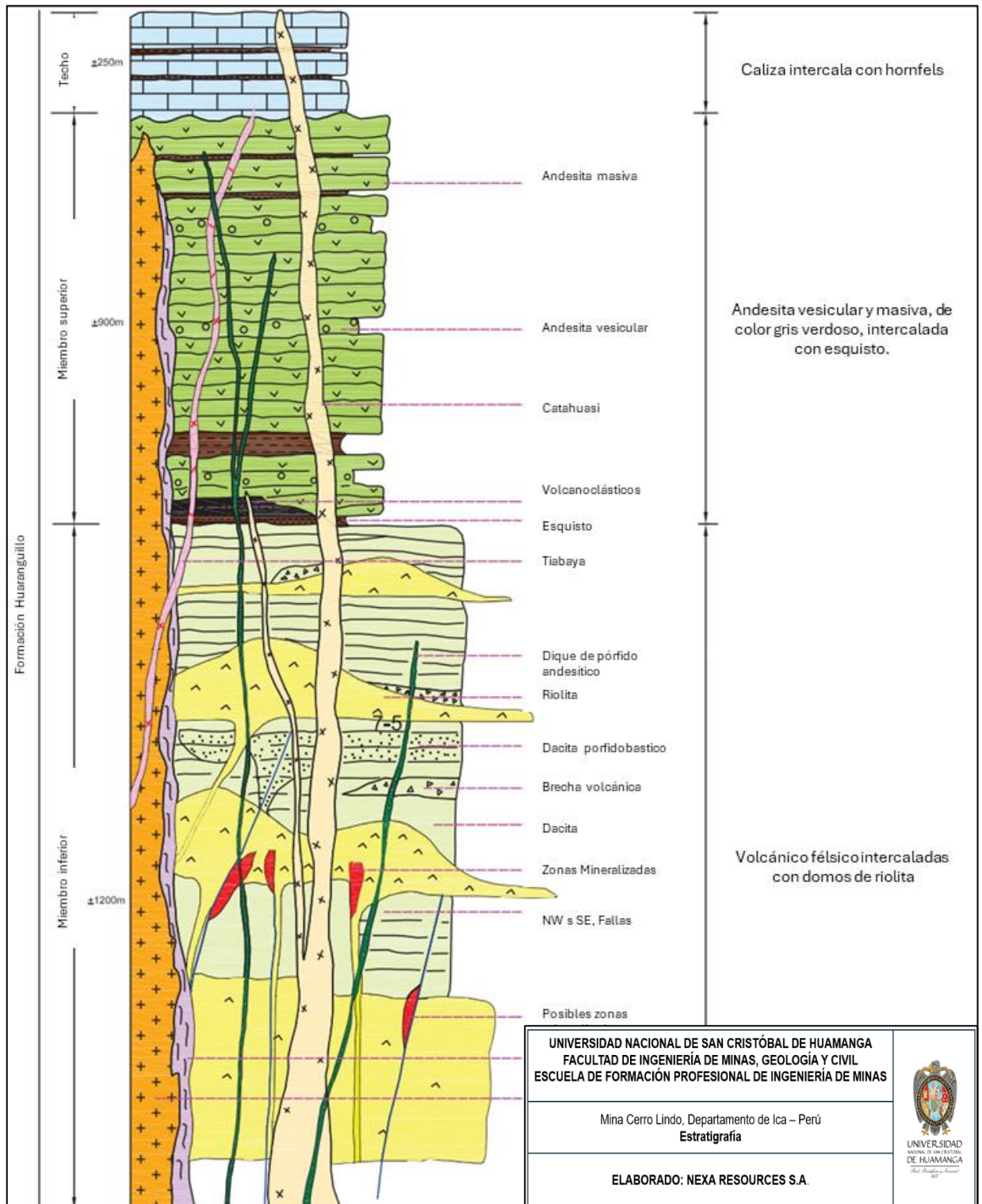
Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

La estratigrafía local del yacimiento Cerro Lindo se describe de la siguiente manera:

- Formación Huaranguillo (105 a 106 Ma): Esta formación es parte del Grupo Casma, del Albiense inferior del Cretácico, y en Cerro Lindo está compuesta por tres miembros.
- Intrusivos: Se identifican tres intrusivos principales en la Formación Huaranguillo con edades desde el Turoniano hasta el Campaniano: las superunidades Catahuasi, Incahuasi y Tiabaya.
- Otros diques: Hay tres tipos diferentes de diques, siendo el pórfido andesítico el más abundante.

Plano 4.

Estratigrafía U.M. Cerro Lindo



Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

2.4.2.3. Geología estructural

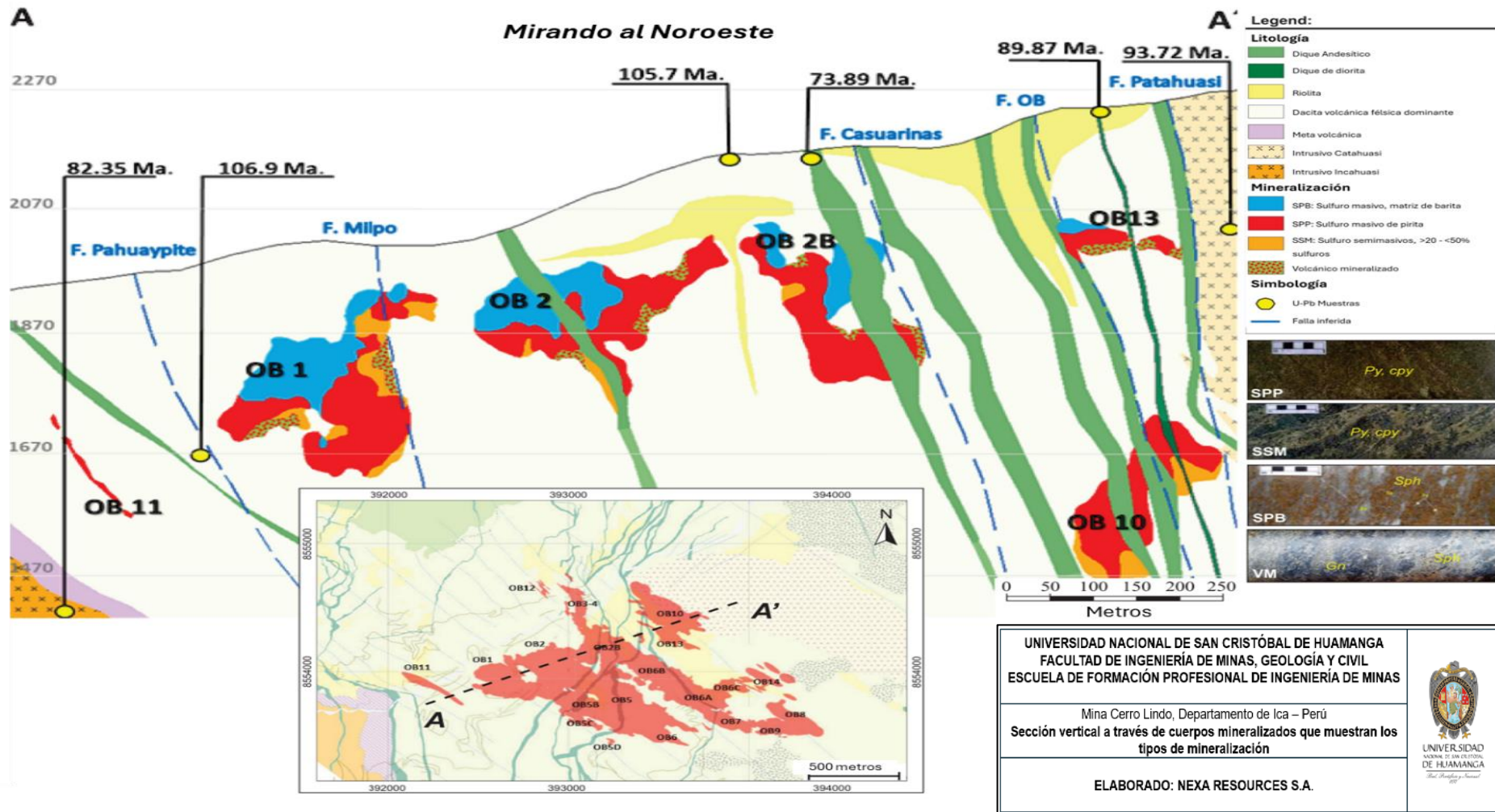
Las fallas regionales en el área de la Mina Cerro Lindo tienen una tendencia noroeste-sudeste, norte-sur y noreste-suroeste, paralelas al río Topará. Las fallas noroeste-sudeste son los principales controles de las secuencias volcánicas y los cuerpos mineralizados.

Se reconocen varios sistemas de fallas:

- Un sistema de fallas sin-volcánicas, relacionado con la formación del yacimiento, tiene una dirección noroeste a sureste.
- Un sistema de fallas conjugadas, con dirección noreste-suroeste, que controla la Falla Topará; la Falla Topará muestra movimiento lateral derecho.
- Un sistema de fallas tardías de dirección norte-sur que controla el emplazamiento de diques estériles que cortan las principales zonas mineralizadas.
- Una falla inversa a lo largo del contacto entre la riolita y las rocas del Batolito Costero.

Plano 5.

Geología Estructural U.M. Cerro Lindo



Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

2.4.2.4. Geología económica

Características del yacimiento

Rocas extrusivas, las rocas predominantes en el área del depósito son riolitas a riolacitas. Se encuentran con frecuencia texturas de flujo, brechificación y laminadas que muestran amígdalas, al igual que lavas almohadilladas de tipo andesítico. El metamorfismo térmico intenso produjo estructuras porfiroblásticas y granoblásticas. Los principales minerales formadores de rocas son cuarzo, feldespato, biotita, sericita, andalucita y pirita.

Se observan localmente capas de exhalita, típicas de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos (VMS), en la base o en la parte superior de los cuerpos de sulfuros masivos, donde forman horizontes finamente laminados y delgados (menos de un metro) compuestos por sílice (calcedonia) y varios sulfuros. Estas capas están limitadas al área inmediata de los depósitos de sulfuros.

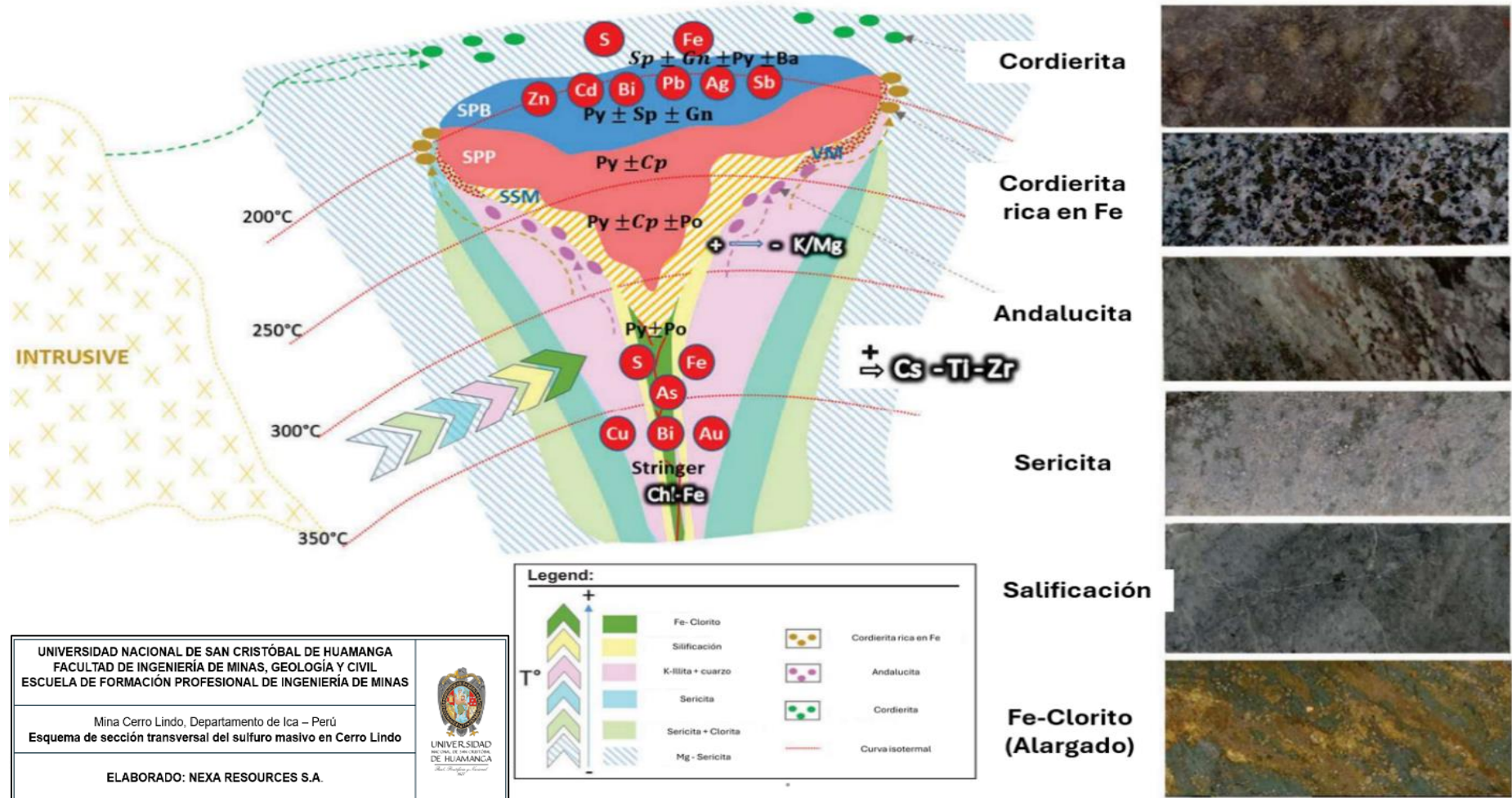
Rocas Intrusivas, rocas intrusivas del Batolito Costero, con edades que van desde el Cretácico Superior hasta el Terciario, se intruyeron entre 101 y 37 millones de años. El batolito está compuesto principalmente por granodioritas que rodean a los bloques de techo de las unidades volcánico-sedimentarias. Algunos cuerpos menores de microdiorita, diorita y gabro, así como numerosos diques, cortan las secuencias volcánico-sedimentarias. Los tipos de roca intrusiva más comunes son microdiorita, diorita de grano medio, granodiorita y porfirita andesítica (esta última también corta la intrusión granodiorítica).

Los diques porfídicos de feldespato tardíos ocurren en toda la propiedad, cortando tanto las rocas del Grupo Casma como las del Batolito Costero. En Cerro Lindo, estos forman un conjunto de diques con una tendencia noreste-suroeste.

Alteración, junto con la formación de cuerpos masivos de sulfuros, se desarrollaron diferentes tipos de halos de alteración hidrotermal: silicificación en la raíz, cloritización a lo largo de los bordes de la base y alteración sericítica, que forma el halo más amplio (desde sericita K-protóica en la zona proximal hasta sericita Mg-protóica en la zona distal).

Plano 6.


Depósito mineral U.M. Cerro Lindo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Mina Cerro Lindo, Departamento de Ica – Perú
 Esquema de sección transversal del sulfuro masivo en Cerro Lindo

ELABORADO: NEXA RESOURCES S.A.



Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

Mineralogía

La mineralización se encuentra alojada en una unidad piroclástica compuesta por cenizas y tobas polimícticas de tipo lapilli con fragmentos subredondeados y bien clasificados. Algunos lapilli tienen formas similares a lápices a escala centimétrica debido al desarrollo de una esquistosidad incipiente.

Se identificaron ocho estilos de mineralización en el depósito de Cerro Lindo:

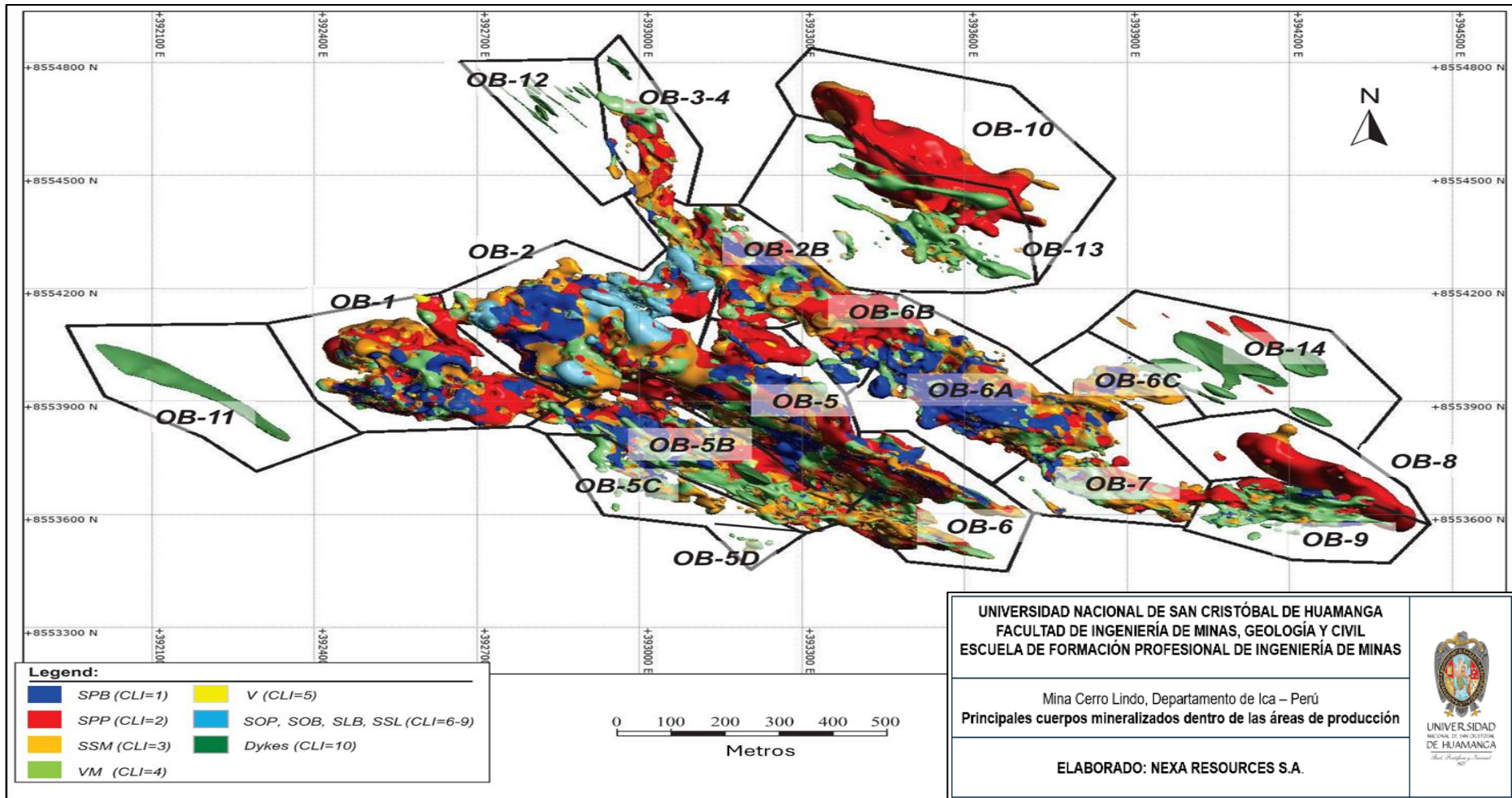
- **Sulfuros masivos primarios piritosos (SPP):** Esta unidad consiste casi exclusivamente en pirita, menos del 10% de barita y una cantidad mínima de calcopirita intersticial. Su estructura es equigranular, generalmente de grano grueso (3 mm a 6 mm), pero con áreas de grano fino (0,4 mm a 2 mm).
- **Sulfuros primarios homogéneos ricos en cobre y barita (Cu-SPB):** Esta unidad contiene más del 50% de sulfuros totales (incluyendo barita) y más del 10% de barita. La barita está asociada con los sulfuros porque se depositó a partir de la misma solución y al mismo tiempo que los sulfuros. Su estructura es homogénea y está compuesta por barita, pirita, pirrotita, calcopirita y esfalerita parda. Los sulfuros suelen ocurrir como intercrecimientos y parches, y la esfalerita parda está incluida en los granos de calcopirita. Hay menos pirita que en la unidad Zn-SPB. El Cu-SPB se encuentra generalmente dentro o cerca del contacto con Zn-SPB y SPP.
- **Sulfuros primarios bandeados y ricos en zinc y barita (Zn-SPB):** Esta unidad comprende más del 50% de los sulfuros totales (incluyendo barita) y más del 10% de barita. La unidad Zn-SPB contiene proporciones variables de pirita, barita, esfalerita amarilla y galena. Por lo general, presenta bandas y tiene un tamaño de grano grueso (3 mm a 6 mm)
- **Sulfuros semimasivos (SSM):** Esta unidad contiene entre un 20% y un 50% de sulfuros, que están representados principalmente por pirita estéril en forma de diseminaciones, parches, venillas y retículas. Esta mineralización generalmente tiene un tamaño de grano fino en comparación con los sulfuros masivos. SSM forma un envolvente variable de 20 m a 80 m de espesor alrededor de los cuerpos de sulfuros masivos. La proporción de sulfuros disminuye hacia el exterior. Está mejor desarrollado en el bloque inferior.
- **Sulfuros oxidados piritosos (SOP):** Esta unidad comprende bornita y covelita, y se encuentra principalmente en el área de producción minera OB2.
- **Sulfuros oxidados baríticos (SOB):** Esta unidad comprende bornita, covelita y zinc oxidado, y también se encuentra en el área de producción minera OB2.

- **Sulfuros masivos lixiviados (SLB) y sulfuros semimasivos lixiviados (SSL):** Estas unidades se encuentran cerca de la superficie.
- **Rocas volcánicas mineralizadas (VM):** Esta unidad contiene rocas de riolita y dacita con algo de calcopirita y esfalerita diseminadas en venillas o parches, ubicadas en el borde de las zonas mineralizadas.

Cerro Lindo contiene 19 áreas de producción minera dentro de los dominios de mineralización. Las lentes mineralizadas presentan una geometría alargada e irregular. Su eje más largo (aproximadamente 500 m) tiene una tendencia horizontal noroeste-sureste (azimut 135°). Los cuerpos mineralizados tienen aproximadamente 300 m de espesor (ocurriendo entre 1,600 y 1,980 metros sobre el nivel del mar) y 100 m de ancho. Son más grandes cerca del borde del Barranco Topará, más allá del cual disminuyen de tamaño hacia el sureste. Los cuerpos mineralizados generalmente tienen un buzamiento al suroeste de 65° en promedio.

Plano 7.

Mineralización por Ore Body



Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

La mayoría de estos cuerpos muestran tres tipos de mineralización. La parte superior presenta una mineralización masiva de barita, esfalerita, galena y pirita (SPB). La parte inferior incluye pirita masiva (SPP), con dos tamaños de grano diferentes en general, uno de grano fino con un mayor contenido de calcopirita y otro de grano grueso y en su mayoría estéril. En las porciones laterales, la mineralización es semimasiva, contiene del 20% al 50% de sulfuros y se presenta como diseminaciones, parches y stockworks. La base del sistema muestra un conjunto de pequeñas venas de pirita, pirrotita y en menor medida calcopirita. La mineralización en Cerro Lindo es generalmente de grano grueso, lo que puede estar relacionado con la recristalización debido al metamorfismo de contacto, lo cual mejora la recuperación metalúrgica.

El sulfuro masivo presenta frecuentemente una marcada estratificación, que puede estar relacionada con la deformación tectónica. En el contacto con los batolitos adyacentes, hay un predominio notable de sulfuros removilizados elongados en estratificación que se extiende paralelamente al contacto volcánico con los intrusivos. La rigidez de los batolitos probablemente favoreció la generación de áreas de mayor deformación y movilización de sulfuros.

Recientemente, se ha identificado un nuevo dominio denominado volcánico mineralizado (VM), que difiere de las demás litologías porque no contiene sulfuros masivos. La mineralización está dispersa o se presenta en forma de parches en la roca volcánica y consiste principalmente en tetraedrita, freibergita, esfalerita y galena. Las concentraciones típicas de metales en VM son de hasta 15% de Fe, 1% de Zn y más de 0.25% de Cu, 0.50% de Pb y 30 ppm de Ag.

La barita significativa está presente principalmente en las porciones superiores del yacimiento. Se formó una zona de enriquecimiento secundario, compuesta por calcocita y covelita, cerca de la superficie. La barita en polvo rica en plata permanece en la superficie como un vestigio de la oxidación y lixiviación de los sulfuros.

El contenido de plomo suele ser bajo y está principalmente asociado con zonas de alto contenido de zinc y localmente con venas de cuarzo tardías o pequeños enclaves volcánicos. Estos enclaves representan aproximadamente del 2% al 3% del volumen del yacimiento y suelen tener un diámetro de 0.5 m a 10 m. Las leyes de plata se correlacionan bien con el cobre y el plomo.

Como es típico de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos de estilo Kuroko, Cerro Lindo se caracteriza por una zona de mineralización distintiva.

- El contenido de zinc es mayor en las unidades de Zn-SPB. El contenido de cobre es mayor en las unidades de Cu-SPP. Sin embargo, el cobre también se encuentra en la unidad de SPB.
- Las leyes de plomo son más altas en las unidades de SPB y se reducen significativamente en las unidades de SPP. Se encuentra algo de plomo en SPP asociado con SPB o en enclaves. El contenido de plata es significativamente mayor en SPB, pero a veces también es importante en las unidades de SPP. La presencia de plata en SPB se debe a su afinidad por el plomo.
- Las leyes de zinc, plomo y plata son siempre más altas en SPB que en SPP; las leyes de cobre son siempre más altas en SPP.
- Las leyes de cobre tienden a disminuir desde el noroeste hacia el sureste; mientras que las leyes de zinc, plomo y plata tienden a aumentar en la misma dirección.

La mineralización se ha dividido en 19 áreas de producción minera, denominadas OB-1, OB-2, OB-2B, OB3-4, OB-5, OB-5B, OB-5C, OB-5D, OB-6, OB-6A, OB-6B, OB-6C, OB-7, OB8, OB-9, OB-10, OB-11, OB-12, OB-13 y OB-14. Las lentes mineralizadas muestran una geometría alargada e irregular, y su eje más largo (aproximadamente 500 m) tiene una tendencia horizontal noroeste-sureste (azimut 135°). Los cuerpos mineralizados tienen un espesor de hasta 300 m y un ancho de 100 m y generalmente se inclinan hacia el suroeste con un promedio de 65°.

2.4.2.5. Inventario de recursos y reservas

Las Reservas Minerales de Cerro Lindo se estimaron utilizando un valor de corte (NSR) de US\$33.56/t para la explotación en sub-niveles (SLS), US\$49.90/t para la explotación por corte y relleno (C&F), y un ancho mínimo de explotación de cinco y cuatro metros respectivamente. Las Reservas Minerales para extraer entre 2021 y 2029 se estimaron en 52.1 millones de toneladas, con una ley de 1.44% de zinc, 0.20% de plomo, 0.61% de cobre y 21 g/t de plata.

Tabla 1.*Resumen de recursos minerales a diciembre 31 del 2020*

| Categoría | Tonelaje (Mt) | Ley | | | | Contenido Metálico | | | |
|--------------------|------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | | Zinc (%) | Plomo (%) | Cobre (%) | Plata (g/t) | Zinc (000 t) | Plomo (000 t) | Cobre (000 t) | Plata (000 oz) |
| Medido | 4.4 | 2 | 0.2 | 0.67 | 19.61 | 87.8 | 8.86 | 29.38 | 2,774.11 |
| Indicado | 3.46 | 1.37 | 0.25 | 0.45 | 24.96 | 47.32 | 8.79 | 15.54 | 2,775.90 |
| Total M + I | 7.86 | 1.72 | 0.22 | 0.57 | 21.96 | 135.12 | 17.65 | 44.92 | 5,550.01 |
| Inferido | 8.71 | 1.28 | 0.35 | 0.33 | 31.23 | 111.12 | 30.59 | 29.1 | 8,747.99 |

*Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020***Tabla 2.***Resumen de reservas minerales a diciembre 31 del 2020*

| Categoría | Tonelaje (Mt) | Ley | | | | Contenido Metálico | | | |
|-----------------|------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | | Zinc (%) | Plomo (%) | Cobre (%) | Plata (g/t) | Zinc (000 t) | Plomo (000 t) | Cobre (000 t) | Plata (000 oz) |
| Probado | 29.37 | 1.71 | 0.23 | 0.6 | 20.86 | 501.5 | 66.1 | 177.3 | 19,702.00 |
| Probable | 22.73 | 1.08 | 0.18 | 0.62 | 21.86 | 246.4 | 40 | 141.8 | 15,770.00 |
| Total | 52.1 | 1.44 | 0.2 | 0.61 | 21.17 | 747.9 | 106.1 | 319.1 | 35,472.00 |

Fuente: Technical report on the Cerro Lindo mine, department of Ica, Perú, 2020

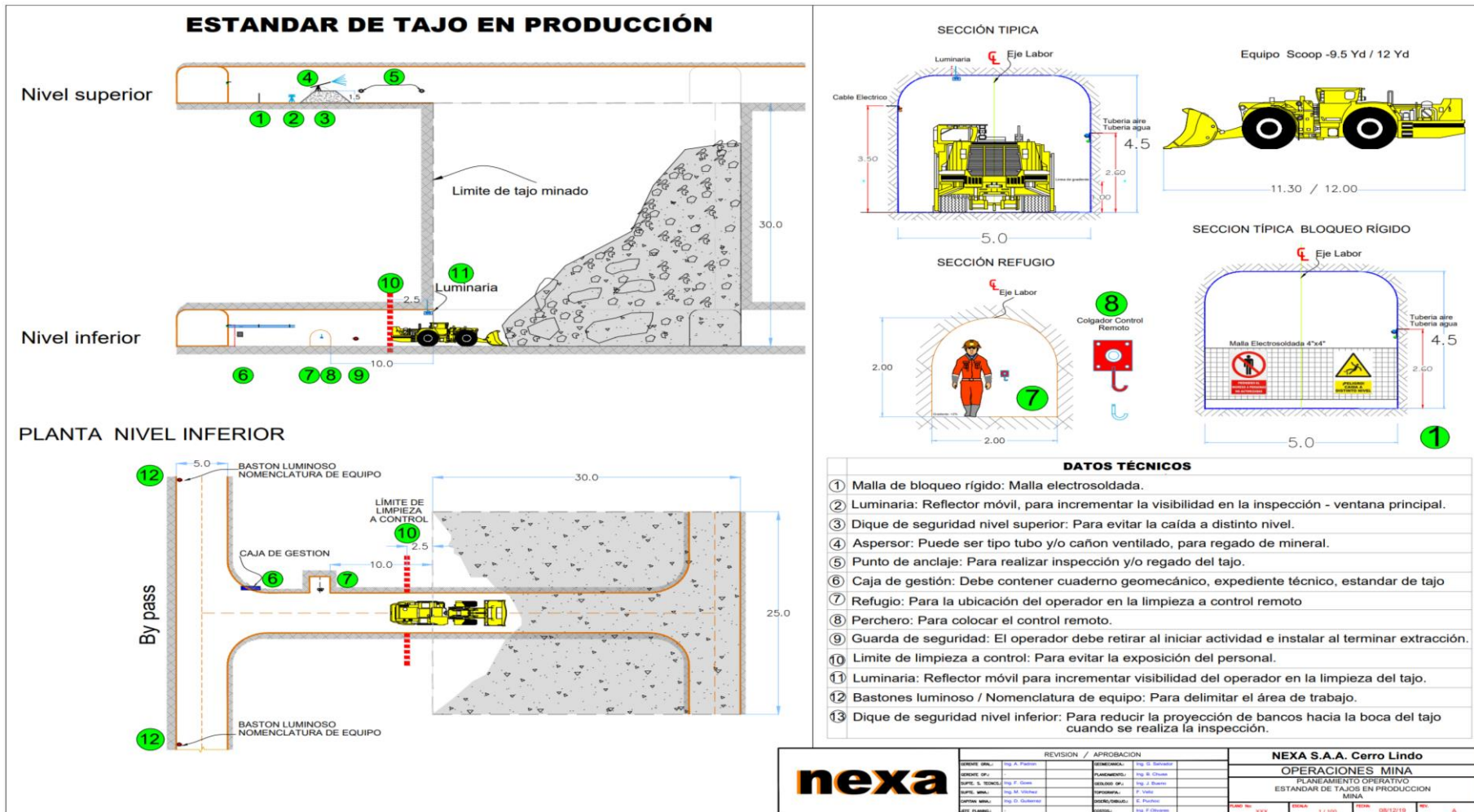
2.4.3. Mina

2.4.3.1. Diseño de método de explotación

A continuación, se mostrará gráficamente la implementación del Sub Level stoping en Cerro Lindo, el cual consiste en desarrollar y preparar un nivel superior de perforación y un nivel inferior de extracción o producción, los cuales son cruceros que cortan perpendicularmente al cuerpo mineralizado y conectándolo al By pass principal de extracción.

Figura 3.

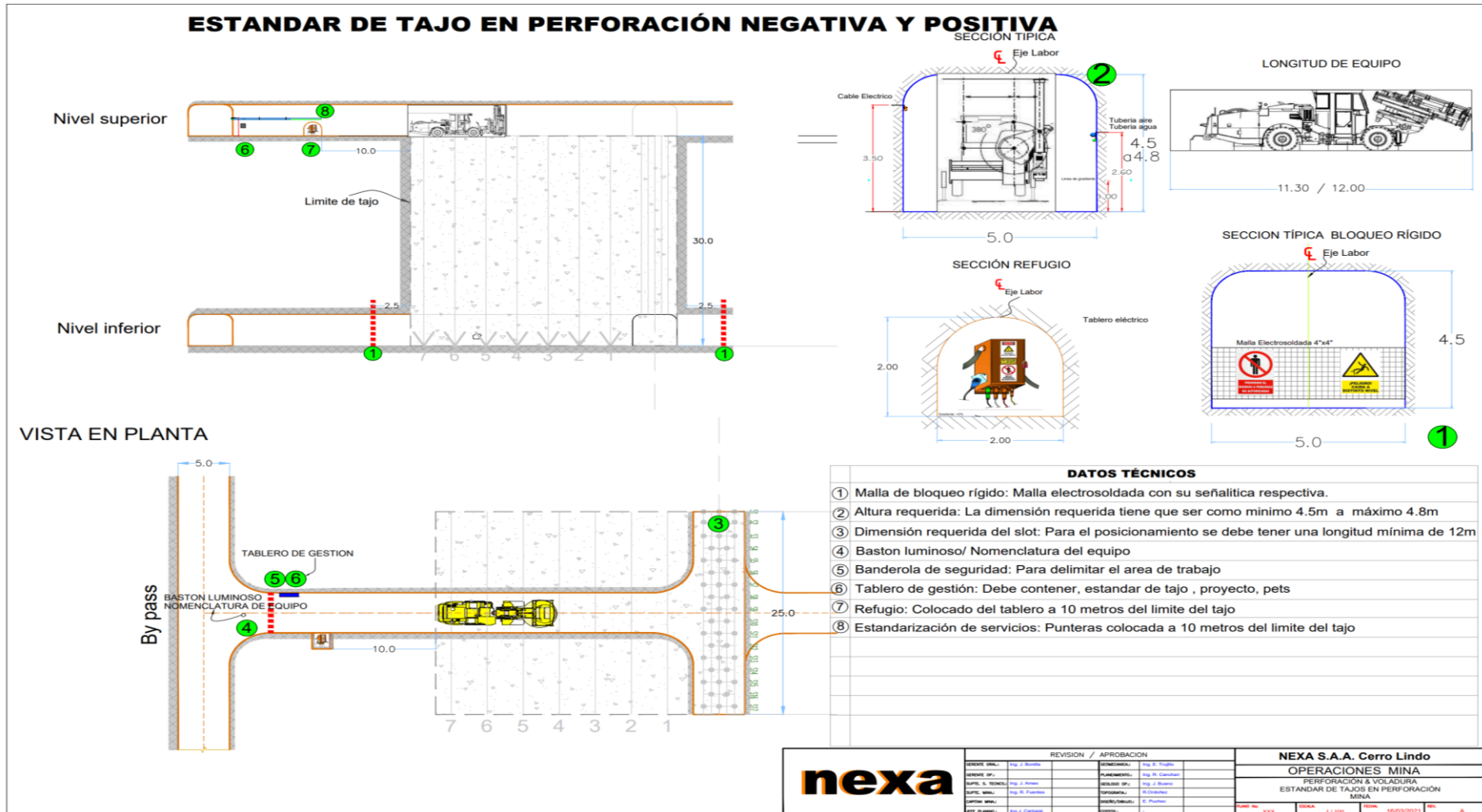
Estándar de diseño de tajo para explotación



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

Figura 4.

Diseño tajo de perforación U.M Cerro Lindo



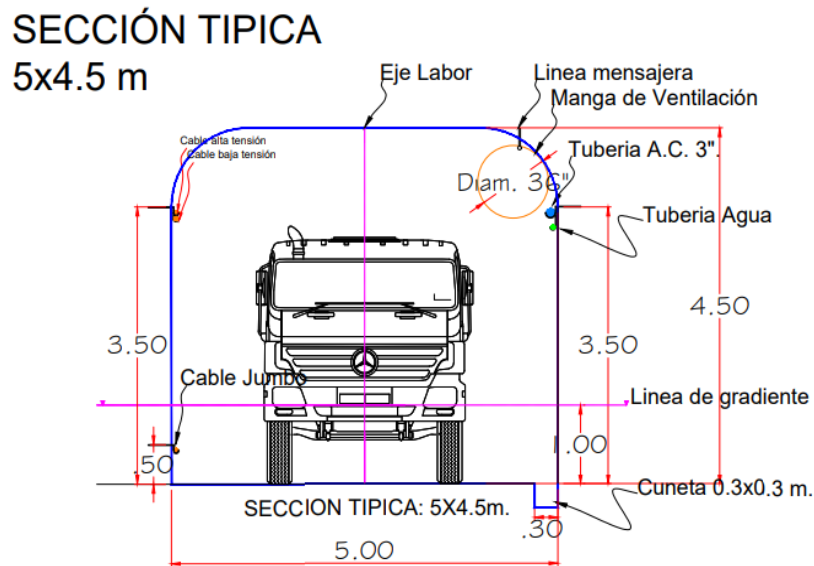
Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

2.4.3.2. Labores de desarrollo

Entre las labores de desarrollo de la mina tenemos los By-Pass principales de Sección 5.0 x 4.5 m y rampas principales de sección 5 x 5 m. Las rampas principales conectan hacia los niveles producción, teniendo una diferencia de cotas de 30 metros entre nivel y nivel.

Figura 5.

Sección típica de una labor de avance, U.M Cerro Lindo



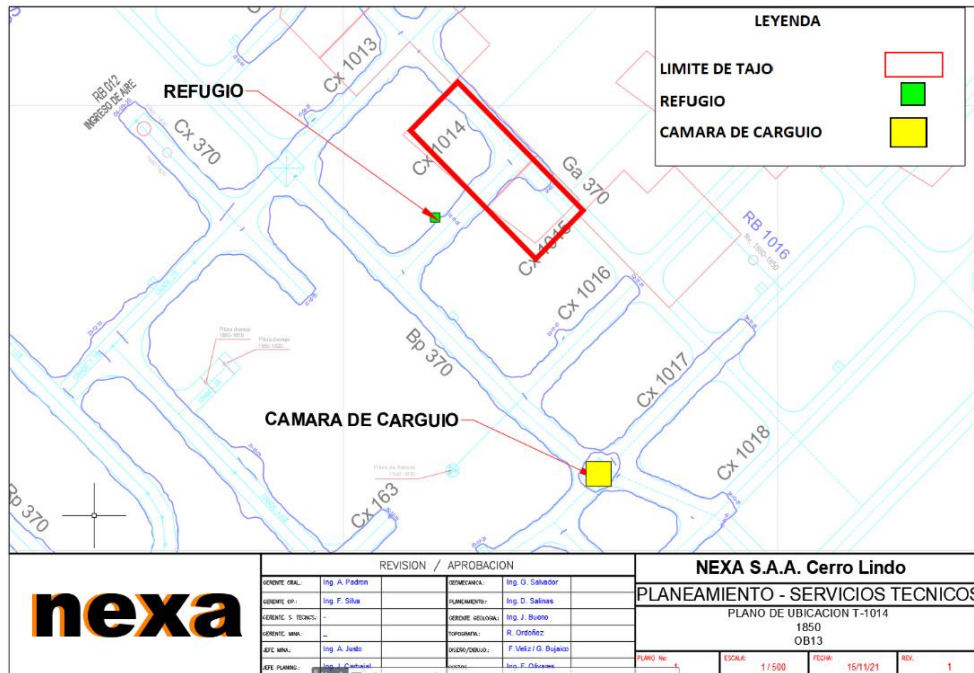
Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

2.4.3.3. Labores de preparación

Las labores de preparación como las galerías y cruceros tienen una sección típica 5 x 4.5 m, con estas labores el cuerpo mineralizado se disgrega en cubos de menor dimensión, a los cuales llamaremos tajos y que posteriormente pasarán a producción de acuerdo con una secuencia establecida en el planeamiento. Las galerías y cruceros se conectan hacia los By pass para hacer circuito de extracción hacia las rampas principales.

Plano 8.

Diseño del nivel de extracción de un tajo, U.M. Cerro Lindo



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

2.4.3.4. Ciclo de actividades en labores de desarrollo y preparación

Con respecto al ciclo de actividades para el desarrollo y preparación de la mina, nos enfocaremos refiriendo a las labores horizontales e inclinadas como Rampas, By-Pass, Galerías y cruceros.

a) Perforación de frentes

Para la perforación de frentes se utilizan los Jumbos – 282 de dos brazos, la sección típica de 5 x 5 m y 5 x 4.5 m. Con longitudes de perforación que varían de 16 pies en la zona alta y 18 pies en zonas de profundización. El diámetro de perforación es de 45 mm para taladros de producción y 102 mm para taladros de alivio en el arranque.

b) Voladura en frentes

Para el carguío de taladros de producción se utiliza como columna de carga el ANFO y como cebo Emulex 100 de 1 ½ x 12 pulgadas. Para la voladura de recorte en el contorno se utilizan cargas espaciadas con cartuchos de Emulex 100 de 1 x 7 pulgadas adheridas a cordón detonante 5P.

Para la iniciación se utiliza Exsaneles de periodo largo (detonadores no electrónicos), en conjunto con el cordón detonante para el amarre del frente y Carmex.

El factor de carga promedio es de 50 kg /m.

c) Ventilación

El aire viciado producto de la voladura o combustión Diesel de equipos, son evacuados a través de las troncales secundarias y principales del circuito de ventilación, el cual cuenta con extractores e inyectores en la red.

El protocolo de voladura se realiza de 6:15 a 6:45 am/pm, luego de esto se da un tiempo de 45 minutos en promedio para el ingreso del personal a sus labores de trabajo.

d) Limpieza y acarreo

En Cerro Lindo se cuenta con equipos Scoop de 9Yd3 para la limpieza de desmonte / mineral. El modelo usado son los R2900G de Caterpillar, que son equipos robustos y altamente productivos. Estos a su vez cargan el material roto en volquetes Scania G540B8X4HZ con una capacidad de carga útil de 45 toneladas.

e) Desate mecanizado

El desate de rocas se realiza de manera mecanizada con equipos Scaler. Dependiendo del tipo de labor, condición y por seguridad se puede optar por el uso de los siguientes modelos

Secciones de 3 a 5 m de altura promedio: ScaleBoss - BTI

Secciones de 3 a 7 m de altura promedio: RMS 18 Scaler – BTI

f) Sostenimiento

El sostenimiento que se usa en la mina Cerro Lindo es el shotcrete y perno helicoidal en su gran mayoría y para rocas de mala calidad se emplea shotcrete, malla electrosoldada, Swellex y nuevamente shotcrete. Esto respecto a la evaluación geomecánica del macizo rocoso.

2.4.3.5. Ciclo de minado para la producción de tajos

Una vez entregada la excavación de acuerdo con el proyecto, se inicia con la preparación del tajo para producción. Para lo cual vamos a considerar dos clases de tajos.

Tajos negativos, son aquellos que cuentan con preparación tanto por el nivel superior como inferior. Al mismo tiempo, el tipo de perforación de taladros largos son pasantes negativos y como cara libre un Raise Boring.

Tajos positivos, son aquellos que solo cuentan con preparación por el nivel inferior, debido a factores como inaccesibilidad por el nivel superior o simplemente por la delimitación del bloque mineralizado económico. En este caso la perforación de taladros largos que se realiza es de manera positiva y como cara libre se perfora un VCR.

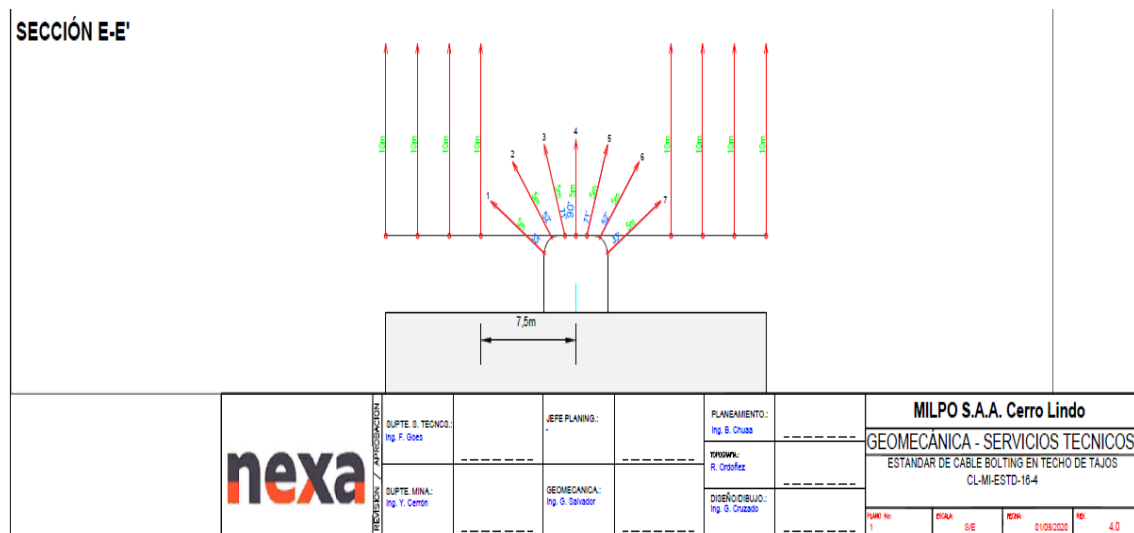
a) Sostenimiento con Cable Bolting

Para reforzar las condiciones de estabilidad del tajo se realiza la perforación, cableado e inyectado del cable Bolting a una longitud de 9 metros de acuerdo con diseños geomecánicos.

Se instala en el techo o nivel superior del tajo para prevenir un posible realce de labor y conservar el siguiente piso de producción. Y también se instala en las ventanas de extracción para brindar mayor seguridad al operador respecto a alguna inestabilidad generada post voladura.

Figura 6.

Diseño de perforación e instalación de cable bolting



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

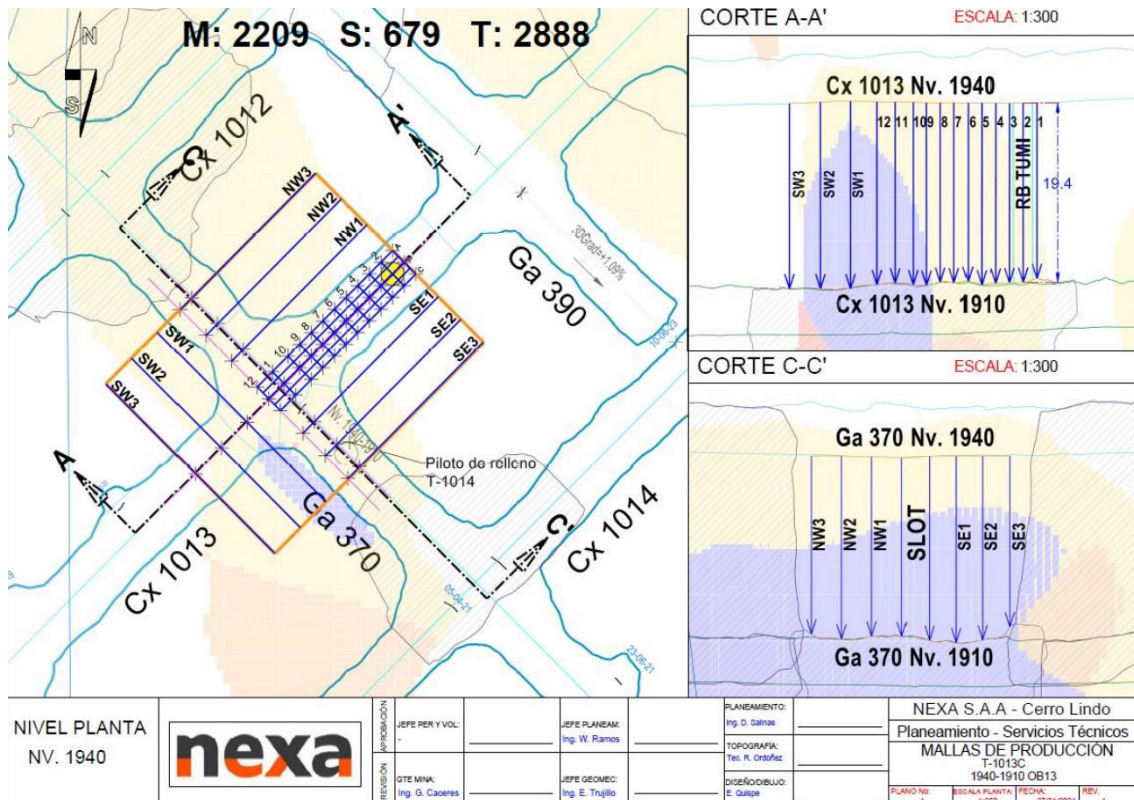
b) Perforación de taladros largos

Para la perforación de taladros largos, tenemos que considerar dos tipos:

- Perforación negativa pasante, la cual se realiza con equipo Simba M4C. La columna de perforación consta de una unidad de rotación, coupling, tubos de perforación de 76 x 6.3 x 1800 mm, martillo de perforación DTH 460 y broca DTH 460 de 102 mm. La perforación se realiza del nivel superior al inferior en una diferencia de cotas de 30 metros.
- Perforación positiva, se cuenta con dos equipos. El Simba M4C cuya columna de perforación consta de una perforadora COP 1550, shank adapter COP 1550, barra de perforación T 38, broca T 38 de 76 mm. Luego tenemos el DL421 de Sandvik que tiene un diámetro de perforación de 89 mm.

Plano 9.

Diseño de perforación de taladros largos en un tajo pasante



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

c) Perforación Raise Boring – Slot o Cara Libre

Para la generación de la cara libre se utiliza equipos Raise Boring modelo SBM400SR de la empresa Tumi, el cual perfora un piloto desde el nivel superior al nivel inferior con un diámetro de 10 pulgadas, al conectar el piloto en el nivel inferior se procede a realizar el embone de la cabeza rimadora y generar a través del rimado la cara libre para la voladura con un diámetro de 2.1 metros.

Figura 7.

Perforación de piloto para embonado y rimado de cara libre con equipo Raise Boring



Fuente: Material de capacitación empresa Tumi, 2023

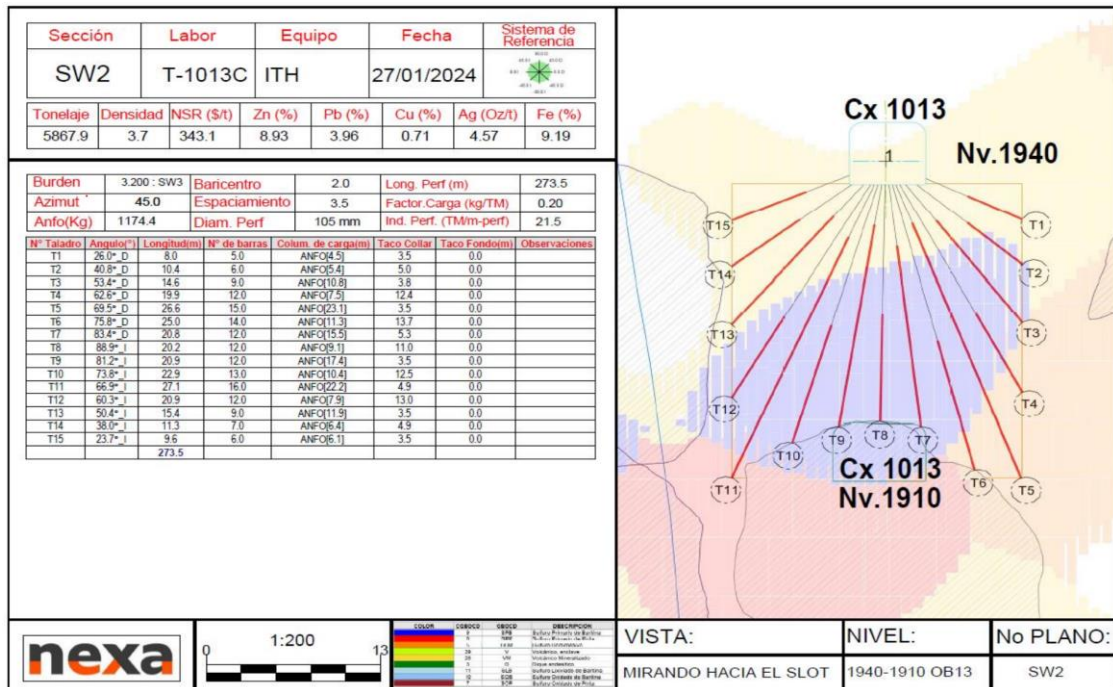
d) Voladura de producción

La voladura de producción contempla los siguientes componentes:

- Detonadores electrónicos I-Kon III en su versión RX, este detonador de la empresa Orica nos ofrece un retardo programable de 0 a 30 segundos.
- Como iniciador o Primer se utiliza el booster Pentex TM CD – 450.
- Como columna de carga se utiliza ANFO en la presentación de EXAMON-P.
- Para la programación de los taladros para voladura, estos se conectan entre sí, a través de un cable de logeo que amarra a cada detonador y está conectado a la computadora o blaster para la detonación a una distancia segura de 500 metros.

Figura 8.

Malla de carguío para voladura en taladros largos



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

Figura 9.

Secuencia de etapas de voladura en taladros largos



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

e. Limpieza y acarreo

En Cerro Lindo se cuenta con equipos Scoop de 9Yd3 y 11Yd3 para la limpieza de mineral en producción. El modelo usado son los R2900G de Caterpillar, que son

equipos robustos y altamente productivos. Estos a su vez cargan el material roto en volquetes Scania G540B8X4HZ con una capacidad de carga útil de 45 toneladas.

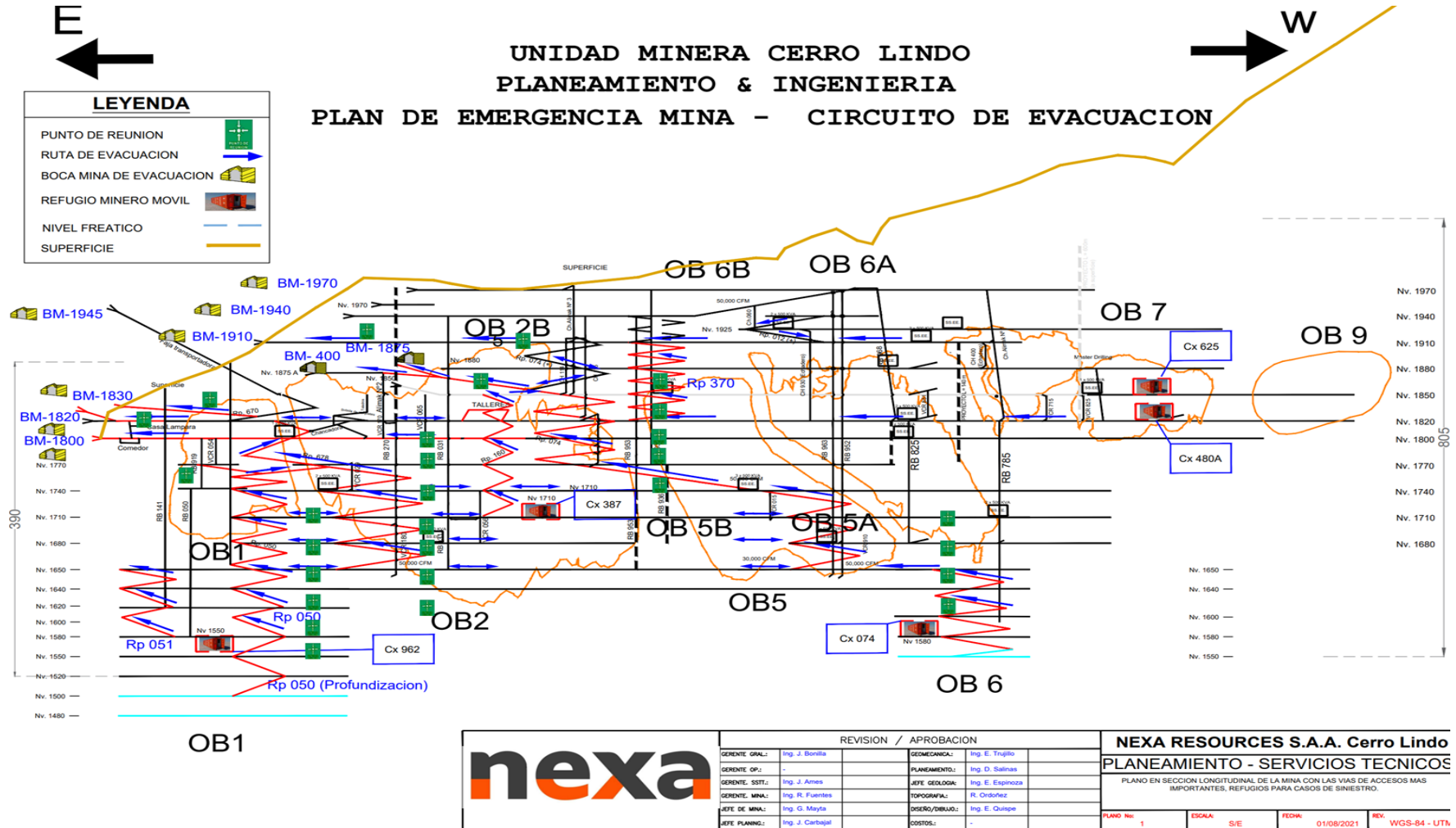
f. Extracción por chancado primario desde interior mina a planta

Toda la extracción de mineral se direcciona al nivel 1820 en interior mina, aquí se encuentra la chancadora primaria, la cual reduce la granulometría del mineral y traslada mediante faja transportadora el mineral chancado hacia la tolva de gruesos en superficie para continuar con el proceso de conminución de chancado secundario, molienda en la planta de beneficio.

Los volquetes descargan el mineral en los Ore Pocket, donde el mineral que tenga una granulometría menor a 12 pulgadas pasa directo al chancador primario y los bancos de mineral que tenga mayor diámetro son fragmentados con martillos percutores hidráulicos (Rompe Bancos) hasta conseguir la fragmentación requerida por el chancador primario.

Plano 10.

Vista de sección longitudinal de la Mina Cerro Lindo



Fuente: Planeamiento Cerro Lindo, 2023

CAPÍTULO III

JUSTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA

La compañía Nexa Resources tiene programado para el 2021 un programa agresivo en desarrollo y producción para sus operaciones mineras, cuyo fin es incrementar la producción de zinc y cobre ante un panorama favorable para el aumento de los precios de los commodities en el mercado internacional.

El desempeño de la flota de equipos mineros con los que actualmente cuenta la U.M. Cerro Lindo, es uno de los factores más importantes que jugará un papel crucial para lograr las metas físicas planteadas en el forecast.

Optimizar la gestión de flotas de equipos mineros no solo permitirá alcanzar las metas de producción establecidas, sino que aumentará la competitividad en el mercado. Además, una gestión más eficiente de las flotas contribuirá a mejorar las condiciones de trabajo y la seguridad de los empleados en la mina.

Por ello, es importante realizar una evaluación de los principales indicadores de disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento de los equipos mineros, con el objetivo de calcular un dimensionamiento de flota y poder comparar estos valores con los que se tienen actualmente en la operación, lo cual nos ayudará a tomar mejores decisiones en la planificación diaria.

3.1. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional

3.1.1. Objetivo general

Evaluación de Kpi 's: Disponibilidad mecánica, utilización y productividad de la flota de equipos mineros para el cumplimiento de las metas físicas 2021 – Cerro Lindo.

3.1.2. Objetivos específicos

- Calcular los principales indicadores de disponibilidad mecánica por cada flota de equipo minero.
- Calcular los principales indicadores de utilización y rendimiento por cada flota de equipo minero.
- Calcular el requerimiento de flota en base a los indicadores de disponibilidad mecánica, utilización, rendimientos y metas físicas 2021.
- Realizar un comparativo del dimensionamiento de flota calculado versus la flota actual en Cerro Lindo.

3.2. Antecedentes del problema

La gestión eficiente de flotas mineras es un aspecto crítico para la operación exitosa de la U.M. Cerro Lindo. La industria minera enfrenta constantes desafíos para optimizar sus operaciones y maximizar la productividad, y en Cerro Lindo no es una excepción. La eficiencia operativa de las flotas de equipos mineros juega un papel crucial en la capacidad de la mina para alcanzar sus metas de desarrollo, preparación y producción, y con ello mantener su competitividad en el sector minero.

3.3. Beneficios esperados del trabajo

- Mejora en la eficiencia operativa, la optimización de la gestión de flotas permitirá una asignación más eficiente de recursos y una reducción de los tiempos de inactividad no planificadas.
- Al mejorar la coordinación y la programación de mantenimiento, la mina será capaz de alcanzar sus metas de producción de manera más consciente.
- La reducción de tiempos de inactividad y la optimización de los recursos conducirán a una disminución de los costos operativos.
- Una gestión más eficiente de las flotas de equipos contribuirá a reducir los riesgos laborales y mejorar las condiciones de trabajo para el personal de la mina.

3.4. Indicadores de los objetivos

a. Disponibilidad mecánica

Es la proporción de tiempo programado que el equipo está acondicionado mecánicamente (después de reparaciones mecánicas y eléctricas, preventivas y de servicio) para ser utilizado para el propósito previsto. Es un factor considerado para entender este parámetro ya que refleja la disminución del tiempo programado debido a

retrasos mecánicos y eléctricos. Un retraso por una falla o reparación mecánica, eléctrica; por tanto, incluye la sustitución de piezas desgastadas y la soldadura, así como importantes trabajos de reparación. La disponibilidad de un equipo se puede determinar mediante la ecuación. Agyei & Wetley (2019)

$$DM = (\text{Tiempo de operación real} / \text{Tiempo total programado}) \times 100\%$$

Donde:

Tiempo de operación real: tiempo durante el cual el equipo estuvo disponible y operativo.

Tiempo total programado: Tiempo total durante el cual se esperaba que el equipo estuviera disponible.

b. Utilización

La utilización se refiere al porcentaje de tiempo durante el cual el equipo se está utilizando para realizar trabajo productivo. Se calcula de la siguiente forma:

$$UT = (\text{Tiempo de operación real} / \text{Tiempo total real}) \times 100\%$$

Donde:

Tiempo de operación real: tiempo durante el cual el equipo estuvo realizando trabajo productivo.

Tiempo total programado: Tiempo total transcurrido durante el cual se esperaba que el equipo estuviera disponible, incluyendo tiempos de operación y tiempos de inactividad.

c. Productividad

Se refiere a la cantidad de trabajo realizado por el equipo durante un periodo de tiempo determinado. Se calcula de diferentes maneras dependiendo del tiempo de equipo y el tipo de trabajo realizado. Por ejemplo, para equipos de carga y transporte en minería, la productividad se puede calcular como la cantidad de toneladas de material movidas por hora, metros cuadrados desatados por hora, pernos por hora, etc.

3.5. Fuentes de datos

Base de datos histórico del área de productividad mina, haciendo énfasis en la disponibilidad mecánica, utilización y productividad de cada equipo minero. Metas físicas del Budget 2021: evacuación de mineral, evacuación de desmonte, metros de

desarrollo, metros de preparación, metros de rehabilitación, metros de perforación en taladros largos.

3.6. Presupuesto

La presente investigación se realizó con recursos propios e instalaciones de la mina, siendo el equipo de trabajo conformado por el jefe de operaciones corporativo, jefe de mantenimiento mecánico, un ingeniero planner de mantenimiento mecánico y dos ingenieros training de operaciones de la U.M Cerro Lindo a tiempo completo.

3.7. Proceso de autorización de estudio

El proceso de autorización del presente estudio se realizó mediante solicitud directa de la gerencia general de la unidad hacia el gerente de mina. Haciendo hincapié en la importancia y urgencia de tener un panorama claro de las operaciones hacia el cumplimiento de las metas físicas 2022.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO E INDICADORES DE GESTIÓN

En la U.M Cerro Lindo, como bachiller en ingeniería de minas desempeñé la función de jefe de guardia Junior, para lo cual ya había realizado un año de entrenamiento en operaciones unitarias de minado de avances, producción y taladros largos. Y para el 2021 al 2022 venía asumiendo el liderazgo del área de productividad mina, reportando directamente a la gerencia de mina.

Dentro del área de productividad mina, se realizó la función de administración de las bases de datos de la operación para la generación de reportes gerenciales e indicadores de gestión, control de valorizaciones mensuales y administración del área logística en SAP.

Por tal motivo, fui considerado dentro del equipo de trabajo para el tratamiento e interpretación de los principales indicadores que se presentan en este trabajo. Del cual en adelante se detallarán la forma en la cual se obtuvieron.

4.1. Revisión y validación de base de datos mina

En esta etapa del proceso, se solicitó y realizó la revisión de la base de datos del área de productividad mina, con el objetivo de tratar estos datos en la elaboración de indicadores de gestión (KPI), para ello se acordó tomar los periodos de referencia de los años 2019 y 2020, por ser representativos en la proyección que se realizó para el periodo 2021.

4.2. Cálculo de la disponibilidad mecánica por flota

A continuación, se presentará el cuadro resumen del cálculo de disponibilidad mecánica por flota, comprendido entre los periodos 2019 al 2020. Para lo cual se utilizó la base de datos del área de productividad mina como fuente de información como se mencionó anteriormente.

Tabla 3.*Disponibilidad mecánica del 2019 al 2020, por flota de equipo minero en Cerro Lindo*

| Disponibilidad mecánica 2019 al 2020 | | | | | |
|---|--------------|------------------|---------------|--------------|--------------|
| Periodo | Scoop | Desatador | Bolter | Jumbo | Simba |
| Ene – 19 | 89% | 78% | 82% | 79% | 80% |
| Feb – 19 | 86% | 80% | 80% | 80% | 78% |
| Mar – 19 | 90% | 74% | 83% | 78% | 78% |
| Abr – 19 | 87% | 75% | 80% | 77% | 82% |
| May – 19 | 87% | 73% | 84% | 75% | 80% |
| Jun – 19 | 89% | 72% | 80% | 79% | 76% |
| Jul – 19 | 70% | 77% | 80% | 74% | 74% |
| Ago – 19 | 70% | 61% | 83% | 80% | 86% |
| Set – 19 | 79% | 64% | 80% | 77% | 58% |
| Oct – 19 | 77% | 56% | 77% | 75% | 76% |
| Nov – 19 | 79% | 58% | 83% | 79% | 83% |
| Dic – 19 | 79% | 60% | 80% | 81% | 83% |
| Ene – 20 | 88% | 54% | 80% | 79% | 83% |
| Feb – 20 | 87% | 54% | 76% | 77% | 84% |
| Mar – 20 | 72% | 54% | 68% | 63% | 51% |
| Abr – 20 | 65% | 44% | 55% | 59% | 66% |
| May – 20 | 70% | 44% | 67% | 73% | 64% |
| Jun – 20 | 78% | 43% | 77% | 87% | 72% |
| Jul – 20 | 80% | 36% | 88% | 87% | 77% |
| Ago – 20 | 85% | 25% | 88% | 47% | 70% |
| Set – 20 | 72% | 43% | 82% | 73% | 75% |
| Oct – 20 | 67% | 30% | 73% | 76% | 67% |
| Nov – 20 | 64% | 27% | 77% | 55% | 69% |
| Dic – 20 | 63% | 30% | 83% | 76% | 75% |
| Prom. | 78% | 55% | 79% | 74% | 75% |

*Fuente: Bases de datos productividad mina, Cerro Lindo.***4.3. Cálculo de la utilización mecánica por flota**

A continuación, se presentará el cuadro resumen del cálculo de utilización mecánica por flota, comprendido entre los periodos 2019 al 2020. Para lo cual se utilizó la base de datos como fuente de información.

Tabla 4.*Utilización mecánica del 2019 al 2020, por flota de equipo minero en Cerro Lindo*

| Disponibilidad mecánica 2019 al 2020 | | | | | |
|---|--------------|------------------|---------------|--------------|--------------|
| Periodo | Scoop | Desatador | Bolter | Jumbo | Simba |
| Ene – 19 | 64% | 48% | 36% | 51% | 57% |
| Feb – 19 | 68% | 45% | 40% | 58% | 49% |
| Mar – 19 | 32% | 56% | 22% | 34% | 38% |
| Abr – 19 | 24% | 53% | 7% | 5% | 13% |
| May – 19 | 44% | 51% | 29% | 18% | 29% |
| Jun – 19 | 58% | 57% | 36% | 41% | 57% |
| Jul – 19 | 47% | 55% | 29% | 31% | 51% |
| Ago – 19 | 43% | 57% | 40% | 65% | 48% |
| Set – 19 | 60% | 50% | 40% | 45% | 44% |
| Oct – 19 | 65% | 50% | 40% | 50% | 43% |
| Nov – 19 | 68% | 49% | 38% | 65% | 45% |
| Dic – 19 | 53% | 50% | 24% | 26% | 45% |
| Ene – 20 | 63% | 48% | 45% | 60% | 58% |
| Feb – 20 | 69% | 53% | 45% | 62% | 62% |
| Mar – 20 | 68% | 43% | 41% | 60% | 62% |
| Abr – 20 | 68% | 17% | 45% | 58% | 59% |
| May – 20 | 62% | 41% | 46% | 50% | 55% |
| Jun – 20 | 65% | 50% | 44% | 54% | 60% |
| Jul – 20 | 68% | 61% | 46% | 54% | 58% |
| Ago – 20 | 66% | 61% | 38% | 49% | 47% |
| Set – 20 | 64% | 59% | 42% | 53% | 55% |
| Oct – 20 | 70% | 60% | 39% | 58% | 56% |
| Nov – 20 | 67% | 65% | 36% | 51% | 48% |
| Dic – 20 | 66% | 46% | 38% | 50% | 54% |
| Prom. | 59% | 51% | 37% | 48% | 50% |

Fuente: Bases de datos productividad mina, Cerro Lindo.

4.4. Cálculo de la productividad por flota

Así como se realizó los cálculos de disponibilidad mecánica y utilización para cada flota de equipo minero de Cerro Lindo, se procedió a calcular el rendimiento o productividad de cada flota. Este valor en conjunto con la disponibilidad y utilización nos ayudaran a proyectar la capacidad instalada que tenemos para el cumplimiento de las metas físicas.

- Para los Scoop, los valores se van a presentar en Toneladas / Hora.
- Para los Desatadores, los valores se van a presentar en Metros cuadrados / Hora.
- Para los Jumbo Empernadores (Bolter), los valores se van a presentar en Metros / Hora.
- Para los Jumbos Frontoneros, los valores se van a presentar en Metros / Hora.
- Para los Simbas, los valores se van a presentar en Metros / Hora.

Tabla 5.*Productividad 2019 al 2020, por flota de equipo minero en Cerro Lindo*

| Productividad 2019 al 2020 | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Periodo | Scoop Tn / Hr | Desatador M2 / Hr | Bolter M / Hr | Jumbo M / Hr | Simba M / Hr |
| Ene – 19 | 241.15 | 32.07 | 3.61 | 132.11 | 19.97 |
| Feb – 19 | 237.24 | 35.11 | 3.23 | 123.04 | 19.80 |
| Mar – 19 | 265.08 | 29.61 | 3.24 | 87.47 | 10.64 |
| Abr – 19 | 244.14 | 28.49 | 3.18 | 45.69 | 5.75 |
| May – 19 | 251.90 | 24.43 | 2.78 | 17.00 | 9.81 |
| Jun – 19 | 251.17 | 26.21 | 3.24 | 131.15 | 17.30 |
| Jul – 19 | 242.10 | 27.80 | 3.06 | 101.72 | 15.23 |
| Ago – 19 | 245.53 | 28.96 | 3.23 | 70.17 | 14.30 |
| Set – 19 | 261.45 | 26.49 | 2.96 | 103.81 | 20.50 |
| Oct – 19 | 252.51 | 29.55 | 4.02 | 122.33 | 19.63 |
| Nov – 19 | 251.76 | 30.37 | 3.70 | 82.07 | 19.52 |
| Dic – 19 | 242.95 | 30.64 | 3.45 | 128.26 | 19.52 |
| Ene – 20 | 246.11 | 36.26 | 3.64 | 129.80 | 20.08 |
| Feb – 20 | 256.82 | 31.74 | 3.33 | 127.81 | 21.78 |
| Mar – 20 | 299.62 | 23.52 | 3.46 | 125.63 | 20.34 |
| Abr – 20 | 211.92 | 13.62 | 1.39 | 129.81 | 22.16 |
| May – 20 | 299.34 | 22.28 | 2.06 | 123.13 | 20.79 |
| Jun – 20 | 285.64 | 35.07 | 4.63 | 123.62 | 20.77 |
| Jul – 20 | 259.18 | 27.56 | 3.38 | 122.07 | 22.12 |
| Ago – 20 | 238.36 | 24.40 | 2.48 | 124.16 | 20.91 |
| Set – 20 | 238.41 | 30.58 | 2.78 | 126.00 | 19.21 |
| Oct – 20 | 245.00 | 40.40 | 5.00 | 128.68 | 17.74 |
| Nov – 20 | 256.46 | 42.38 | 3.70 | 126.74 | 16.14 |
| Dic – 20 | 253.34 | 43.61 | 3.61 | 125.76 | 13.59 |
| Prom. | 253.22 | 30.05 | 3.30 | 110.75 | 17.83 |

*Fuente: Bases de datos productividad mina, Cerro Lindo.***4.5. Cálculo de ábacos de desempeño por equipos.**

En los anexos se van a presentar los ábacos que se elaboraron para poder simular los distintos escenarios que se pueden proyectar para el cumplimiento de las metas físicas 2021, variando los parámetros de disponibilidad, utilización y productividad. Esto con el objetivo de brindar una herramienta de toma de decisiones a nivel operativo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

A continuación, se muestran las metas físicas planteadas para el 2021, para la operación minera Cerro Lindo. Los cuales nos servirán de guía para la evaluación y estimación del dimensionamiento de flota actual.

5.1. Metas físicas 2021, Cerro Lindo

Tabla 6.

Metas físicas 2021, Cerro Lindo

| Ítem | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 | Total |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| Avances Total Nexa (m) | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 11,304 |
| Mineral proveniente de Tajeos (t) | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 6,544,238 |
| Numero de Tajos (#) | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Mineral proveniente de Avances (t) | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 455,762 |
| Mineral Total (t) | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 583,333 | 7,000,000 |
| Desmonte (t) | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 720,000 |
| Total (M)+(D) | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 7,720,000 |

Fuente: Proporcionado por la Gerencia de Servicios Técnicos.

5.2. Dimensionamiento flota Scoops

Tabla 7.

Dimensionamiento de flota para Scoops, Cerro Lindo

| Scoops | Unidad | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|--------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Disp | % | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% | 78% |
| Util | % | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% |
| Productividad | ton/h | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 | 253 |
| días Mes | días | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Horas Dia | horas | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 |
| HH | horas | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| HD | horas | 581 | 525 | 581 | 562 | 581 | 562 | 581 | 581 | 562 | 581 | 562 | 581 |
| HT | horas | 345 | 311 | 345 | 334 | 345 | 334 | 345 | 345 | 334 | 345 | 334 | 345 |
| Producción/Equipo | ton | 87,299 | 78,850 | 87,299 | 84,483 | 87,299 | 84,483 | 87,299 | 87,299 | 84,483 | 87,299 | 84,483 | 87,299 |
| ROM Tajos | ton | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 |
| ROM Avances | ton | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 | 37,980 |
| Desmonte | ton | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 | 60,000 |
| Ton Total | ton | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 | 643,333 |
| Impacto por actividad complementaria | ton | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 | 23,000 |
| Demanda Total | ton | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 | 666,333 |
| Flota Plan Maestro | Unid. | 7.63 | 8.45 | 7.63 | 7.89 | 7.63 | 7.89 | 7.63 | 7.63 | 7.89 | 7.63 | 7.89 | 7.63 |
| Flota Necesaria | Unid. | 8.00 | 9.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| Flota Considerada | Unid. | 8.00 | 9.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| Flota Ore Pocket | Unid. | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Flota Relleno | Unid. | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Flota Servicios Auxiliares | Unid. | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Flota Total Scoops | Unid. | 11.00 | 12.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 | 11.00 |
| Flota Actual | Unid. | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 13.00 |
| Diferencia de Flota | unid. | -2.00 | -1.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 |

Fuente: Plan maestro elaborado por el equipo multidisciplinario, Cerro Lindo.

5.3. Dimensionamiento flota desatadores

Tabla 8.

Dimensionamiento de flota para Desatadores mecánicos, Cerro Lindo

| Desatadores mecánicos | Unidad | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|-----------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Disp | % | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% | 55% |
| Util | % | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% | 51% |
| Productividad | m2/hr | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 | 30.05 |
| Días Mes | días | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Horas Día | horas | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 |
| HH | horas | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| HD | horas | 407 | 368 | 407 | 394 | 407 | 394 | 407 | 407 | 394 | 407 | 394 | 407 |
| HT | horas | 208 | 188 | 208 | 201 | 208 | 201 | 208 | 208 | 201 | 208 | 201 | 208 |
| Producción/Equipo | m2 | 6,251 | 5,646 | 6,251 | 6,049 | 6,251 | 6,049 | 6,251 | 6,251 | 6,049 | 6,251 | 6,049 | 6,251 |
| Metros Avances | m | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 |
| Desate Tajos | m2 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 |
| Desate Avances | m2 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 | 14,921 |
| Demanda Total | m2 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 | 16,721 |
| Flota Plan Maestro | unidades | 2.67 | 2.96 | 2.67 | 2.76 | 2.67 | 2.76 | 2.67 | 2.67 | 2.76 | 2.67 | 2.76 | 2.67 |
| Flota Necesaria | unidades | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Flota Considerada | unidades | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Flota Actual | unidades | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Diferencia de Flota | unidades | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 | -2.00 |

Fuente: Plan maestro elaborador por el equipo multidisciplinario, Cerro Lindo.

5.4. Dimensionamiento flota Empernadores – Bolter

Tabla 9.

Dimensionamiento de flota para Jumbo Empernador, Cerro Lindo

| Jumbo Empernador | Unidad | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Disp | % | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% | 79% |
| Util | % | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% | 37% |
| Productividad | Pernos/hr | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Productividad* | m/h | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Días Mes | días | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.0 | 31.0 | 30.0 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Horas Dia | horas | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.00 | 24.00 | 24.00 |
| HH | horas | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| HD | horas | 585 | 528 | 585 | 566 | 585 | 566 | 585 | 585 | 566 | 585 | 566 | 585 |
| HT | horas | 215 | 194 | 215 | 208 | 215 | 208 | 215 | 215 | 208 | 215 | 208 | 215 |
| Producción/Equipo | m | 860 | 777 | 860 | 832 | 860 | 832 | 860 | 860 | 832 | 860 | 832 | 860 |
| Avances | m | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 |
| Otros tipos de perforación (metros AV) | m | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| Demanda rehabilitación | m | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 | 1,044 |
| Flota Plan Maestro | Unid. | 1.21 | 1.34 | 1.21 | 1.25 | 1.21 | 1.25 | 1.21 | 1.21 | 1.25 | 1.21 | 1.25 | 1.21 |
| Flota necesaria | Unid. | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Flota Considerada | Unid. | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Flota Actual | Unid. | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Diferencia de Flota | Unid. | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 | -1.00 |

Fuente: Plan maestro elaborado por el equipo multidisciplinario, Cerro Lindo.

5.5. Dimensionamiento flota Jumbo Frontoneros

Tabla 10.

Dimensionamiento de flota para Jumbo Frontonero, Cerro Lindo

| Jumbo Frontonero | Unidad | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Disp | % | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% | 74% |
| Util | % | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% | 48% |
| Productividad | m/h | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 | 110.75 |
| Días Mes | días | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Horas Dia | horas | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 |
| HH | horas | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| HD | horas | 553 | 500 | 553 | 535 | 553 | 535 | 553 | 553 | 535 | 553 | 535 | 553 |
| HT | horas | 264 | 239 | 264 | 256 | 264 | 256 | 264 | 264 | 256 | 264 | 256 | 264 |
| Producción/Equipo | m | 29,278 | 26,445 | 29,278 | 28,334 | 29,278 | 28,334 | 29,278 | 29,278 | 28,334 | 29,278 | 28,334 | 29,278 |
| Avances | m | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 | 942 |
| Taladros/frente | Cantidad Tal. | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Rendimiento Disparo | % | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| Perforación Especifica | m Perf/m AV | 60.00 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Demanda Perforación | m | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 | 56,518 |
| Flota Plan Maestro | unidades | 1.93 | 2.14 | 1.93 | 1.99 | 1.93 | 1.99 | 1.93 | 1.93 | 1.99 | 1.93 | 1.99 | 1.93 |
| Flota Necesaria | unidades | 2.00 | 3.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Flota Considerada | unidades | 2.00 | 3.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Flota Actual | unidades | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Diferencia de Flota | unidades | 0.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

Fuente: Plan maestro elaborado por el equipo multidisciplinario, Cerro Lindo.

5.6. Dimensionamiento flota de Simbas

Tabla 11.

Dimensionamiento de flota para Simbas, Cerro Lindo

| Simba | Unidad | Ene-21 | Feb-21 | Mar-21 | Abr-21 | May-21 | Jun-21 | Jul-21 | Ago-21 | Set-21 | Oct-21 | Nov-21 | Dic-21 |
|--------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Disp | % | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% |
| Util | % | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Productividad | m/h | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 | 17.8 |
| Días Mes | días | 31.00 | 28.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 | 30.00 | 31.00 |
| Horas Dia | horas | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 |
| HH | horas | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| HD | horas | 555 | 501 | 555 | 537 | 555 | 537 | 555 | 555 | 537 | 555 | 537 | 555 |
| HT | horas | 276 | 249 | 276 | 267 | 276 | 267 | 276 | 276 | 267 | 276 | 267 | 276 |
| Producción/Equipo | m | 4,919 | 4,443 | 4,919 | 4,761 | 4,919 | 4,761 | 4,919 | 4,919 | 4,761 | 4,919 | 4,761 | 4,919 |
| Toneladas de tajos programados | ton | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 | 545,353 |
| perforación de taladros en VCR | hr | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Perf slot | m | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 | 419 |
| Perf especifica | ton/m | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 18.00 |
| Metros para perforar | m | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 | 30,297 |
| Perforación en servicio | hr | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Perforación servicios | m | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| Taladros de proyección y otros | % | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 | 17.13 |
| Metros adicionales mes | m | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 | 305 |
| Demanda | m | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 | 31,077 |
| Flota Plan Maestro | unidades | 6.32 | 6.99 | 6.32 | 6.53 | 6.32 | 6.53 | 6.32 | 6.32 | 6.53 | 6.32 | 6.53 | 6.32 |
| Flota Necesaria | unidades | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| Flota Considerada | unidades | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| Flota Actual | unidades | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| Diferencia de Flota | unidades | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Fuente: Plan maestro elaborado por el equipo multidisciplinario, Cerro Lindo.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado la evaluación de la base de datos y obtenido los principales indicadores de performance para un equipo minero: Disponibilidad, Utilización y Productividad. Se obtuvieron los siguientes valores para el cumplimiento de las metas físicas 2021.

1. El valor de disponibilidad mecánica real para cada flota de equipo minero son los siguientes: Scoops - 78%, Desatadores - 55%, Jumbo Empernador - 79%, Jumbo Frontonero - 74% y Simba - 75%. Los cuales están muy cerca a los valores proyectados en el Budget anual de 80% como mínimo.
2. La flota de desatadores es el único que se aleja de este valor, ubicándose 25% por debajo de lo proyectado, esta flota se encuentra con mayor exposición en los frentes de trabajo a la caída de rocas por lo cual tienen mayor cantidad de correctivos entre turnos. Así mismo se puede mencionar que de la flota de cinco equipos, solo dos garantizan operatividad o trabajan de forma continua.
3. Los valores de utilización real para cada flota de equipo minero respecto a la disponibilidad mecánica real son los siguientes: Scoop – 59%, Desatadores – 51%, Jumbo Empernador – 37%, Jumbo Frontonero – 48% y Simba – 50%.
4. Los valores de productividad por cada flota de equipo minero son los siguientes: Scoops – 252 Tonelada/Hr, Desatadores - 30 metros cuadrados / Hr, Jumbo Empernador – 3.30 metros / Hr, Jumbo Frontonero 110. 75 metros / Hr y Simba 17.83 metros / Hr.
5. En base a los cálculos realizados, podemos concluir que para cada flota de equipo minero se debe garantizar como mínimo el siguiente dimensionamiento de flota, para el cumplimiento de las metas físicas 2021.
 - 5.1. Flota Scoops, podemos observar que para el cumplimiento del programa de avances y producción se requieren de 08 equipos, estos sin considerar la cobertura de los trabajos de servicios mina, relleno en pasta y ore pocket, con lo cual la flota necesaria sería de 11 equipos comparado a los 13 que se tenían

a esa fecha. Por lo cual se recomienda y decide retirar dos equipos de operación.

- 5.2. Flota de desatadores, podemos observar que para el cumplimiento del programa de avances y rehabilitaciones de Nexa se requieren de 03 equipos. A la fecha se tenían 05 equipos, de los cuales 02 eran usados de forma continua por su operatividad. Por lo cual se recomienda y decide retirar dos equipos de operación y repotenciar el tercero.
- 5.3. Flota de Jumbo Emperador, podemos observar que para el cumplimiento del programa de avances y rehabilitaciones de Nexa se requieren de 02 equipos. Para esa fecha se tenían 03 equipos, de igual forma se recomienda retirar este equipo.
- 5.4. Flota de Jumbo Frontonero, podemos observar que para el cumplimiento del programa de avances de Nexa se requieren de 02 equipos. Para este caso no se realiza ningún retiro, manteniendo las dos unidades en operación.
- 5.5. Flota de Simba, podemos observar que para el cumplimiento del programa de perforación de taladros largos se requieren de 07 equipos Simba, de los 06 equipos que se encontraban en operación. En este caso entra en evaluación la necesidad de adquirir un equipo adicional de taladros largos.
6. Tener una flota de equipos mineros con mejores indicadores de performance también impacta de forma positiva en la seguridad de los colaboradores, al ser equipos más seguros para su operación y cuidar el aspecto ergonómico.
7. Como podemos concluir, el monitoreo continuo de los principales indicadores de mantenimiento y operación en equipos de flota minera es de gran importancia para poder dimensionar nuestras operaciones de forma eficiente. Abriendo la posibilidad de mejorar nuestra gestión de excelencia operacional acompañado de la seguridad de los trabajadores y mantener una cultura de costos alineados a la misión y visión de la compañía.

RECOMENDACIONES

1. Como podemos apreciar en el estudio que se realizó, en la mayoría de los casos hay oportunidades para mejorar el dimensionamiento de la flota de Cerro Lindo, ya que los valores de disponibilidad mecánica, utilización y productividad al ser mejor gestionados pueden generar escenarios más favorables en la capacidad instalada.
2. Es responsabilidad directa del equipo de operaciones mina y mantenimiento mecánico evaluar constantemente los principales indicadores de performance como disponibilidad, utilización y productividad, en conjunto con las metas planificadas para tener un panorama claro de nuestra situación real como operación. El tener una mayor cantidad de equipos en operación no refleja que seamos eficientes, por lo contrario, hace que estemos sobre holgados y nos dé una idea equivocada de nuestra capacidad instalada.
3. Al ejecutar el plan maestro de flota anual, permite al equipo de mantenimiento mecánico poder distribuir mejor sus recursos en la planificación de los mantenimientos programados y reducir sus costos de reparación, al estar enfocados en los equipos que garantizan mayor disponibilidad mecánica hacia la operación.


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS











- Agyei, G. Wetley A. (2019). Paper: "Determination of performance evaluation of Mobile Manufacturing Units (MMUs) for surface mines: an OEE approach".
- Carpio J. Soto Cayo (2018). Tesis: "Aplicación del desempeño de la aplicación del sistema fara y su impacto del costo operativo en la U.M. Cerro Lindo".
- Huincho J. (2022). Tesis: "Optimización del proceso de perforación y voladura para mejorar la eficiencia de avance y controlar la sobrerotura en los frentes de avance de la unidad minera Cerro Lindo, Nexa Resources S.A.A."
- Molina M. (2022). Tesis: "Optimización de la Gestión de Activos Móviles mediante metodologías predictivas y planeamiento estratégico: Caso de éxito en Unidad Minera Cerro Lindo".
- Nexa Resources (2023). Reporte Técnico: "Reporte de Memoria Anual 2023 elaborada por Nexa Resources".
- Nexa Resources NI 43-101 (2021). Reporte técnico: "Technical report on the Cerro Lindo Mine, Department of Ica, Perú".

ANEXOS

Anexo 1. Autorización de uso de información de operaciones Cerro Lindo

Re: Autorización para uso de información con fines académicos

 Bill De La Cruz
Para: Rosa Terrones; Frederico Silva

  Responder  Responder a todos  Reenviar         
Lun 10/01/2022 12:18

¡Muchas gracias por el apoyo!

Obtener [Outlook para iOS](#)

De: Rosa Terrones <rosa.terrones@nexaresources.com>
Enviado: Monday, January 10, 2022 12:18:09 PM
Para: Frederico Silva <frederico.silva@nexaresources.com>; Bill De La Cruz <bill.lacruz@nexaresources.com>
Asunto: RE: Autorización para uso de información con fines académicos

Estimado Bill,
Me comentan del corporativo que con la autorización del gerente de área es suficiente.
Puedes proceder a utilizar la información.
Slds.
Rosa

De: Frederico Silva <frederico.silva@nexaresources.com>
Enviado el: miércoles, 5 de enero de 2022 17:09
Para: Bill De La Cruz <bill.lacruz@nexaresources.com>; Rosa Terrones <rosa.terrones@nexaresources.com>
Asunto: Re: Autorización para uso de información con fines académicos

Hola,

De mi parte estoy de acuerdo!

Enviado desde mi Samsung Mobile de Claro
Get [Outlook para Android](#)

From: Bill De La Cruz <bill.lacruz@nexaresources.com>
Sent: Wednesday, January 5, 2022 3:02:49 PM
To: Frederico Silva <frederico.silva@nexaresources.com>; Rosa Terrones <rosa.terrones@nexaresources.com>
Subject: Autorización para uso de información con fines académicos

Buenas tardes Ing. Frederico, Rosa.

El motivo de este correo es para solicitar formalmente el uso de información: "DIMENSIONAMIENTO DE FLOTA – 2021", con fines netamente académicos. Siguiendo y alineado a la política de confidencialidad de Nexa.

Adjunto se encuentran los correos e información presentados en su momento a la Gerencia de Mina.

Desde ya agradezco su apoyo y quedo atento a su comunicación.

Aprovecho la oportunidad para reiterarle mi agradecimiento y desearles éxitos y bendiciones en este nuevo año.

Gracias.

Bill de la Cruz
Jefe de Guardia CCOI
Gerencia de Operación de Mina
bill.lacruz@nexaresources.com
+51 999881792



 Responder  Responder a todos  Reenviar

Anexo 2. Ábacos de toma de Decisión para flota de Scoops

| | | FLOTA SCOOPS | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Rendimiento (Ton/hr) 226 Días (Mes) 30 Matriz para calcular el rendimiento mes/equipo | UTILIZACION (%) 0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100% | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 10% | 0 | 1627 | 3254 | 4882 | 6509 | 8136 | 9763 | 11390 | 13018 | 14645 | 16272 |
| | | 20% | 0 | 3254 | 6509 | 9763 | 13018 | 16272 | 19526 | 22781 | 26035 | 29290 | 32544 |
| | | 30% | 0 | 4882 | 9763 | 14645 | 19526 | 24408 | 29290 | 34171 | 39053 | 43934 | 48816 |
| | | 40% | 0 | 6509 | 13018 | 19526 | 26035 | 32544 | 39053 | 45562 | 52070 | 58579 | 65088 |
| | | 50% | 0 | 8136 | 16272 | 24408 | 32544 | 40680 | 48816 | 56952 | 65088 | 73224 | 81360 |
| | | 60% | 0 | 9763 | 19526 | 29290 | 39053 | 48816 | 58579 | 68342 | 78106 | 87869 | 97632 |
| | | 70% | 0 | 11390 | 22781 | 34171 | 45562 | 56952 | 68342 | 79733 | 91123 | 102514 | 113904 |
| | | 80% | 0 | 13018 | 26035 | 39053 | 52070 | 65088 | 78106 | 91123 | 104141 | 117158 | 130176 |
| | | 90% | 0 | 14645 | 29290 | 43934 | 58579 | 73224 | 87869 | 102514 | 117158 | 131803 | 146448 |
| | | 100% | 0 | 16272 | 32544 | 48816 | 65088 | 81360 | 97632 | 113904 | 130176 | 146448 | 162720 |
| Tonelaje prom (mes) 659,733.43 | UTILIZACION (%) 0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100% | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | | | | | | | | | | | |
| | | 10% | 405.4 | 202.7 | 135.1 | 101.4 | 81.1 | 67.6 | 57.9 | 50.7 | 45.0 | 40.5 | |
| | | 20% | 202.7 | 101.4 | 67.6 | 50.7 | 40.5 | 33.8 | 29.0 | 25.3 | 22.5 | 20.3 | |
| | | 30% | 135.1 | 67.6 | 45.0 | 33.8 | 27.0 | 22.5 | 19.3 | 16.9 | 15.0 | 13.5 | |
| | | 40% | 101.4 | 50.7 | 33.8 | 25.3 | 20.3 | 16.9 | 14.5 | 12.7 | 11.3 | 10.1 | |
| | | 50% | 81.1 | 40.5 | 27.0 | 20.3 | 16.2 | 13.5 | 11.6 | 10.1 | 9.0 | 8.1 | |
| | | 60% | 67.6 | 33.8 | 22.5 | 16.9 | 13.5 | 11.3 | 9.7 | 8.4 | 7.5 | 6.8 | |
| | | 70% | 57.9 | 29.0 | 19.3 | 14.5 | 11.6 | 9.7 | 8.3 | 7.2 | 6.4 | 5.8 | |
| | | 80% | 50.7 | 25.3 | 16.9 | 12.7 | 10.1 | 8.4 | 7.2 | 6.3 | 5.6 | 5.1 | |
| | | 90% | 45.0 | 22.5 | 15.0 | 11.3 | 9.0 | 7.5 | 6.4 | 5.6 | 5.0 | 4.5 | |
| | | 100% | 40.5 | 20.3 | 13.5 | 10.1 | 8.1 | 6.8 | 5.8 | 5.1 | 4.5 | 4.1 | |
| Cantidad de equipos 9 | UTILIZACION (%) 0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100% | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | | | | | | | | | | | |
| | | 10% | 14645 | 29290 | 43934 | 58579 | 73224 | 87869 | 102514 | 117158 | 131803 | 146448 | |
| | | 20% | 29290 | 58579 | 87869 | 117158 | 146448 | 175738 | 205027 | 234317 | 263606 | 292896 | |
| | | 30% | 43934 | 87869 | 131803 | 175738 | 219672 | 263606 | 307541 | 351475 | 395410 | 439344 | |
| | | 40% | 58579 | 117158 | 175738 | 234317 | 292896 | 351475 | 410054 | 468634 | 527213 | 585792 | |
| | | 50% | 73224 | 146448 | 219672 | 292896 | 366120 | 439344 | 512568 | 585792 | 659016 | 732240 | |
| | | 60% | 87869 | 175738 | 263606 | 351475 | 439344 | 527213 | 615082 | 702950 | 790819 | 878688 | |
| | | 70% | 102514 | 205027 | 307541 | 410054 | 512568 | 615082 | 717595 | 820109 | 922622 | 1025136 | |
| | | 80% | 117158 | 234317 | 351475 | 468634 | 585792 | 702950 | 820109 | 937267 | 1054426 | 1171584 | |
| | | 90% | 131803 | 263606 | 395410 | 527213 | 659016 | 790819 | 922622 | 1054426 | 1186229 | 1318032 | |
| | | 100% | 146448 | 292896 | 439344 | 585792 | 732240 | 878688 | 1025136 | 1171584 | 1318032 | 1464480 | |

Anexo 3. Ábacos de toma de decisión para flota de desatadores

| | | FLOTA DESATADORES | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Matriz para calcular el rendimiento mes/equipo | Rendimiento (m2/hr) | 32.658463 | | | | | | | | | | | |
| | Días (Mes) | 30 | | | | | | | | | | | |
| | | | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | UTILIZACION (%) | 0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 10% | 0 | 235 | 470 | 705 | 941 | 1176 | 1411 | 1646 | 1881 | 2116 | 2351 |
| | | 20% | 0 | 470 | 941 | 1411 | 1881 | 2351 | 2822 | 3292 | 3762 | 4233 | 4703 |
| | | 30% | 0 | 705 | 1411 | 2116 | 2822 | 3527 | 4233 | 4938 | 5643 | 6349 | 7054 |
| | | 40% | 0 | 941 | 1881 | 2822 | 3762 | 4703 | 5643 | 6584 | 7525 | 8465 | 9406 |
| | | 50% | 0 | 1176 | 2351 | 3527 | 4703 | 5879 | 7054 | 8230 | 9406 | 10581 | 11757 |
| | | 60% | 0 | 1411 | 2822 | 4233 | 5643 | 7054 | 8465 | 9876 | 11287 | 12698 | 14108 |
| | 70% | 0 | 1646 | 3292 | 4938 | 6584 | 8230 | 9876 | 11522 | 13168 | 14814 | 16460 | |
| | 80% | 0 | 1881 | 3762 | 5643 | 7525 | 9406 | 11287 | 13168 | 15049 | 16930 | 18811 | |
| | 90% | 0 | 2116 | 4233 | 6349 | 8465 | 10581 | 12698 | 14814 | 16930 | 19046 | 21163 | |
| | 100% | 0 | 2351 | 4703 | 7054 | 9406 | 11757 | 14108 | 16460 | 18811 | 21163 | 23514 | |
| | | | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| UTILIZACION (%) | 0% | | | | | | | | | | | | |
| | 10% | | 66.3 | 33.2 | 22.1 | 16.6 | 13.3 | 11.1 | 9.5 | 8.3 | 7.4 | 6.6 | |
| | 20% | | 33.2 | 16.6 | 11.1 | 8.3 | 6.6 | 5.5 | 4.7 | 4.1 | 3.7 | 3.3 | |
| | 30% | | 22.1 | 11.1 | 7.4 | 5.5 | 4.4 | 3.7 | 3.2 | 2.8 | 2.5 | 2.2 | |
| | 40% | | 16.6 | 8.3 | 5.5 | 4.1 | 3.3 | 2.8 | 2.4 | 2.1 | 1.8 | 1.7 | |
| | 50% | | 13.3 | 6.6 | 4.4 | 3.3 | 2.7 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | |
| | 60% | | 11.1 | 5.5 | 3.7 | 2.8 | 2.2 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | |
| | 70% | | 9.5 | 4.7 | 3.2 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | |
| | 80% | | 8.3 | 4.1 | 2.8 | 2.1 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | |
| | 90% | | 7.4 | 3.7 | 2.5 | 1.8 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | |
| | 100% | | 6.6 | 3.3 | 2.2 | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | |
| | | | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| UTILIZACION (%) | 0% | | | | | | | | | | | | |
| | 10% | | 1176 | 2351 | 3527 | 4703 | 5879 | 7054 | 8230 | 9406 | 10581 | 11757 | |
| | 20% | | 2351 | 4703 | 7054 | 9406 | 11757 | 14108 | 16460 | 18811 | 21163 | 23514 | |
| | 30% | | 3527 | 7054 | 10581 | 14108 | 17636 | 21163 | 24690 | 28217 | 31744 | 35271 | |
| | 40% | | 4703 | 9406 | 14108 | 18811 | 23514 | 28217 | 32920 | 37623 | 42325 | 47028 | |
| | 50% | | 5879 | 11757 | 17636 | 23514 | 29393 | 35271 | 41150 | 47028 | 52907 | 58785 | |
| | 60% | | 7054 | 14108 | 21163 | 28217 | 35271 | 42325 | 49380 | 56434 | 63488 | 70542 | |
| | 70% | | 8230 | 16460 | 24690 | 32920 | 41150 | 49380 | 57610 | 65839 | 74069 | 82299 | |
| | 80% | | 9406 | 18811 | 28217 | 37623 | 47028 | 56434 | 65839 | 75245 | 84651 | 94056 | |
| | 90% | | 10581 | 21163 | 31744 | 42325 | 52907 | 63488 | 74069 | 84651 | 95232 | 105813 | |
| | 100% | | 11757 | 23514 | 35271 | 47028 | 58785 | 70542 | 82299 | 94056 | 105813 | 117570 | |
| | | | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| UTILIZACION (%) | 0% | | | | | | | | | | | | |
| | 10% | | 1176 | 2351 | 3527 | 4703 | 5879 | 7054 | 8230 | 9406 | 10581 | 11757 | |
| | 20% | | 2351 | 4703 | 7054 | 9406 | 11757 | 14108 | 16460 | 18811 | 21163 | 23514 | |
| | 30% | | 3527 | 7054 | 10581 | 14108 | 17636 | 21163 | 24690 | 28217 | 31744 | 35271 | |
| | 40% | | 4703 | 9406 | 14108 | 18811 | 23514 | 28217 | 32920 | 37623 | 42325 | 47028 | |
| | 50% | | 5879 | 11757 | 17636 | 23514 | 29393 | 35271 | 41150 | 47028 | 52907 | 58785 | |
| | 60% | | 7054 | 14108 | 21163 | 28217 | 35271 | 42325 | 49380 | 56434 | 63488 | 70542 | |
| | 70% | | 8230 | 16460 | 24690 | 32920 | 41150 | 49380 | 57610 | 65839 | 74069 | 82299 | |
| | 80% | | 9406 | 18811 | 28217 | 37623 | 47028 | 56434 | 65839 | 75245 | 84651 | 94056 | |
| | 90% | | 10581 | 21163 | 31744 | 42325 | 52907 | 63488 | 74069 | 84651 | 95232 | 105813 | |
| | 100% | | 11757 | 23514 | 35271 | 47028 | 58785 | 70542 | 82299 | 94056 | 105813 | 117570 | |

Anexo 4. Ábacos de toma de decisión para flota de Jumbo Empernador

| | | FLOTA BOLTEC | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% | |
| Rendimiento (m/hr) Días (Mes) | 3.998 30 | 0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 10% | 0 | 29 | 58 | 86 | 115 | 144 | 173 | 202 | 230 | 259 | 288 |
| | | 20% | 0 | 58 | 115 | 173 | 230 | 288 | 345 | 403 | 461 | 518 | 576 |
| | | 30% | 0 | 86 | 173 | 259 | 345 | 432 | 518 | 605 | 691 | 777 | 864 |
| | | 40% | 0 | 115 | 230 | 345 | 461 | 576 | 691 | 806 | 921 | 1036 | 1152 |
| | | 50% | 0 | 144 | 288 | 432 | 576 | 720 | 864 | 1008 | 1152 | 1295 | 1439 |
| | | 60% | 0 | 173 | 345 | 518 | 691 | 864 | 1036 | 1209 | 1382 | 1555 | 1727 |
| | | 70% | 0 | 202 | 403 | 605 | 806 | 1008 | 1209 | 1411 | 1612 | 1814 | 2015 |
| | | 80% | 0 | 230 | 461 | 691 | 921 | 1152 | 1382 | 1612 | 1842 | 2073 | 2303 |
| | | 90% | 0 | 259 | 518 | 777 | 1036 | 1295 | 1555 | 1814 | 2073 | 2332 | 2591 |
| | | 100% | 0 | 288 | 576 | 864 | 1152 | 1439 | 1727 | 2015 | 2303 | 2591 | 2879 |
| Metraje Prom MES | 969.36 | 0% | | | | | | | | | | | |
| | | 10% | 33.7 | 16.8 | 11.2 | 8.4 | 6.7 | 5.6 | 4.8 | 4.2 | 3.7 | 3.4 | |
| | | 20% | 16.8 | 8.4 | 5.6 | 4.2 | 3.4 | 2.8 | 2.4 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | |
| | | 30% | 11.2 | 5.6 | 3.7 | 2.8 | 2.2 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | |
| | | 40% | 8.4 | 4.2 | 2.8 | 2.1 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | |
| | | 50% | 6.7 | 3.4 | 2.2 | 1.7 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | |
| | | 60% | 5.6 | 2.8 | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | |
| | | 70% | 4.8 | 2.4 | 1.6 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | |
| | | 80% | 4.2 | 2.1 | 1.4 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | |
| | | 90% | 3.7 | 1.9 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | |
| | | 100% | 3.4 | 1.7 | 1.1 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | |
| Cantidad de equipos | 3 | 0% | | | | | | | | | | | |
| | | 10% | 86.4 | 172.7 | 259.1 | 345.5 | 431.8 | 518.2 | 604.6 | 690.9 | 777.3 | 863.6 | |
| | | 20% | 172.7 | 345.5 | 518.2 | 690.9 | 863.6 | 1036.4 | 1209.1 | 1381.8 | 1554.6 | 1727.3 | |
| | | 30% | 259.1 | 518.2 | 777.3 | 1036.4 | 1295.5 | 1554.6 | 1813.7 | 2072.8 | 2331.8 | 2590.9 | |
| | | 40% | 345.5 | 690.9 | 1036.4 | 1381.8 | 1727.3 | 2072.8 | 2418.2 | 2763.7 | 3109.1 | 3454.6 | |
| | | 50% | 431.8 | 863.6 | 1295.5 | 1727.3 | 2159.1 | 2590.9 | 3022.8 | 3454.6 | 3886.4 | 4318.2 | |
| | | 60% | 518.2 | 1036.4 | 1554.6 | 2072.8 | 2590.9 | 3109.1 | 3627.3 | 4145.5 | 4663.7 | 5181.9 | |
| | | 70% | 604.6 | 1209.1 | 1813.7 | 2418.2 | 3022.8 | 3627.3 | 4231.9 | 4836.4 | 5441.0 | 6045.5 | |
| | | 80% | 690.9 | 1381.8 | 2072.8 | 2763.7 | 3454.6 | 4145.5 | 4836.4 | 5527.3 | 6218.3 | 6909.2 | |
| | | 90% | 777.3 | 1554.6 | 2331.8 | 3109.1 | 3886.4 | 4663.7 | 5441.0 | 6218.3 | 6995.5 | 7772.8 | |
| | | 100% | 863.6 | 1727.3 | 2590.9 | 3454.6 | 4318.2 | 5181.9 | 6045.5 | 6909.2 | 7772.8 | 8636.5 | |

Anexo 5. Ábacos de toma de decisión para flota de Jumbo Frontonero

| | | FLOTA JUMBO | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-------------|-----------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| Rendimiento (m/hr) Días (Mes) | 126.9 30 | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | 0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10% | 0 | 914 | 1828 | 2741 | 3655 | 4569 | 5483 | 6396 | 7310 | 8224 | 9138 |
| | 20% | 0 | 1828 | 3655 | 5483 | 7310 | 9138 | 10965 | 12793 | 14620 | 16448 | 18276 |
| | 30% | 0 | 2741 | 5483 | 8224 | 10965 | 13707 | 16448 | 19189 | 21931 | 24672 | 27413 |
| | 40% | 0 | 3655 | 7310 | 10965 | 14620 | 18276 | 21931 | 25586 | 29241 | 32896 | 36551 |
| | 50% | 0 | 4569 | 9138 | 13707 | 18276 | 22844 | 27413 | 31982 | 36551 | 41120 | 45689 |
| | 60% | 0 | 5483 | 10965 | 16448 | 21931 | 27413 | 32896 | 38379 | 43861 | 49344 | 54827 |
| | 70% | 0 | 6396 | 12793 | 19189 | 25586 | 31982 | 38379 | 44775 | 51171 | 57568 | 63964 |
| | 80% | 0 | 7310 | 14620 | 21931 | 29241 | 36551 | 43861 | 51171 | 58482 | 65792 | 73102 |
| | 90% | 0 | 8224 | 16448 | 24672 | 32896 | 41120 | 49344 | 57568 | 65792 | 74016 | 82240 |
| 100% | 0 | 9138 | 18276 | 27413 | 36551 | 45689 | 54827 | 63964 | 73102 | 82240 | 91378 | |
| Metraje Perfo. Prom MES | 52260.0 | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | 0% | | | | | | | | | | | |
| | 10% | 57.2 | 28.6 | 19.1 | 14.3 | 11.4 | 9.5 | 8.2 | 7.1 | 6.4 | 5.7 | |
| | 20% | 28.6 | 14.3 | 9.5 | 7.1 | 5.7 | 4.8 | 4.1 | 3.6 | 3.2 | 2.9 | |
| | 30% | 19.1 | 9.5 | 6.4 | 4.8 | 3.8 | 3.2 | 2.7 | 2.4 | 2.1 | 1.9 | |
| | 40% | 14.3 | 7.1 | 4.8 | 3.6 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | |
| | 50% | 11.4 | 5.7 | 3.8 | 2.9 | 2.3 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | |
| | 60% | 9.5 | 4.8 | 3.2 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | |
| | 70% | 8.2 | 4.1 | 2.7 | 2.0 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | |
| | 80% | 7.1 | 3.6 | 2.4 | 1.8 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | |
| | 90% | 6.4 | 3.2 | 2.1 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | |
| 100% | 5.7 | 2.9 | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | | |
| Cantidad de equipos | 2 | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | 0% | | | | | | | | | | | |
| | 10% | 1827.6 | 3655.1 | 5482.7 | 7310.2 | 9137.8 | 10965.3 | 12792.9 | 14620.4 | 16448.0 | 18275.5 | |
| | 20% | 3655.1 | 7310.2 | 10965.3 | 14620.4 | 18275.5 | 21930.6 | 25585.7 | 29240.9 | 32896.0 | 36551.1 | |
| | 30% | 5482.7 | 10965.3 | 16448.0 | 21930.6 | 27413.3 | 32896.0 | 38378.6 | 43861.3 | 49343.9 | 54826.6 | |
| | 40% | 7310.2 | 14620.4 | 21930.6 | 29240.9 | 36551.1 | 43861.3 | 51171.5 | 58481.7 | 65791.9 | 73102.1 | |
| | 50% | 9137.8 | 18275.5 | 27413.3 | 36551.1 | 45688.8 | 54826.6 | 63964.4 | 73102.1 | 82239.9 | 91377.7 | |
| | 60% | 10965.3 | 21930.6 | 32896.0 | 43861.3 | 54826.6 | 65791.9 | 76757.2 | 87722.6 | 98687.9 | 109653.2 | |
| | 70% | 12792.9 | 25585.7 | 38378.6 | 51171.5 | 63964.4 | 76757.2 | 89550.1 | 102343.0 | 115135.9 | 127928.7 | |
| | 80% | 14620.4 | 29240.9 | 43861.3 | 58481.7 | 73102.1 | 87722.6 | 102343.0 | 116963.4 | 131583.8 | 146204.3 | |
| | 90% | 16448.0 | 32896.0 | 49343.9 | 65791.9 | 82239.9 | 98687.9 | 115135.9 | 131583.8 | 148031.8 | 164479.8 | |
| 100% | 18275.5 | 36551.1 | 54826.6 | 73102.1 | 91377.7 | 109653.2 | 127928.7 | 146204.3 | 164479.8 | 182755.3 | | |

Anexo 6. Ábacos de toma de decisión para flota de Equipos Simba

| FLOTA TALADROS LARGOS | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rendimiento (m/hr) 20.8 Días (Mes) 30 Matriz para calcular el rendimiento mes/equipo | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | 0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10% | 0 | 150 | 300 | 449 | 599 | 749 | 899 | 1048 | 1198 | 1348 | 1498 |
| | 20% | 0 | 300 | 599 | 899 | 1198 | 1498 | 1797 | 2097 | 2396 | 2696 | 2995 |
| | 30% | 0 | 449 | 899 | 1348 | 1797 | 2246 | 2696 | 3145 | 3594 | 4044 | 4493 |
| | 40% | 0 | 599 | 1198 | 1797 | 2396 | 2995 | 3594 | 4193 | 4792 | 5391 | 5990 |
| | 50% | 0 | 749 | 1498 | 2246 | 2995 | 3744 | 4493 | 5242 | 5990 | 6739 | 7488 |
| | 60% | 0 | 899 | 1797 | 2696 | 3594 | 4493 | 5391 | 6290 | 7188 | 8087 | 8986 |
| | 70% | 0 | 1048 | 2097 | 3145 | 4193 | 5242 | 6290 | 7338 | 8387 | 9435 | 10483 |
| 80% | 0 | 1198 | 2396 | 3594 | 4792 | 5990 | 7188 | 8387 | 9585 | 10783 | 11981 | |
| 90% | 0 | 1348 | 2696 | 4044 | 5391 | 6739 | 8087 | 9435 | 10783 | 12131 | 13478 | |
| 100% | 0 | 1498 | 2995 | 4493 | 5990 | 7488 | 8986 | 10483 | 11981 | 13478 | 14976 | |
| Metraje Prom (Mes) 35551 Referencia Agosto(m) 31k | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | 0% | 237.4 | 118.7 | 79.1 | 59.3 | 47.5 | 39.6 | 33.9 | 29.7 | 26.4 | 23.7 | |
| | 10% | 118.7 | 59.3 | 39.6 | 29.7 | 23.7 | 19.8 | 17.0 | 14.8 | 13.2 | 11.9 | |
| | 20% | 79.1 | 39.6 | 26.4 | 19.8 | 15.8 | 13.2 | 11.3 | 9.9 | 8.8 | 7.9 | |
| | 30% | 59.3 | 29.7 | 19.8 | 14.8 | 11.9 | 9.9 | 8.5 | 7.4 | 6.6 | 5.9 | |
| | 40% | 47.5 | 23.7 | 15.8 | 11.9 | 9.5 | 7.9 | 6.8 | 5.9 | 5.3 | 4.7 | |
| | 50% | 39.6 | 19.8 | 13.2 | 9.9 | 7.9 | 6.6 | 5.7 | 4.9 | 4.4 | 4.0 | |
| | 60% | 33.9 | 17.0 | 11.3 | 8.5 | 6.8 | 5.7 | 4.8 | 4.2 | 3.8 | 3.4 | |
| | 70% | 29.7 | 14.8 | 9.9 | 7.4 | 5.9 | 4.9 | 4.2 | 3.7 | 3.3 | 3.0 | |
| 80% | 26.4 | 13.2 | 8.8 | 6.6 | 5.3 | 4.4 | 3.8 | 3.3 | 2.9 | 2.6 | | |
| 90% | 23.7 | 11.9 | 7.9 | 5.9 | 4.7 | 4.0 | 3.4 | 3.0 | 2.6 | 2.4 | | |
| 100% | | | | | | | | | | | | |
| Cantidad de equipos 5 | DISPONIBILIDAD MECÁNICA (%) | | | | | | | | | | | |
| | | 0% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| | 0% | 749 | 1498 | 2246 | 2995 | 3744 | 4493 | 5242 | 5990 | 6739 | 7488 | |
| | 10% | 1498 | 2995 | 4493 | 5990 | 7488 | 8986 | 10483 | 11981 | 13478 | 14976 | |
| | 20% | 2246 | 4493 | 6739 | 8986 | 11232 | 13478 | 15725 | 17971 | 20218 | 22464 | |
| | 30% | 2995 | 5990 | 8986 | 11981 | 14976 | 17971 | 20966 | 23962 | 26957 | 29952 | |
| | 40% | 3744 | 7488 | 11232 | 14976 | 18720 | 22464 | 26208 | 29952 | 33696 | 37440 | |
| | 50% | 4493 | 8986 | 13478 | 17971 | 22464 | 26957 | 31450 | 35942 | 40435 | 44928 | |
| | 60% | 5242 | 10483 | 15725 | 20966 | 26208 | 31450 | 36691 | 41933 | 47174 | 52416 | |
| | 70% | 5990 | 11981 | 17971 | 23962 | 29952 | 35942 | 41933 | 47923 | 53914 | 59904 | |
| 80% | 6739 | 13478 | 20218 | 26957 | 33696 | 40435 | 47174 | 53914 | 60653 | 67392 | | |
| 90% | 7488 | 14976 | 22464 | 29952 | 37440 | 44928 | 52416 | 59904 | 67392 | 74880 | | |
| 100% | | | | | | | | | | | | |



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Nº 074-2024-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL No 658-2024-FIMGC-D**, a los once días del mes de octubre de 2024, siendo las 10:00 a.m. reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, bajo la presidencia del MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS y los miembros; Ing. Grover RUBINA SALAZAR, MBA. Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONÉS, MSc. Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO y MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO, actuando como secretario docente el MSc. Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

Bill Steven DE LA CRUZ CORDOVA

Quien presentó la tesis denominada:

Evaluación de KPI's: Disponibilidad mecánica, utilización y productividad de la flota de equipos mineros para el cumplimiento de las metas físicas 2021 en la Unidad Minera Cerro Lindo

Los señores miembros del jurado luego de expuesto el Trabajo de Suficiencia Profesional y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISEIS (16)

Siendo las 11:55 a.m. del día 11 de octubre de 2024, culmina el acto de sustentación del Trabajo Profesional, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
Presidente

Ing. Grover RUBINA SALAZAR
Miembro

MBA. Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONÉS
Miembro

MSc. Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
Miembro

MSc. Ing. Carlos Auberto PRADO PRADO
Miembro

MSc. Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de suficiencia profesional y encargado de certificar la originalidad del Trabajo de suficiencia profesional abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de suficiencia profesional de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : DE LA CRUZ CORDOVA, Bill Steven
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Trabajo de Suficiencia Profesional : Evaluación de KPI 's: Disponibilidad mecánica, utilización y productividad de la flota de equipos mineros para el cumplimiento de las metas físicas 2021 en la Unidad Minera Cerro Lindo
- Evaluación de la originalidad : 8% de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente el certificado de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 29 de noviembre de 2024



.....
MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

Evaluación de KPI 's: Disponibilidad mecánica, utilización y productividad de la flota de equipos mineros para el cumplimiento de las metas físicas 2021 en la Unidad Minera Cerro Lindo

por Bill Steven De La Cruz Cordova

Fecha de entrega: 29-nov-2024 05:44p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2535597846

Nombre del archivo: Trabajo_de_suficiencia_profesional_Bill_Steven_De_La_Cruz_Córdova.pdf (4.74M)

Total de palabras: 16008

Total de caracteres: 74145

Evaluación de KPI 's: Disponibilidad mecánica, utilización y productividad de la flota de equipos mineros para el cumplimiento de las metas físicas 2021 en la Unidad Minera Cerro Lindo

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | www.smv.gob.pe Fuente de Internet | 4% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 1% |
| 3 | repositorio.uni.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | repositorio.up.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | www.coursehero.com Fuente de Internet | 1% |
| 6 | Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante | 1% |
| 7 | www.sec.gov Fuente de Internet | <1% |

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words