



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“DISEÑO DEL PLAN DE MINADO PARA EL RECRECIMIENTO DE UNA PRESA DE RELAVES”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

Autores:

Elvis Samir Jefferson Alfaro Ayquipa

Ronald Alfonso Saldaña Alarcon

Asesor:

Mg. Ing. Carlos Neira Rivera

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mis queridos padres Adriano y Josefina, a mis hermanos Sarita y Cristian, quienes
son mi apoyo, inspiración y fuerza para cumplir mis metas.

Elvis Samir Jefferson Alfaro Ayquipa

Dedico esta tesis a mi esposa Milagros Alegría y a mi hijo Adrián Saldaña que son los
motores de mi inspiración y superación en todos estos años de esfuerzo y dedicación
para el desarrollo de mi carrera profesional.

Ronald Alfonso Saldaña Alarcón

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento de manera muy especial a nuestro asesor Mg. Ing. Carlos Neira Rivera ya que gracias a su apoyo y orientación se pudo realizar y materializar la presente tesis, del mismo modo un agradecimiento especial a los profesores de la Universidad Privada del Norte de la Facultad de Ingeniería, quienes a través de la enseñanza que nos impartieron contribuyeron a nuestra formación.

Los
Autores

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	48
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	51
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	85
REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Caracterización del macizo rocoso en formación de bloques.....	37
Tabla 02. Clasificación geomecánica RMR Bieniawski – 1989.....	37
Tabla 03. Caracterización del macizo rocoso con el RQD.....	38
Tabla 04. Caracterización del macizo rocoso para estimar el factor de carga.....	40
Tabla 05. Material explotado en cantera.....	59
Tabla 06. Equipos para la extracción del material de la cantera.....	67
Tabla 07. Parámetros de malla en producción.....	68
Tabla 08. Parámetros de malla pre corte.....	69
Tabla 09. Parámetros de voladura para taladros de producción de los diferentes niveles.....	72
Tabla 10. Parámetros de voladura para taladros buffer.....	74
Tabla 11. Parámetros de voladura para taladros de pre-corte.....	75
Tabla 12. Explosivo a usar.....	81
Tabla 13. Parámetros de voladura para taladros cerca al risco.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Diseño de presa de relaves.....	21
Figura 02. Esquemas de tipos de presa de materiales sueltos.....	24
Figura 03. Crecimiento del depósito de relaves aguas arriba.....	27
Figura 04. Crecimiento del depósito de relaves aguas abajo.....	29
Figura 05. Crecimiento del depósito de relaves línea central.....	30
Figura 06. Organigrama del área de perforación y voladura.....	51
Figura 07. Replanteo topográfico en campo.....	55
Figura 08. parámetros de diseño.....	57
Figura 09. área operativa de carguío y acarreo.....	57
Figura 10. Volumen total.....	58
Figura 11. Volumen global.....	60
Figura 12. Tajo Final.....	61
Figura 13. Acceso a tajo principal con rampas.....	62
Figura 14. Semana 1.....	63
Figura 15. Semana 2.....	63
Figura 16. Semana 3.....	64
Figura 17. Semana 4.....	64
Figura 18. Total.....	65
Figura 19. disposición de malla en forma triangular.....	68
Figura 20. disposición de malla para pre-cortes.....	69
Figura 21. Rendimiento de los taladros de producción.....	71
Figura 22. Rendimiento de los taladros de pre corte.....	71
Figura 23. Rendimiento total por día.....	71
Figura 24. Distribución de cargas a lo largo del taladro de producción.....	73

Figura 25. distribución de carga para taladros buffer.....	74
Figura 26. disposición de taladros en banco.....	76
Figura 27. Salida en “V” en taladros de producción.....	77
Figura 28. Salida lineal (diagonal) en taladros de producción.....	78
Figura 29. Radio de influencia y ubicación de vigías a 500 m a los alrededores de cantera presa de relaves.....	80
Figura 30. Carga en el taladro cerca al risco.....	83
Figura 31. Distribución de energía para control en talud a abismo.....	84

RESUMEN

El presente trabajo titulado: Diseño del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves, tiene como objetivo establecer un diseño adecuado a la realidad para los trabajos de Perforación, Voladura en una cantera de caliza de la unidad minera, la cual alimentara de material para el recrecimiento de la presa. Este diseño quedará plasmado en el plan de minado y será un soporte para la ejecución del proyecto de recrecimiento de la presa de relaves, esto generará una alta productividad en el desarrollo del proyecto favoreciendo la explotación de los materiales para la construcción de dicha presa, eliminando sobre tiempos y teniendo personal competente y los equipos acordes a la ejecución del proyecto. Como instrumento de medición se aplicó la observación directa en campo y seguimiento de la operación en sí, para optar mayor credibilidad de la información requerida para el diseño del plan de minado. Los resultados del presente trabajo fueron satisfactorios, puesto que se lograron cumplir con todos objetivos planteados, se realizó el organigrama del área de perforación y voladura, se logró definir los parámetros geotécnicos del tajo final para la explotación de la cantera, se logró identificar la calidad del material, el volumen a explotar y forma de transporte, se logró realizar un cronograma de explotación para el material de cantera, se definieron los equipos de perforación y equipos auxiliares a utilizar en la operación y por último se estimó la cantidad de explosivo a utilizar.

Palabras clave: cantera de caliza, presa de relaves, perforación, voladura, plan de minado.

ABSTRACT

The present work entitled: Design of the mining plan for the regrowth of a tailings dam, aims to establish a design appropriate to reality for the drilling and blasting works in a limestone quarry of the mining unit, which will feed material for the regrowth of the dam. This design will be reflected in the mining plan and will be a support for the execution of the tailings dam regrowth project, this will generate high productivity in the development of the project favoring the exploitation of materials for the construction of said dam, eliminating on times and having competent personnel and equipment according to the execution of the project. As a measurement instrument, direct observation in the field and monitoring of the operation itself was applied, to opt for greater credibility of the information required for the design of the mining plan. The results of this work were satisfactory, since all the objectives set were met, the organization chart of the drilling and blasting area was carried out, it was possible to define the geotechnical parameters of the final pit for the exploitation of the quarry, it was possible to identify the quality of the material, the volume to be exploited and the form of transport, it was possible to create an exploitation schedule for the quarry material, the drilling equipment and auxiliary equipment to be used in the operation were defined and finally the amount of explosive to be used was estimated .

Keywords: limestone quarry, tailings dam, drilling, blasting, mining plan.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La unidad minera está ubicada en la zona central del Perú, específicamente en el departamento de Pasco, es una mina polimetálica (Cobre, Plomo, Zinc) y debido a sus operaciones los residuos generados durante la obtención de los diferentes concentrados son depositado en una presa de relave, para lo cual la unidad minera ha visto conveniente realizar un recrecimiento de su presa de relaves, para poder garantizar la continuidad de sus operaciones.

El presente trabajo de investigación, consiste en diseñar un plan de minado para una cantera de caliza, de la cual se obtendrá el material como relleno estructural para el recrecimiento presa de relaves de la unidad minera, cota 4060 msnm, del mismo modo se diseñará un plan de trabajo que permita cumplir con los requerimientos establecidos por unidad minera, para la ejecución del proyecto.

De lo anteriormente expuesto nuestra investigación se centró en el Diseño del plan de minado para una cantera de caliza, la cual abastecerá de material para el recrecimiento de la presa de relaves.

1.2. Antecedentes de investigación

Antecedentes Internacionales

Según Gutiérrez (2017). “Evaluación de herramientas para el análisis de estabilidad física de una presa de relaves espesados” Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil de Minas, Santiago de Chile – Chile – 2017. El objetivo de esta memoria es analizar la estabilidad física de una presa de relaves espesados ante solicitaciones estáticas y sísmicas mediante el uso de herramientas empíricas, de equilibrio límite y modelamiento numérico. Para llevar a cabo el estudio, se selecciona una geometría y parámetros geotécnicos de los materiales de construcción representativos de una presa de relaves espesados. Para el caso de estudio definido, se realiza el análisis de estabilidad física estática, pseudo-estática, y dinámica, en software comercial de equilibrio limite (Slide v7.0). Los resultados de los análisis estáticos mediante equilibrio limite y modelamiento numérico indican que el modo de falla del muro de contención corresponde a deslizamientos superficiales con factores de seguridad que varían entre 1.8 a 2.0.

Según Granda (2016), en su tesis “Propuesta de diseño de ampliación de la relavera de la planta de beneficio La López en el cantón Camilo Ponce Enríquez” para optar el título de: ingeniero de minas en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador, concluye que: Se logró proponer el diseño de la ampliación de la relavera para la planta de beneficio “La López”, al obtener las características geotécnicas de las arenas de relave con sulfuro, proporcionando seguridad técnica mediante óptimos factores de seguridad del talud y seguridad ambiental garantizando el correcto acopio de los relaves. Se realizó la propuesta del diseño de la ampliación de la relavera, al obtener una altura del dique de 9 metros, longitud

de corona de 2 metros, ángulos de inclinaciones de talud de 30°, longitud de base del dique de 33.18 metros y factor de seguridad de 1.643.

Según Carvajal (2018), “Desarrollo de una metodología para análisis de estabilidad física de depósitos de relaves” Tesis para optar el grado de Ingeniera Civil; Santiago de Chile – Chile -2018. El presente trabajo de título tiene como principal objetivo proponer una metodología capaz de determinar el nivel de estabilidad física que tiene un depósito de relaves en Chile, en el contexto del Programa Tranque, iniciativa de CORFO, que busca generar tecnologías que aporten al monitoreo en línea de depósitos de relaves. La metodología propuesta consta de tres módulos, donde el nivel de dificultad aumenta en cada uno. El primero, denominado Evaluación Cualitativa, consiste en la asignación de puntaje a características físicas que son de fácil evaluación, donde la suma de estas puntuaciones, sumado a la presencia de factores agravantes, entrega un resultado. Si la evaluación cualitativa es baja, se pasa al siguiente módulo, que corresponde a la Verificación de Parámetros Críticos para cada mecanismo de falla. Si estos parámetros se encuentran dentro del umbral definido, se pasa al módulo final de Determinación del Índice de Estabilidad Física, el cual se calcula a través de un Árbol de Falla para cada mecanismo de falla.

Según Martínez (2007), en su tesis “Caracterización y estudio de viabilidad para el reaprovechamiento de la cantera de Tezoantla Estado de Hidalgo, Área académica de materiales y metalurgia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – México”, tiene por objeto de estudio: “Caracterización química, mineralógica y granulométricamente las canteras de los bancos de tezoantla hidalgo así como evaluar toda sus principales propiedades físicas y mecánicas con la finalidad de

proponer usos alternos para los residuos generados durante su explotación, labrado y laminado”.

Según Caguana G. y Tenorio T. (2013), en su tesis “Optimización de los parámetros de perforación y voladura en la cantera las victorias, Facultad de Ingeniería de Minas Universidad de Cuenca-Ecuador”, concluye que: “En todos los métodos analizados se estimó el tamaño medio de fragmentación de roca esperada producto de la voladura, en tal caso se observó que aumentando la cantidad de sustancia explosiva por taladro, el tamaño de fragmentación disminuye para una separación entre taladros constantes, así como también se pudo verificar que a medida que aumenta la separación entre taladros el tamaño de fragmentación será mayor”.

Antecedentes Nacionales

Según Palomino (2013), en su tesis “Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar la fragmentación en el tajo Jessica – CÍA Minera Arasi SAC, Facultad de Ingeniería de Minas. UNA – Puno”, Concluye que: “El resultado de una buena fragmentación se encuentra también en función del diseño de malla, diseño de carga, tipo de roca, estructura geológica y del diseño de amarre del disparo, su estudio se basa en caracterización litológica y estructural del macizo rocoso, que se realizó en el afloramiento rocoso en superficie mediante el uso de líneas de detalle (líneas microtectónicas); este mapeo geológico estructural de las discontinuidades consiste básicamente en la medición detallada de la orientación de los planos (juntas, estratificaciones y fallas) que cortan el macizo rocoso.”

Según Aguirre (2017), Tesis presentado a la UNSA-Arequipa, para optar Título de Ingeniero Geólogo: “Análisis de la Estabilidad Física de Depósitos de Relaves de

la Concesión de Beneficio de la Minera Titan del Perú S.R.L.” Concluye: Que para realizar cambios en la disposición de relaves es necesario realizar antes un nuevo análisis de estabilidad física del depósito de relaves , para lo cual es necesario determinar las características geotécnicas de las unidades que yacen en los cimios del depósito de relaves , de los materiales que conforman el dique de contención y las características físicas de los relaves a depositar en el vaso. Para realizar el cambio en la disposición de relaves, se debe implementar controles que eviten el contacto del cuerpo de agua con el talud aguas arriba del dique de contención y de esta manera se logre la formación de una playa de relaves contigua al dique de contención, asimismo se prevé la construcción de una berma estructural de material de préstamo emplazado al pie del talud aguas abajo del dique de contención, de tal manera que dichos cambios en el diseño puedan aportar positivamente en la estabilidad física del depósito de relaves.

Los resultados del análisis de estabilidad física del depósito de relaves indican que para las condiciones proyectadas tomando en cuenta los cambios realizados en la disposición de relaves, así como la construcción de la berma de contención, el depósito de relaves, obtiene valores favorables de los factores de seguridad para la sección analizada, certificando una operación segura.

Según Llanco y Sicus (2012), en su tesis “Evaluación de la voladura basada en las clasificaciones geomecánicas en la CÍA. Consorcio Minero Horizontes-U/P Culebrillas, Facultad de Ingeniería de Minas Universidad Nacional de Huancavelica”, concluye que: “La aplicación de las clasificaciones geomecánicas en la voladura ha reducido el factor de potencia, consumo específico, número de taladros como también ha mejorado la distribución de la malla de perforación. Como objeto de estudio es determinar la influencia de la voladura basada en las

clasificaciones geomecánicas y demostrar que si se puede involucrar la variable geomecánica (RMR, GSI y RQD) en las ecuaciones de diseño de voladura”.

Según Rimarachin V. y Huaranga M. (2015), Tratamiento de aguas de efluentes minero – metalúrgicos utilizando, métodos pasivos y activos en sistemas experimentales, revista scielo, *SCIENDO* 18(2): 20-29, 2015, en la investigación indican: Los relaves mineros son la principal fuente de contaminación debido a la presencia de metales pesados, que repercuten en el sistema ecológico y en la salud humana; de allí que el objetivo fue tratar las aguas de efluentes mineros-metalúrgicos aplicando métodos activos y pasivos. Para el método pasivo se utilizó compost y humus y como material de reacción se usó la técnica de flujo estable propuesta por Smit (1999), mientras que para el método activo se utilizó membrana semipermeable artesanal y se siguió la técnica de ósmosis inversa. El análisis cuantitativo de los metales pesados Cu, Zn, As, Pb, Cd y Hg, se realizó utilizando el espectrofotómetro Perkin Elmer 601. Por el sistema compost y humus encontramos remoción de Cu, As, Cd y Hg superiores al 97 %, Zn para el humus con 85.67 % y Pb para compost con 95.66 %. En el sistema de membrana semipermeable artesanales, Pb, As y Zn fueron retenidos en niveles superiores al 99 % y otros como el Hg y Cd fueron retenidos totalmente; en este caso el metal con menor capacidad de retención fue el Cu con valores de 98.83 % para la membrana del humus y 99.55 % para la membrana del compost. Se concluye que el humus y compost tienen una elevada capacidad de remoción de metales; y al juntarlo con la membrana semipermeable, maximiza aún más los resultados esperados.

Según Abarca (2012), en su tesis “Optimización de perforación y voladura con el uso de equipo hidráulico Sandvik modelo DX 800 en cantera del proyecto minero

Toromocho, Facultad de Ingeniería de Minas. UNA – Puno, sus objetivos de investigación son: “Determinar el rendimiento óptimo de perforación en la cantera 5 del proyecto minero Toromocho, de tal forma determinar la malla eficiente de perforación y voladura y concluye que: La estructura de la roca constituye en el frente de explotación, la propiedad que más afecta la perforación y la intersección de los planos de las estratificaciones presentes, presencia de fallas, fisuras con espaciamentos relativamente grandes y presencia de aberturas, todos estos aspectos afectan la rectitud de los taladros, baja el rendimiento de la perforación y causa inestabilidad en las paredes de los taladros. Los parámetros de perforación y voladura, el consumo de explosivos mediante una adecuada distribución de la carga explosiva, control de la geometría, del explosivo y de tiempo inciden en resultados óptimos”.

Según Flores (2009), en su tesis “Aplicación de modelos geológico, geotécnico y matemático en el diseño de canteras, Facultad de Ingeniería de Minas. UNA – Puno”, en su conclusión indica que: “los modelos digitales de elevación del terreno proporcionan una herramienta de gran eficacia en casos superiores a las técnicas tradicionales basadas en la identificación de lineamientos en fotografías e imágenes de satélite, pues se trata de datos fotográficos directos que pueden ser manejados con mayor flexibilidad, además de tener la posibilidad de ser elaborados con la cobertura y resolución requerida sin necesidad de tener una compleja industria aeroespacial, así constituye una fuente de datos de excelente calidad para la identificación de rasgos lineales que pueden estar asociados a fallas o fracturas de la corteza terrestre”.

Según Huaña (2015) en su tesis “Diseño de depósitos de relaves filtrados” para optar el Título Profesional de: ingeniero civil en la Universidad Nacional de

Ingeniería, concluye que: La co-disposición de relaves y roca estéril o desmonte es cada vez más aceptada en países como el Perú, donde los volúmenes de desmonte de mina de operaciones a tajo abierto son mayores que el mineral en proporciones de 4:1 (desmonte: mineral). Teniendo en cuenta los altos precios de obtención de los minerales, la relación desmonte 1 mineral está aumentando (Estudio tomado como referencia al año 2010), generando más desmontes de mina.

Las características geotécnicas y geoquímicas de ambos materiales podrían ser ventajosa para la eliminación conjunta, sobre todo cuando la roca estéril tiene un alto potencial de neutralización y los relaves no son generadores de acidez.

Antecedentes Locales

Según Hinostroza (2019), en su tesis “Construcción y costos en el recrecimiento de la presa de relaves N° 05 de la Mina Pas-Huaron 2018”, concluye en “Al analizar los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir que la forma en que se deforma el muro de empréstito en dirección vertical y horizontal depende del contraste de impedancia y la estratigrafía del suelo de fundación del depósito de relaves y la programación del proyecto es un referente que son dependientes de muchos aspectos externos a las empresas y colaboradores del mismo”.

Según Alfaro (2016), en su tesis “Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera sur para producción de roca escollera en la Cía. Minera El Brocal – Cerro de Pasco”; el objetivo es determinar el diseño de la malla de perforación y voladura en la cantera de caliza para producir roca con carácter de sobre tamaño (diámetro = 1,00 m) en promedio, para el enrocado de la nueva presa de relaves; empleándose metodologías de carácter empírico, analítico y numérico, para el diseño de la malla de perforación y voladura, y estimación de la producción requerida, aplicando

modelos matemáticos para calcular el burden con la ecuación de Pearce y otros parámetros necesarios en función a las características del macizo rocoso; concluye con los índices geomecánicos tomados en campo se diseñó la malla de perforación y voladura, mediante la evaluación del macizo rocoso se obtiene parámetros: RMR 42, RQD 42,32 % y factor de roca 4,06, de tal manera se determina el factor de carga F_c 0,19 kg/m³. Para calcular el burden se estima mediante la fórmula de Pearce, B 4,0 m. y E 4,0 m. de esta forma se ha obtenido una fragmentación con una granulometría de tamaño característico de 44 cm pasante en un 63 %, implica que el 37 % son de tamaño grueso mayor a 44 cm, por tanto, responde con granulometría aceptable.

1.3. Bases Teóricas

Relave

Según Céspedes (2018), se trata de un sólido finamente molido que se desecha en la minería. La extracción de sulfuro de cobre extrae grandes cantidades de material (roca) de la mina. Solo una pequeña parte corresponde a los intereses financieros que desea recuperar (un poco menos del 1%). Cuando este material (la roca) se ha molido finamente y se ha concentrado por procesos de flotación, se obtiene un material (el concentrado) con una mayor concentración de cobre (entre 20 y 30%) que se puede vender como concentrado o trabajar hasta cobre metálico puro. El resto del material (muy malo en cobre) se llama "salida" y debe depositarse de una manera segura y ambientalmente responsable.

Según Cristobal (2017), los relaves contienen altas concentraciones de productos químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en «tranques o depósitos de relaves», donde los

contaminantes se van decantando lentamente en el fondo y el agua es recuperada mayoritariamente, y otra parte se evapora. El material queda dispuesto como un depósito estratificado de materiales sólidos finos. El manejo de relaves es una operación clave en la recuperación de agua y para evitar filtraciones hacia el suelo y napas subterráneas, ya que su almacenamiento es la única opción. Para obtener una tonelada de concentrado, se generan casi 30 toneladas de relave. Dado que el costo de manejar este material es alto, las compañías mineras intentan localizar los "tranques o depósitos de relaves" lo más cerca posible a la planta de procesamiento de minerales, minimizando costos de transporte y reutilizando el agua contenida.

Presa de relaves

Según Arroyo (2011), las relaveras o presas de relaves son sitios donde se depositan los residuos denominados relaves, suspensión fina de sólidos en líquido, constituidos generalmente por material estéril, al cual se le ha extraído la fracción del mineral valioso en plantas de concentración aplicando el método de flotación, la consistencia o razón de agua / sólidos fluctúa en el orden de 1:1 a 2:1.

En ingeniería se denomina presa o represa a una barrera construida con piedra, hormigón o materiales sueltos, su construcción habitualmente está en un desfiladero o lecho de río preexistente que permita la perdurabilidad de su construcción a través de los años. Su objetivo principal es almacenar adecuadamente los relaves, aplicando tecnología y diseños de ingeniería viables a fin de proteger la integridad física de las personas, medio ambiente y el entorno circundante.

Partes principales de las presas de relaves

Según Hinojosa (2019), dentro del proceso constructivo se debe tener claro las principales partes de las que está compuesta una presa de relaves.

- a. **Corona:** Parte que delimita la presa superiormente y que contiene la cota más alta.
- b. **Estribos o empotramientos:** Partes laterales del cuerpo de la presa, los cuales están en contacto con la superficie del terreno natural. Para su nombramiento la persona se tiene que posicionar mirando aguas abajo de la estructura y extender las manos, denominando estribo derecho al lado que está a su derecha y estribo izquierdo al lado que está a su izquierda.
- c. **Cimentación:** Parte inferior a partir de la cual se inicia la construcción de una presa, lugar donde se transmite las cargas al terreno, tanto las producidas por la presión hidrostática como las del peso propio de la estructura.
- d. **Aliviadero o vertedero:** Estructura hidráulica por la que rebosa el agua excedente cuando la presa sobre pasa su capacidad, previniendo de esta forma su colapso.
- e. **Sub drenaje/drenaje:** Permite mantener el denominado caudal ecológico aguas debajo de la presa.
- f. **Vaso:** Parte hondonada donde almacenera el relave.
- g. **Cuerpo o espaldón de la presa:** Parte de la estructura, esta mantiene contacto entre el relave y el dique, estos soportan el empuje que ejerce el relave.
- h. **Dique o contra fuerte:** Estructura inferior de la presa, construida para soportar la presión y dar estabilidad sísmica al relave almacenado en el vaso de la presa.
- i. **Berma:** Cara horizontal de la estructura de la presa, construida cada cierta altura, cuya finalidad es mejorar la estabilidad del talud.
- j. **Talud:** Inclinação respecto a la horizontal que debe tener el muro o estructura de la presa de relaves.

- k. **Canal de coronación:** Estructura construida a los alrededores de la presa para derivar agua no contaminada evitando que se mezcle con el agua del vaso que contiene el relave.



Figura 01. Diseño de presa de relaves

Tipos de presa según su estructura

Según Gonzales (2002), las presas pueden clasificarse en función de su material de construcción en dos grupos: presas de materiales sueltos y presas de fábrica.

a. Presas de materiales sueltos

La principal característica de estas presas es el tipo de material utilizado para su construcción. En principio, la gran mayoría de materiales geológicos son aceptables, excepto los que se pueden alterar, disolver o evolucionar modificando sus propiedades. El sistema de construcción consiste en la compactación de materiales dispuestos por tongadas.

Presas de sección homogénea.

Toda o casi toda la sección transversal está constituida por un mismo material, formado por tierras compactadas de baja permeabilidad. Para controlar las filtraciones a través de la presa se pueden utilizar diferentes tipos de drenes como recoge la siguiente figura:

Presas zonadas con núcleo impermeable de arcilla.

Constan de dos o más tipos de materiales. La zona de menor permeabilidad o núcleo ejerce las funciones de elemento impermeable. La anchura del núcleo y su posición dentro de la sección, respecto al resto de los materiales o espaldones, pueden ser muy diversos.

Presas de pantalla.

El elemento impermeable consiste en una pantalla relativamente delgada o lámina. Los materiales más empleados para pantallas son hormigones asfálticos, hidráulicos, materiales poliméricos o bituminosos, entre otros.

b. Presas de fábrica

Las presas de fábrica son todas, actualmente, de hormigón y pueden adoptar distinta geometría dependiendo del terreno de cimentación y la morfología de la cerrada.

Los tipos más importantes son:

Presas de gravedad.

Su sección transversal es resistente por sí sola sin colaboración mecánica de los estribos del valle. Requieren, en general, mayor volumen de hormigón en comparación con otras presas de hormigón. Precisan un terreno de cimentación resistente, formado por un sustrato rocoso a poca profundidad.

Presas de contrafuertes.

Son presas de gravedad aligeradas formadas por elementos estructurales transversales a la sección, o contrafuertes, con objeto de reducir volumen de obra de fábrica y disminuir subpresiones, entre otros fines. Requieren terreno de cimentación muy resistente, concentrándose las cargas en los apoyos de los citados contrafuertes. Generalmente se sitúan en valles amplios y de poca altura.

Presas arco-gravedad.

Para reducir la sección de las presas de gravedad se dispone su planta en arco, con objeto de transmitir parte de las caigas a los estribos (apoyos laterales de la presa sobre las márgenes de la cerrada).

Presas arco-bóveda.

Constituyen las de mayor complejidad de diseño, análisis y construcción, son estructuras muy esbeltas, de planta y sección curvas, en que se aprovecha la alta resistencia del terreno de cimentación para disminuir notablemente el volumen de hormigón. Las condiciones de deformación del sustrato rocoso en la cerrada deben ser compatibles con las previsiones de deformación de la presa. Las presas de arco-bóveda se caracterizan por transmitir los empujes a los estribos; no sólo precisan de un terreno de cimentación altamente resistente, sino que la orientación y resistencia de las discontinuidades sea la necesaria para asegurar la estabilidad de los estribos.

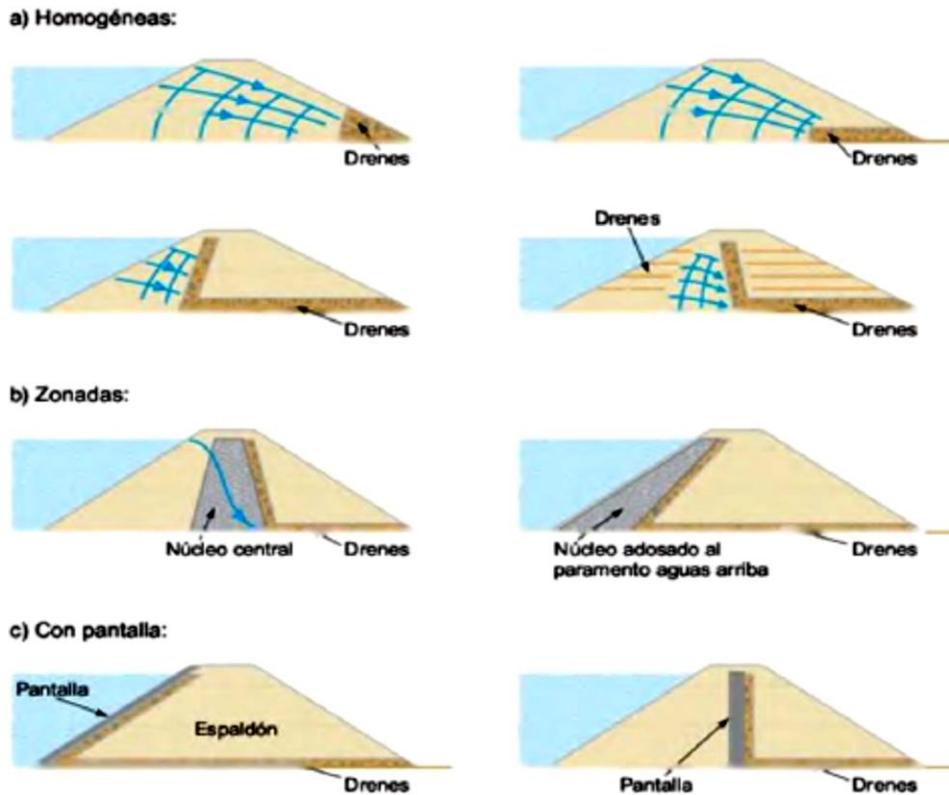


Figura 02. Esquemas de tipos de presa de materiales sueltos.

Tipos de presas de relaves según su contenido

Según Céspedes (2018), como se estima en el desenvolvimiento de la actividad minera, existen diferentes tipos de relaves según las condiciones de tratamiento y métodos para el mineral, y la obtención del tipo de este, se pueden distinguir los siguientes:

a. Tranque de Relave:

Se trata de un tipo de relave o depósito en el cual la pared es construida por la fracción más gruesa del rechazo, compactada, proveniente de un hidrociclone (operación que separa sólidos gruesos de sólidos más finos, por medio de impulsión por flujo de agua). La parte fina, llamada Lama, se deposita en el depósito.

b. Embalse de relave:

Es aquel depósito donde el muro de contención es construido de material de préstamo (tierra y rocas circundantes) y es impermeabilizado en el coronamiento y

en su inclinación interna. Los depósitos de desechos son también aquellos depósitos ubicados en alguna depresión de la tierra donde la construcción de una pared de retención no es necesaria.

c. Relave Espesado:

Son los depósitos en los que la superficie se somete previamente a un proceso de sedimentación, en equipo denominado espesante, que favorece la sedimentación de sólidos (similar a la limpieza del agua del río para la producción de agua potable), con el objetivo de remover parte importante contenido de agua, que puede ser reutilizado para reducir el consumo de agua de fuentes de agua limpia. El depósito de desechos espesados se construye de forma que se evita que los residuos fluyan a otras áreas distintas de las del lugar autorizado y para tener un sistema de piscinas para la recuperación del agua restante que pueda fluir fuera del tanque.

d. Relave Filtrado:

Es similar al engrosado o espesado. Es un depósito en el que el material contiene aún menos agua, gracias al proceso de filtración, para garantizar una humedad inferior al 20%. Esta filtración también es similar a la usada en el agua potable.

e. Relave en pasta:

Corresponden a una mezcla de agua con sólido, que contiene abundantes partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa, similar a una pulpa de alta densidad.

f. Otros tipos:

Existen otros tipos de depósitos de relaves, como por ejemplo los depósitos en minas subterráneas, en rajos abandonados, entre otros.

Métodos constructivos de depósitos de relaves

Según Céspedes (2018), existen tres métodos desarrollados en el ámbito de diseño de crecimiento de los depósitos de relaves. Todos estos pretenden emplear de la mejor forma posible los materiales de los depósitos, este se inicia con un pequeño muro, que luego se eleva a medida que hay más relave que depositar. Los cuales son:

a. Método aguas arriba

Este método de crecimiento no es contemplado en nuestra legislación principalmente porque se construye sobre material de relave sin consolidación, es decir, se levanta un depósito inicial o de partida y posteriormente se eleva periódicamente la fracción gruesa del relave hacia el interior del depósito (ver figura 03). Esta forma de crecimiento no permite la construcción de drenaje en la cimentación del depósito de relaves debido a las lamas, lo que lleva a que el nivel freático en el interior del depósito de relaves sea muy elevado, disminuyendo así su resistencia efectiva. Además, la totalidad del depósito resistente, va quedando cimentado sobre estratos de lamas saturadas y sin compactar, por lo tanto, presentan alto potencial de licuación en caso de ocurrencia de un sismo, lo que provocaría un colapso total del depósito de relaves y el vaciamiento del embalse. Es por esta razón, que el método de crecimiento del depósito de relaves hacia aguas arriba no puede ser utilizado en zonas sísmicas como ocurre en nuestro país.

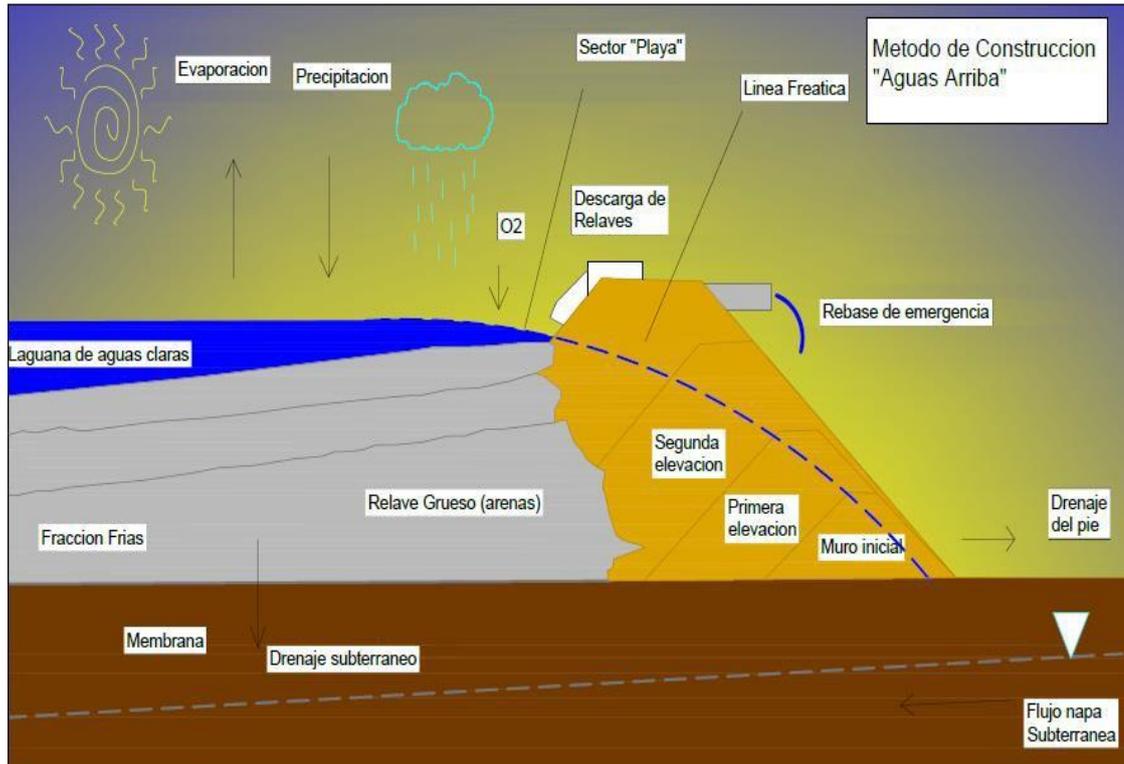


Figura 03. Crecimiento del depósito de relaves aguas arriba.

b. Método aguas abajo

Este método de crecimiento del depósito de relaves es uno de los más desarrollados en nuestro país y tiene un consenso general a su favor, principalmente por la necesidad de requerir depósitos de mayor tamaño y seguridad (ver figura 04). En el método de crecimiento del depósito de relaves hacia aguas abajo, la presa se levanta en dirección opuesta al depósito, por lo tanto, no está apoyada sobre relaves depositados previamente. Las principales ventajas y desventajas de este método son las siguientes:

- Nada se construye sobre relave previamente depositado y compuesto por material suelto y fino.
- Los controles de relleno y compactación pueden ser aplicados como se desee durante la operación.

- Los sistemas de drenajes pueden instalarse según sea necesario durante la construcción, el drenaje por debajo permite controlar la línea de saturación a través de la presa aumentando su estabilidad.
- La presa puede ser diseñada y construida con un buen grado de seguridad, incluyendo su comportamiento ante movimientos sísmicos.
- Permite prevenir las filtraciones colocando una membrana impermeable al interior del depósito, la que se extiende cada vez que aumente la altura de la obra.
- Normalmente la presa puede levantarse por sobre la altura original con un mínimo de modificaciones de diseño. Esto es muy importante pues en la mayoría de las minas la reserva original puede agrandarse por nuevos descubrimientos; precios más altos para el metal, nuevos métodos de extracción, etc.
- Una desventaja es que ocupa mayor espacio al momento de crecer aguas abajo del depósito.

Por lo expuesto anteriormente, este es el método que conduce a mayores factores de seguridad para ser recomendado en zonas de alto riesgo sísmico.

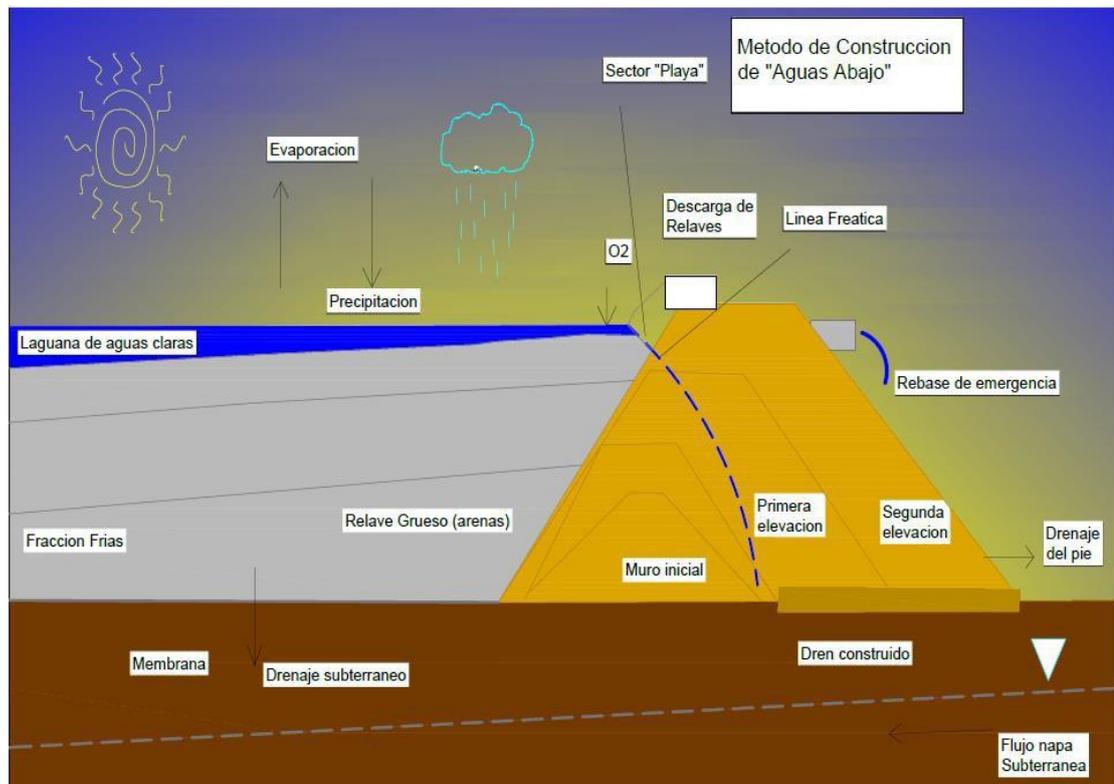


Figura 04. Crecimiento del depósito de relaves aguas abajo.

c. Método de línea central

Este método consiste en ir elevando la cota del depósito de relaves de arena manteniendo la berma de coronamiento en un mismo eje vertical (ver figura 05). En este método, la ladera de aguas arriba del depósito de relaves, va quedando fundada sobre los estratos de lamas saturadas y sin compactar, las que son licuables en caso de un sismo; por esta razón no se recomienda su construcción en zonas de alta sismicidad.

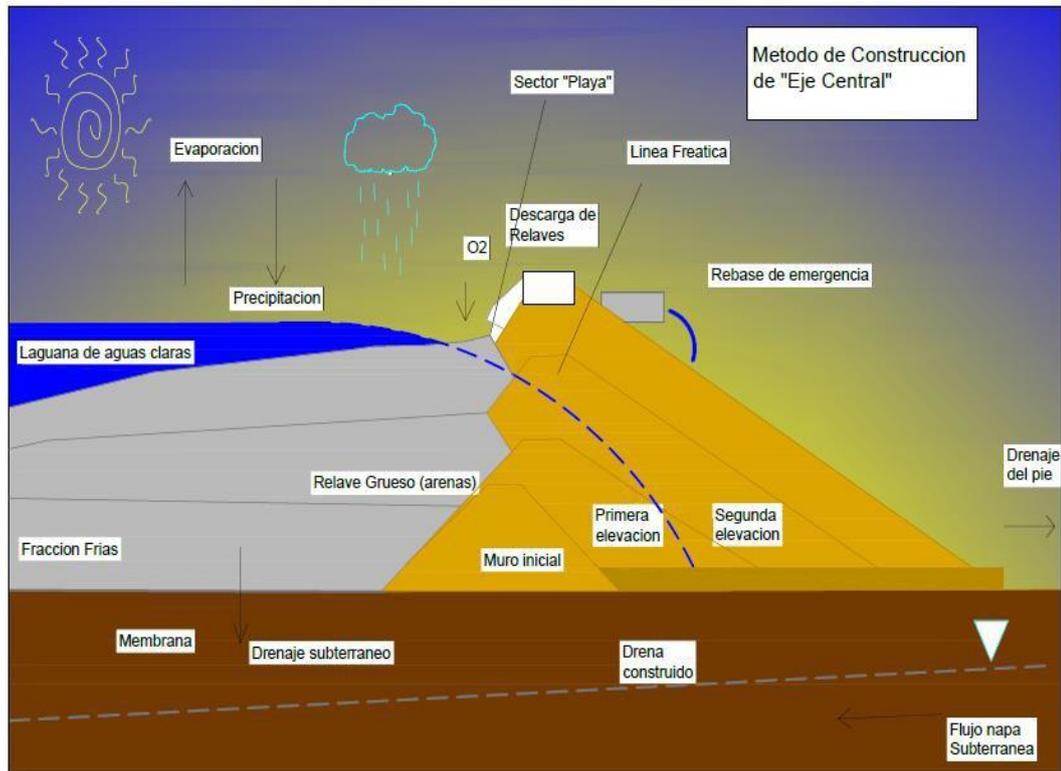


Figura 05. Crecimiento del depósito de relaves línea central.

Plan de minado

La Perforación de rocas

Según Karlinski et al., (2008), la perforación es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes.

Según Yue et al., (2003), esta operación es necesaria para lograr el confinamiento del explosivo y aprovechar mejor las fuerzas expansivas. Se basa en principios mecánicos de percusión y rotación, cuyos efectos de golpes y fricción producen el astillamiento y trituración de la roca en un área equivalente al diámetro de la roca y hasta una profundidad dada por la longitud del barreno utilizado.

Según el Centro Tecnológico de Voladura EXSA S. A, (2009), la eficiencia en perforación consiste en lograr la máxima penetración al menor costo.

Según Franca (2010), los métodos de perforación más empleados son los métodos rotativos y rotopercutivos. Siendo este último el sistema más clásico de perforación de barrenos.

Según Wang et al., (2012), la perforación a rotopercusión se basa en la combinación de las siguientes acciones: percusión, rotación, empuje y barrido.

Según Correa (2009), la operación de perforación depende directamente de la dureza y abrasividad de la roca.

Según Morín y Ficarazzon (2006), la fragmentación de la roca se considera el parámetro más importante en las operaciones de minería a causa de sus efectos directos sobre los de perforación y voladuras.

Según el Centro Tecnológico de Voladura EXSA S. A, (2009), la resistencia de la roca determina el método o medio de perforación a emplear: rotación simple o rotopercusión. Por lo general cuanto más blanda sea la roca mayor debe ser la velocidad de perforación. Por otro lado, cuanto más resistente sea a la compresión, mayor fuerza y torque serán necesarias para perforarla.

Voladura

Según Ghasemi et al., (2011), la voladura es uno de los medios principales de extracción de minerales en las operaciones de minería a cielo abierto. El propósito principal de la operación de voladura es la fragmentación de la roca y para esto se requiere de una gran cantidad de explosivos. Los explosivos liberan una gran cantidad de energía durante la explosión, en donde, sólo el 20-30% es utilizada para

la ruptura y el desplazamiento de las rocas, mientras que el resto de esta energía es desperdicia en forma de efectos secundarios ambientales.

Según Glosario Técnico Minero (2003), la voladura se puede definir como la ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el cargue de los huecos hechos en la perforación. Con una sustancia explosiva, que al entrar en acción origina una onda de choque y, mediante una reacción, libera gases a una alta presión y temperatura de una forma substancialmente instantánea, para arrancar, fracturar o remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma.

Según el Centro Tecnológico de Voladura EXSA S. A, (2009), la fragmentación de rocas por voladura comprende a la acción de un explosivo y a la consecuente respuesta de la masa de roca circundante, involucrando factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión, mecánica de rocas y otros, en un rápido y complejo mecanismo de iteración.

Según el Centro Tecnológico de Voladura EXSA S. A, (2009), la fragmentación del macizo rocoso es causada inmediatamente después de la detonación. El efecto de impacto de la onda de choque y de los gases en rápida expansión sobre la pared del taladro, se transfiere a la roca circundante, difundiéndose a través de ella en forma de ondas o fuerzas de compresión, provocándole solo deformación elástica, ya que las rocas son muy resistentes a la compresión. Al llegar estas ondas a la cara libre en el frente de voladura causan esfuerzos de tensión en la masa de roca, entre la cara libre y el taladro. Si la resistencia a la tensión de la roca es excedida, esta se rompe en el área de la línea de menos resistencia (burden). En este caso las ondas reflejadas son ondas de tensión que retornan al punto de origen creando fisuras y

grietas de tensión a partir de los puntos y planos de debilidad naturales existentes, agrietándola profundamente (efecto de craquelación).

Según el Centro Tecnológico de Voladura EXSA S. A, (2009), casi simultáneamente, el volumen de gases liberados y en expansión penetra en las grietas iniciales ampliándolas por acción de cuña y creando otras nuevas, con la que se produce la fragmentación efectiva de la roca. Si la distancia entre el taladro y la cara libre está correctamente calculada la roca entre ambos puntos cederá. Luego los gases remanentes desplazan rápidamente la masa de material triturado hacia adelante, hasta perder su fuerza por enfriamiento y por aumento del volumen de la cavidad formada en la roca. En este momento en que los fragmentos o detritos caen y se acumulan para formar la pila de escombros o material volado. Concluyendo de esta forma el proceso de voladura.

Variables perforación y voladura

Caracterización del macizo rocoso

Según Ramírez (2004), las propiedades mecánicas de las rocas limitan la efectividad de la fragmentación requerida producido por la voladura en una operación minera. A continuación, se presenta las propiedades principales físicas y mecánicas que son empleadas en el modelamiento de voladura de rocas y deben ser estudiadas:

- Litología.
- Propiedades físico-mecánicas. (St , Sc , pr).
- Caracterización geomecánica. (RMR, RQD y GSI).

- Parámetros de resistencia de la roca. (cohesión y ángulo de fricción interna ϕ_i).
- Constantes elásticas de la roca. (E, μ).
- Propiedades sísmicas (velocidad de propagación: V_p , V_s).

Por tanto, el macizo rocoso y la mezcla explosiva comercial son determinantes para obtener una adecuada fragmentación como resultado de la voladura de rocas.

Resistencia a compresión: La resistencia a la compresión uniaxial se realiza sobre probetas de roca, este método es el más utilizado para determinar la resistencia a la compresión simple, el ensayo se realizó con muestras cúbicas de 5 cm de arista. Relaciona la carga máxima sobre la muestra (en el momento de su destrucción) y el área transversal de la misma; se determina con la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{Pr}{F}$$

RC: Resistencia a compresión uniaxial de la roca intacta (kg f /cm²).

PR: Fuerza de ruptura de la muestra de roca (kg f).

F: Superficie de la sección transversal (cm²).

Resistencia a tracción: Para determinar la resistencia a tracción se empleó el Método Brasileño, que consistió en ensayar una muestra cilíndrica comprimiéndola por sus generatrices opuestas. La resistencia a tracción se determina mediante la fórmula:

$$R_t = \frac{2 * Pr}{\pi * l * d}$$

RT: Resistencia a tracción de la roca (kgf/cm²).

PR: Fuerza de ruptura de la muestra de roca (kgf).

D: Diámetro de la muestra de roca (cm).

L: Longitud de la muestra de roca (cm).

Forma práctica: $R_t = 8 \% R_c$ (kg /cm³).

Estimación del módulo de elasticidad (EM): Debido a la dificultad de obtener el módulo de Young del macizo rocoso, mediante ensayos de laboratorio, por el comportamiento frágil de las muestras de roca, este se ha estimado mediante fórmulas empíricas que lo relacionan con la calidad geotécnica de los macizos rocosos. Mediante las correlaciones de EM y RMR de Bieniawski (1978); Serafim y Pereira (1983) que se expresan por las siguientes ecuaciones:

$$EM \text{ (GPa)} = 2 * RMR - 100 \text{ Bieniawski (1978)} \quad (1)$$

$$EM \text{ (GPa)} = 10(RMR-10)/40 \text{ Serafim y Pereira (1983)} \quad (2)$$

La ecuación 1 tiene validez para $55 < RMR < 100$ y la ecuación 2 tiene validez para $10 < RMR < 50$, Ramírez y Alejano (2 004) señalan que la ecuación 2 esta “basada en la recopilación de resultados de ensayos de placa de carga en un buen número de macizos rocosos de distintas calidades”.

Estimación de coeficiente de Poisson (vm): Define la deformación entre la deformación transversal y axial. El coeficiente de poisson μ , en una roca varia por lo general entre. $0,10 < v < 0,50$.

$$\mu = V_m = \frac{E. \text{lateral}}{E. \text{axial}}$$

Clasificación de Bieniawski “RMR”

Permite hacer una clasificación de las rocas 'in situ' y estimar el tiempo de mantenimiento y longitud de un túnel o taludes, consta de un índice de calidad RMR (Rock Mass Rating), independiente de la estructura, y de un factor de corrección El RMR se obtiene estimando cinco parámetros:

- La resistencia a compresión simple de la roca.
- El RQD (Rock Quality Designation).
- Espaciamiento de juntas.
- Condición de juntas.
- La presencia de agua freática.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del RMR que varía entre 0 – 100.

Índice de calidad de la roca “RQD” (1968)

Según Barton, N., Lien, R., y Lunde, J. (1 988), el índice “JV” suele obtenerse con frecuencia, se define como el número de juntas por metro cúbico, obtenido al sumar las juntas presentes por metro para cada una de las familias existentes.

$$RQD = 115 - 3.3J_v \dots (\%)$$

$$J_v = \frac{n^{\circ}J_1}{L_1} + \frac{n^{\circ}J_2}{L_2} + \frac{n^{\circ}J_3}{L_3}$$

$n^{\circ}J_i$: Número de discontinuidades, L_i : Longitud media

J_v : Numero de juntas en un metro cubico.

Tabla 01. Caracterización del macizo rocoso en formación de bloques.

Jv	Características del macizo rocoso
<1	Bloques masivos
1– 3	Bloques grandes
3 – 10	Bloques tamaño medio
10– 30	Bloques pequeños
>30	Bloque muy pequeños

Fuente: Geotecnia Barton, N., Lín, R., and Lunde, J.

Tabla 02. Clasificación geomecánica RMR Bieniawski – 1989.

1	Resistencia de matriz rocosa (Mpa)	Ensayo carga puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión simple (Mpa)		
		Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2		RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
		Puntuación	20	17	13	6	3		
3		Separación entre diaclasas	>. 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,2 - 0,06 m	< 0,06 m		
		Puntuación	20	15	10	8	5		
4		Persistencia	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno blando <5mm	Relleno blando >5mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de tunel	Nulo	< 10 L/min	10 - 25 L/min	25 - 125 L/min	> 120 L/min		
		Relación presión de agua/Tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

Fuente: M. Ferrer (1999). Manual de campo para la descripción y caracterización de Macizos rocosos en afloramientos.

Tabla 03. Caracterización del macizo rocoso con el RQD.

RQD (%)	Calidad de la Roca
0 - 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Media
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Fuente: Geotecnia Barton, N., Lín, R., and Lunde, J.

Índice de volabilidad de Lilly (1986 - 1992)

Según Pérez M., Carlos A. (2008), Lilly ha definido un índice de volabilidad “BI” (Blastability Index) que se obtiene como suma de los valores representativos de cinco parámetros geomecánicos, nos da una idea de que tan fácil o difícil es volar una roca.

Este índice se aplicó por primera vez en las minas de hierro de Pilbara, donde existen rocas extremadamente blandas con un valor de BI = 20 y también rocas masivas muy resistentes con un valor de BI = 100, cuya densidad es de 4 TM /m³.

Según Hoek (1997), el macizo rocoso es raramente continuo, homogéneo e isotrópico; está siempre intersectada por una variedad de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación y otros. Entonces está claro, el comportamiento del macizo rocoso en excavaciones subterráneas depende de las características de la roca intacta y como de las discontinuidades.

La evaluación desde punto de vista ingeniería geológica comprende en identificar los tipos litológicos, mapeo de las principales discontinuidades, identificación de los principales sistemas de juntas, levantamiento de registro de discontinuidades y evaluación de la naturaleza intrínseca de las discontinuidades.

Para calcular el índice de volabilidad primero se debe realizar una descripción del macizo rocoso bien detallado.

$$BI = 0.5 (RMD + JPS + JPO + SGI + RSI)$$

Donde:

RMD: Descripción del macizo rocoso.

JPS: Espaciamiento de los planos de juntas.

JPO: Orientación de los planos de juntas

SGI: Gravedad específica.

RSI: Dureza de la roca.

BI: Índice de volabilidad.

En la tabla 04 se denota la caracterización el macizo rocoso para estimar el factor de carga necesaria para fragmentar el tamaño de roca necesario.

Según, Laos V. Alfredo (2001), las voladuras de escollera requieren un estudio de la geología y comenzar por un diseño adecuado y ajustarlo correctamente la carga operante por taladro, en el que implica en unos mayores porcentajes de tamaños buscados y una mejor economía de la operación, es fundamental el correcto emplazamiento de los taladros, controlar la rotura de la carga de fondo, la de columna para conseguir un buen frente y suelos remanentes que faciliten la repetitividad y consistencia de los resultados.

Tabla 04. Caracterización del macizo rocoso para estimar el factor de carga.

Parámetros geomecánicos	Calificación
1.- Descripción de la masa rocosa (RMD)	
Friable / Poco consolidado	10
Diaclasado verticalmente	20
Masiva	50
2.- Espaciamiento de fracturas (JPS)	
< 0,1 m	10
0,1 a 1,0 m	20
> 1,0 m. Sobre tamaño de la malla	50
3.- Angulo del plano de fractura (JPA)	
Buza fuera de la cara	20
Rumbo perpendicular a la cara	30
Buza hacia la cara	50
4.- Influencia de la densidad (RDI)	$RDI = 25 * SG - 50$
5.- Factor de dureza (HF) / Influencia de la resistencia: E/3 para E<50 GPa; UCS/5 para E>50 GPa; (E = módulo de Young, UCS = resistencia a la compresión uniaxial) $RSI = 0,5 * RC$.	

Fuente: Manual de perforación y voladura L. Jimeno.

Con estos parámetros en campo se determina el consumo específico (CE) de explosivo y el factor de energía (FE).

$$CE = 0,004 * BI... (kg/TM)$$

$$FE = 0,015 * BI... (Mj/TM)$$

$$A = 0,12 * B (A = \text{Factor de roca})$$

Según López J., Carlos (1994), en determinadas obras como la construcción de presas de roca se necesita material para enrocado con un grado de fragmentación necesario, como en este caso se requiere roca con una fragmentación de tamaño (> 1 m³).

La configuración de las voladuras para producir bloques de grandes dimensiones difiere de la convencional de las voladuras en banco, dos objetivos básicos consisten en conseguir un corte adecuado a la cota del piso y un despegue limpio a lo largo del plano que forman los taladros con un agrietamiento mínimo de la roca por delante de dicho plano.

Las pautas que deben conseguirse para el diseño de las voladuras de escollera son lo siguiente:

- Altura de banco lo mayor posible, dentro de unas condiciones de seguridad de la operación. Habitualmente se adoptan alturas entre los 15 y 20 m.
- Diámetro de perforación comprendidos entre 75 y 115 mm.
- Inclinaciones de los taladros entre 5° y 10° .
- Sobreperforación $J = 10 Dt$.
- Longitud de carga de fondo de 55 Dt, con explosivos que dan una elevada densidad de carga.
- Relación entre la burden y el espaciamiento $B/S = 1,40 - 1,70$, en ocasiones se emplean valores incluso superiores a 2.
- Retacado intermedio entre la carga de fondo y la carga de columna del orden de 1m.
- Consumo específico en la zona de la carga de fondo en función de la resistencia a compresión simple de la roca.

$> 650 \text{ g/m}^3$ para $RC > 100 \text{ MPa}$

$< 500 \text{ g/m}^3$ para $RC < 100 \text{ MPa}$

- Densidad de la carga en el plano de corte:

> 500 g/m² para RC > 100 MPa

< 250 g/m² para RC < 100 MPa

- Carga de columna desacoplada con una relación entre el diámetro del taladro y el diámetro de carga alrededor de 2.
- Retacado con una longitud de “15 D”.
- Secuencia de encendido instantánea en toda la fila de taladros.

Variables relacionadas con la eficiencia de la voladura.

- Variables del macizo rocoso.
- Variables de carga operante.
- Variables de diseño.
- Variable de las condiciones geológicas.
- Variable de las condiciones ambientales.

Definición de términos básicos

Canchas De Relaves. Son depósitos denominados simplemente canchas o tranques, depresiones usadas para colocar los relaves de operaciones mineras. Su principal función es permitir el tiempo suficiente para que los residuos de metales pesados se sedimenten o para que el Cianuro se filtre o “destruya” antes que el agua sea reciclada nuevamente en el molino o tratada antes de ser descargada en la cuenca local.

Relave (o cola). Es un conjunto de desechos tóxicos de procesos mineros de la concentración de minerales, usualmente constituido por una mezcla de rocas molidas, agua y minerales de ganga (o sin valor comercial).

Exploración. Prospección, muestreo, manejo, perforación diamantina y otros trabajos comprendidos en la búsqueda de mineral.

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

Composición de los Relaves. Los relaves son desechos tóxicos, subproductos de procesos mineros y concentración de metales, mezcla de tierra, minerales, agua y rocas. Son materiales rechazados de un proceso de chancado o molienda después de que la mayor parte de los minerales valiosos han sido extraídos. Los relaves contienen altas concentraciones de químicos y elementos tóxicos que alteran el equilibrio del ecosistema, por lo que deben ser transportados y almacenados en "tranques o pozas de relaves" donde lentamente los contaminantes se van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada. El material queda dispuesto como un depósito estratificado de materiales sólidos finos.

Carguío. Cantidad de géneros u otras cosas que componen la carga. Cargo o peso a ser transportado.

Acarreo o Transporte. Llevar o transportar mercancías o cargas de un lugar a otro.

Banco de cantera. Está en función al equipo de carguío, cargador frontal o excavadora hidráulica.

Sobre perforación (J). De manera que, para romper por el nivel del piso propuesto, hay que perforar por debajo, cierta longitud en función del burden y de las condiciones estructurales de la roca en el pie de perforación, cuando perforamos

taladros verticales la sobre perforación varía de 9 – 12 el diámetro del taladro, para casos prácticos se considera de 7 a 8 % de la altura de banco.

Recursos Naturales. Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.

Voladura en cantera. Es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados produciendo dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento. En la cantera para este proceso se usó agentes de voladura (Emulsión) y accesorios (Fanel Dual) con periodo de retardo en (ms).

Fragmentación. Es el tamaño al que se rompe la roca en una voladura, depende de la manera en que la energía trabaje tanto entre taladros como en filas. La fragmentación se verá afectada si el espaciamiento y el tiempo de iniciación están mal. (Arte de tronadura - MCKENZIE).

Burden para canteras (B): Se define como la distancia más corta entre una perforación y la cara libre, es el lado del banco que menos resistencia presenta. En cantera para producción de roca de tamaños mayores es ($B = 30 D$), para determinar esta variable se ha usado el modelo matemático de Pearse – 1955, lo cual nos determina el burden para voladura de rocas en cantera, proporcionando una fragmentación gruesa de tamaños mayores a 0,30 metros de diámetro.

Malla de perforación en cantera. Porción de terreno donde se realizarán los trabajos de perforación, por lo general este tiene una distribución uniforme que puede ser cuadrada o rectangular si para producción de escollera.

Litología. En cantera sur se caracteriza por el tipo de roca sedimentaria caliza.

Geomecánica. Es la disciplina que estudia las características mecánicas de los materiales rocosos y el comportamiento del macizo. Material de cantera se ha evaluado en laboratorio, dando resultado de compresión uniaxial 45 MPa.

Mineral. Es aquella sustancia sólida, natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida.

Depósito mineralizado. Un cuerpo mineralizado subterráneo que ha sido interceptado por un número suficiente de huecos de perforación espaciados estrechamente y/o muestreo subterráneo para sustentar un tonelaje o ley de mineral suficientes como para garantizar la futura exploración o desarrollo. Los depósitos minerales o los materiales mineralizados no califican como una reserva de mineral minable comercial (las reservas probables o probadas), tal como se describe de acuerdo con las normas de la Comisión, hasta que se concluya un estudio de factibilidad integral económico, técnico y legal en base a los resultados de las pruebas.

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

1.4. Formulación del problema

¿Cómo se realizará el diseño del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves.

1.5.2. Objetivos específicos

- Elaborar el organigrama de trabajo y las funciones de los jefes y supervisores.
- Definir los parámetros geotécnicos del tajo final para la explotación de la cantera.
- Definir la calidad, volumen, tonelaje y transporte de material a explotar de la cantera.
- Definir el cronograma de explotación de material vs demanda de materiales para la cantera.
- Definir los equipos de perforación y equipos auxiliares a utilizar en la operación.
- Estimar la cantidad de explosivo a utilizar.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Un adecuado diseño del plan de minado ayudará a desarrollar una etapa de perforación y voladura eficiente para la obtención de material estructural para el recrecimiento de la presa de relaves.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El organigrama de trabajo y las funciones de los jefes y supervisores servirá para mantener el orden dentro de la operación para la adecuada distribución del trabajo y cumplimiento con el cronograma de explotación de la cantera.
- Los parámetros geotécnicos del tajo final adecuados ayudaran a la explotación de la cantera para el suministro de material.
- La calidad del material a explotar será conforme a las especificaciones solicitadas por el cliente, el volumen, tonelaje y transporte de material a explotar de la cantera estará en función al cronograma de explotación.
- El cronograma de explotación de material estará en función a la demanda de materiales que requiere la presa, el cual a su vez está en función al tiempo estimado para la construcción.
- Los equipos de perforación y auxiliar a utilizar en la operación estarán en función de la cantidad de material de la cantera que se moverá.
- La cantidad de explosivo a utilizar dependerá del tipo de malla, el diámetro del taladro y el tipo de terreno.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito, Aplicada: Fue aplicada ya que se utilizaron los conocimientos en la práctica, para aplicarlos de forma inmediata en el desarrollo del proyecto. Se tuvo como propósito dar solución a una situación o problema concreto e identificable cómo es la elaboración del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves, la obtención de material estructural para el recrecimiento de la presa de relaves se obtendrá de una cantera de caliza y con esto favorecer a la continuidad de las operaciones de la unidad minera.

2.1.2. Según el diseño de investigación, descriptiva: puesto que tiene como objetivo central la descripción de los eventos para lograr establecer un adecuado diseño del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves.

2.2. Población

En el trabajo de investigación, la población está dado por todos los datos de campo que caracterizan al macizo rocoso de la cantera de caliza de la unidad minera.

2.3. Muestra

La muestra está constituida por los puntos de muestreo de que se tomarán dentro del área del macizo rocoso el cual está destinado para la cantera de caliza.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.4.1. Técnicas

La técnica empleada para para la obtención de datos de la presente investigación fue:

La observación directa en campo y seguimiento de la operación en sí, para la recolección de la información requerida para el diseño del plan de minado.

El análisis documental mediante el cual se emplearon teorías y normas para el sustento teórico de los resultados obtenidos.

2.4.2. Instrumentos

Los instrumentos a utilizarse son: estación total. equipo de GPS navegador. laptops personales. software especializado Minesigth 3D y Autocad Civil 3D, planos, mapas, hojas de datos de campo, formulario. tablas de valores.

2.4.3. Análisis de datos

Para el análisis de datos, se realizó un trabajo de gabinete, empleando los equipos de cómputo y software especializados (Minesigth 3D y Autocad Civil 3D, Excel).

2.5. Procedimiento

La información fue recolectada en campo mediante un previo recorrido, en la cual el personal de geología tomo muestras.

Posterior a la recolección de la información de campo, el área de perforación y voladura procedió a analizar, ordenar y clasificar los datos obtenidos de acuerdo a la experiencia y conocimientos de jefes y supervisores; esta información servirá para los fines de la presente investigación.

Con los datos obtenidos y analizados se procedió a realizar el diseño del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves.

2.6. Aspectos éticos

En la presente investigación se pusieron en práctica los aspectos éticos, en los cuales se puede afirmar:

Los datos obtenidos han sido obtenidos de la fuente original.

Se cito a diferentes autores cuando se hizo uso de sus fuentes bibliográficas, respetando el derecho al autor en las referencias bibliográficas.

El trabajo de investigación se apoya en los siguientes principios como son: respeto, confiabilidad, objetividad, transparencia la ética porque se hace el reconocimiento de la bibliografía de diferentes autores y se les otorga los créditos mediante las citas que se presente en el trabajo e investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diseño del plan de minado

3.1.1. Organigrama de trabajo

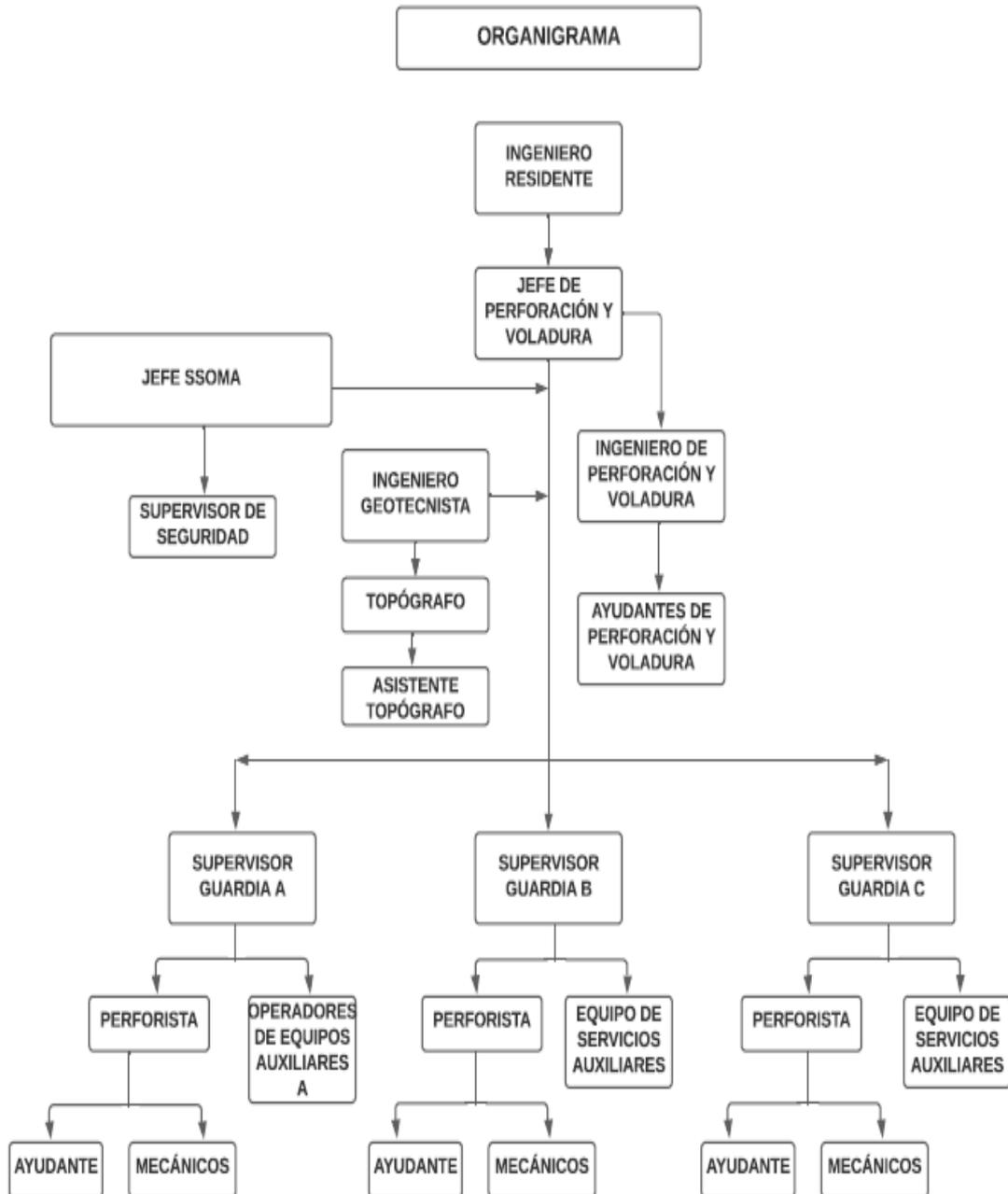


Figura 06. Organigrama del área de perforación y voladura.

3.1.2. Equipo de supervisión

a. Ingeniero residente.

- Revisar y aprobar el plan de producción de las actividades de perforación y voladura a realizar en la cantera otorgada.
- Revisar y aprobar los parámetros geotécnicos del tajo y diseño de vías de acceso para su posterior replanteo en campo.
- Coordinar con la Supervisión las autorizaciones de inicio de cada voladura programada.
- Autorizar el vale de salida de explosivos de polvorín para su uso en la cantera.
- Liderar el meeting de voladura con las partes involucradas, incluye vigías de voladura.
- Comunicación y barrido de personal y maquinaria fuera de los radios de influencia respectivos.

b. Jefe de perforación y voladura.

- Calcular y solicitar la cantidad de equipos de perforación hidráulica y/o neumática para cumplir con los metros lineales programados del plan.
- Calcular y solicitar la cantidad de explosivos requerida según sea taladros de producción, pre-corte y/o alivio de taludes.
- Cálculo del factor de carga según condición geológica.
- Diseñar y realizar el amarre final de retardos en superficie pre-voladura.
- Liderar la detonación en las voladuras programadas.
- Revisar y aprobar los resultados del análisis de vibraciones.

c. Ingeniero de perforación y voladura.

- Supervisar los trabajos de perforación y voladura en campo.
- Simular la secuencia de salida de la voladura programada.
- Abastecer de aceros de perforación y la gestión de combustible para las perforadoras.
- Coordinar diariamente con el personal los trabajos planificados por el área.
- Retirar el explosivo de polvorín y devolver remanentes en conjunto con los trabajadores.
- Aprobar los documentos de gestión de seguridad de los trabajadores para inicio de labores.
- Supervisar la instalación de señalizaciones y paneles para realizar la voladura.

d. Supervisor de operaciones en perforación y voladura.

- Control de equipos de perforación y abastecimiento de aceros.
- Monitorear la correcta perforación de acuerdo al diseño de malla planteado.
- Coordinar con el ingeniero de P&V los horarios de extracción de explosivo de polvorín.
- Coordinar con el personal el correcto llenado de herramientas de gestión en SSO, previo al inicio de sus labores.
- Supervisar el correcto carguío de taladros de acuerdo a lo establecido el jefe de P&V.
- Coordinar con el personal la recolección de remanentes de explosivos para su devolución.

e. Ingeniero de planeamiento de minado.

- Diseño de tajo final para la explotación de cantera, según las recomendaciones del ing. De Geotecnia.
- Diseño de rampas de acceso a los diferentes niveles de explotación.
- Planteamiento de las fases de minado mensuales, semanales para cumplir con la producción contractual.
- Monitorear el avance de explotación de cantera.
- Optimizar el ciclo de minado en la cantera.
- Realizar los reportes diarios y/o semanales de producción de la cantera.

f. Ingeniero de seguridad.

- Revisión y aprobación de las herramientas de gestión previas a la perforación y voladura.
- Supervisión en la instalación de señalizaciones y paneles para la voladura.
- Liderar el meeting de voladura en conjunto con el ing. Residente.
- Gestión en la aprobación de vales de entrada y salida de explosivos de polvorín.
- Gestión en las firmas del plano de radio de influencia para el meeting de voladura.
- Realizar el ultimo barrido dentro del radio de influencia para liberar la zona de personal y/o particulares.

3.1.3. Levantamiento y replanteo topográfico

Equipos.

- 1 Estación total TS 06 Leica.
- prismas.

Personal.

- 1 Topógrafo Cadista
- ayudantes de topografía.

Descripción del trabajo.

Se dará inicio con el levantamiento de terreno natural detallado aproximadamente cada 1.5 m.

El ingeniero de planeamiento otorgará las coordenadas del límite final del tajo para realizar el replanteo en campo por el topógrafo. Ver figura 07.

Se trazará el primer polígono de corte con voladura y el replanteo de malla de perforación.



Figura 07. Replanteo topográfico en campo.

Se realizará la actualización topográfica diaria de crestas y toes en los bancos post extracción de roca de la cantera en el software Minesigth 3D y Autocad Civil 3D.

Se reportará el volumen por voladura de corte al área de planeamiento, Oficina técnica y supervisión de mina.

Se realizará el control de taludes para el cumplimiento del protocolo de calidad.

Si se presenta algún tiro cortado después de la voladura, el topógrafo deberá mapear el taladro fallido en campo para su retiro e investigar el motivo de la no detonación.

3.1.4. Diseño de minado en cantera presa de relaves

Parámetros geotécnicos de tajo final.

- Altura de banco: 8 m.
- Ancho de Berma: 5 m.
- Angulo de PIT final (pit Slope): 45°
- Angulo de cara (Face Slope): 70°

Diseño de vías para acceso a tajo

- Ancho de vía: 10 m.
- Pendiente de vía: 10%.
- Material de vía: relleno de material volado.

Operatividad en bancos de producción.

Se diseñará bancos con anchos mínimos de 25 m a 35m, dependiendo del área disponible entre el límite de cara de tajo y borde de cantera hacia risco. Ver figura 08 y figura 09.

Si se presentara dimensiones más grandes de las mencionadas se podrá explotar un banco adicional nivel abajo.

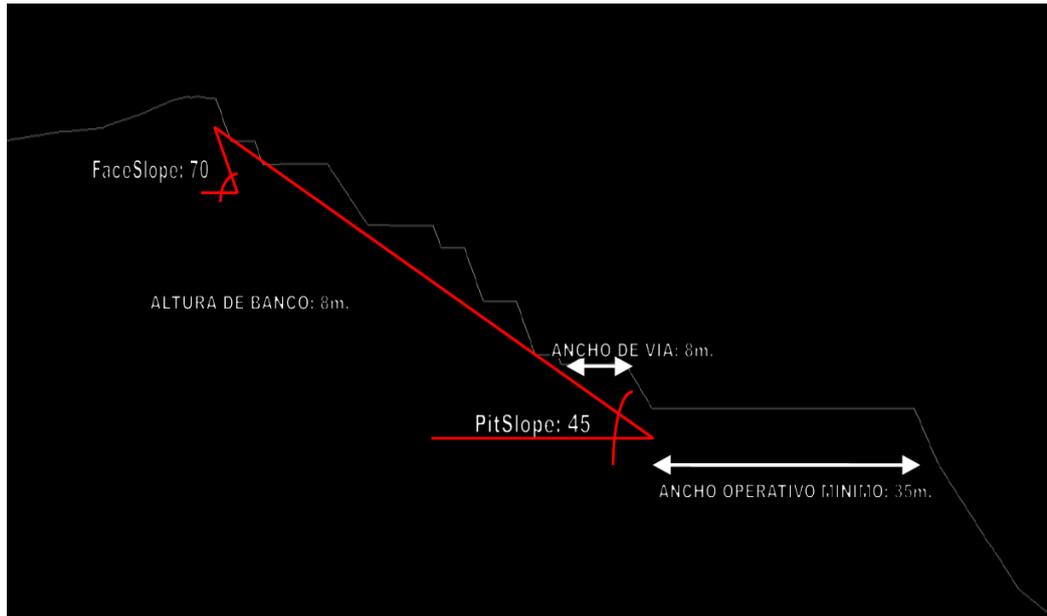


Figura 08. parámetros de diseño.

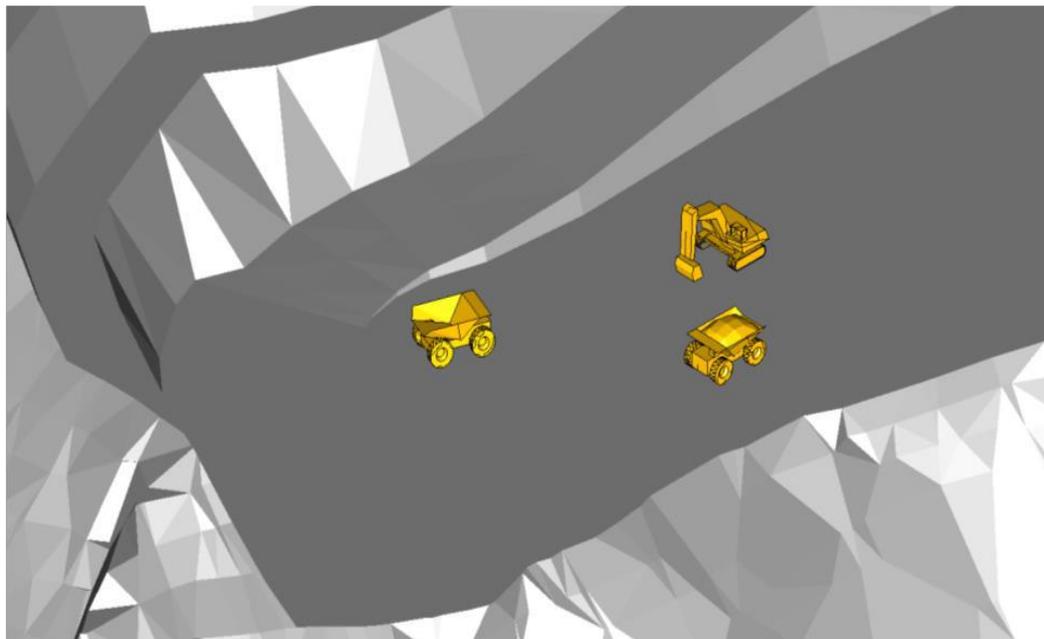


Figura 09. área operativa de carguío y acarreo.

Calidad, volumen, tonelaje y transporte de material a explotar

El material que conforma la cantera es una roca caliza, esta roca sedimentaria está compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO_3) generalmente calcita. También puede contener pequeñas cantidades de arcilla, siderita, cuarzo, entre otros. Reconocer este tipo de roca es muy fácil, gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita; es menos dura que el acero y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico.

La cantera cuenta con un volumen total de $835'599 \text{ m}^3$ de roca caliza dispuestos en 2 mini bancos de desquinche (4100 y 4092) y 12 bancos principales (4084 a 3996) para voladura primaria con movimiento de tierras.

Nv.	N° de banco	Volúmen (m3)	Vol. Acumulado	N° de fase
4100	BC 4100	194.00	194.00	I
4092	Bc 4092	5,555.00	5,749.00	
4084	BC 4084	17,196.00	22,945.00	
4076	BC 4076	66,390.00	89,335.00	
4068	BC 4068	91,127.00	180,462.00	II
4060	BC 4060	91,931.00	272,393.00	
4052	BC 4052	88,279.00	360,672.00	III
4044	BC 4044	82,661.00	443,333.00	
4036	BC 4036	76,775.00	520,108.00	IV ETAPA II
4028	BC 4028	72,556.00	592,664.00	
4020	BC 4020	67,173.00	659,837.00	
4012	BC 4012	61,741.00	721,578.00	
4004	BC 4004	57,756.00	779,334.00	
3996	BC 3996	56,225.00	835,559.00	

Figura 10. Volumen total.

Secuencia de minado.

Se ha planificado la extracción de 112'000.00 m³ mensuales de roca para la construcción de la presa de relaves, dispuesta en 4 meses operativos. (aprox. 28'000 m³ por semana).

Cronograma de explotación del material de cantera.

Se ha elaborado un cronograma de explotación de roca caliza el cual consta de 17 semanas (4 meses) en la cual el volumen de extracción del material por semana será de 28000 m³.

Tabla 05. Material explotado en cantera.

Semanas	Nv. 4100	Nv. 4092	Nv. 4084	Nv. 4076	Nv. 4068	Nv. 4060	Nv. 4052	Nv. 4044	TOTAL m ³
sem 01	194	5555		8000					13749
sem 02			17196		10000				27196
sem 03				28000					28000
sem 04				28000					28000
sem 05				2390	25610				28000
sem 06					28000				28000
sem 07					27517	483			28000
sem 08						28000			28000
sem 09						28000			28000
sem 10						28000			28000
sem 11						7448	20552		28000
sem 12							28000		28000
sem 13							28000		28000
sem 14							11727	16273	28000
sem 15								28000	28000
sem 16								28000	28000
sem 17								10388	10388
Cant. m³	194	5555	17196	66390	91127	91931	88279	82661	443333

En la primera y segunda semana no se logró extraer el volumen planificado de material.

Los niveles principales del pit completo descienden desde la cota 4100 a 3996 (se refiere a la altura sobre el nivel del mar).

Transporte de material estructural

El transporte del material de la cantera al punto de acopio se realizará empleando 15 volquetes de 15 m³ de capacidad y el tramo recorrido es aproximadamente de 2 km.



Figura 11. Volumen global.

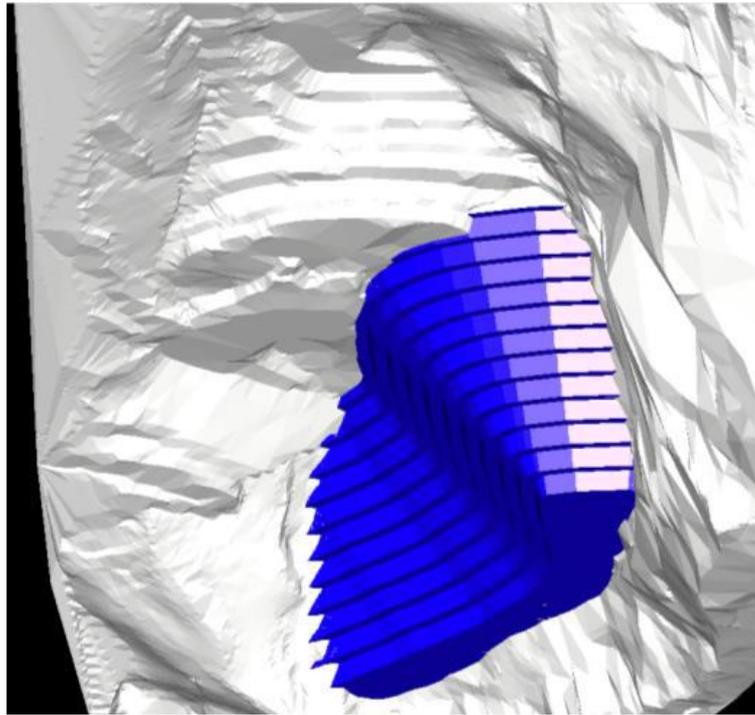


Figura 12. Tajo Final.

Ingreso de rampas.

Rampas operativas:

Las rampas operativas se construirán en material volado con una pendiente de 10%, con funciones de ingreso de perforadoras a bancos superiores, acceso a bancos inferiores para carguío y acarreo de material volado, etc.

Rampas principales:

Se generarán en interior tajo como ruta de acarreo principal que empalma con la carretera nacional, ruta que lleva roca hacia el recrecimiento de la presa.

Con un ancho de 10 m que incluye: ancho de volquete para doble vía, factor de espaciado entre volquetes y ancho de berma según reglamento.

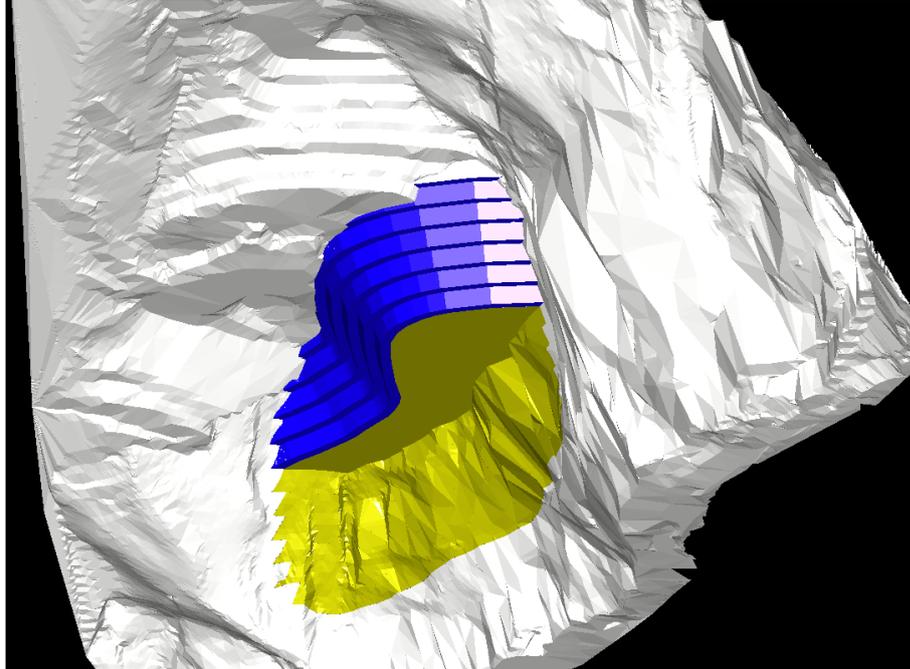


Figura 13. Acceso a tajo principal con rampas.

KPI's y rendimientos

Por la geometría del diseño de la cantera y medidas de control para evitar vibraciones elevadas en movimiento de tierras se ha propuesto un rendimiento de 28'000 m³ en progresión lineal. Se irá modificando el volumen diario según la geometría de los polígonos y/o área liberada para perforación después de la limpieza de tajos. A continuación, se muestra el ciclado y los rendimientos del primer mes de explotación, que llevará correlación con los de las fases siguientes.

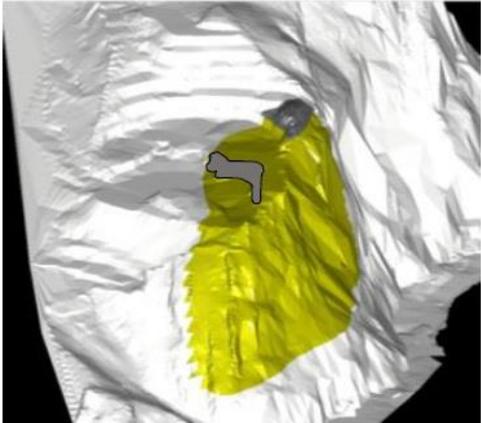
Días hábiles de la semana	4.5
FECHA	
# semana	Semana 1
Área	
Producción Semanal (m3)	13,749.00
Vol. Diario (m3)	3,055.33
Área semanal (m2)	1,718.63
Área diaria (m2)	382

Figura 14. Semana 1.

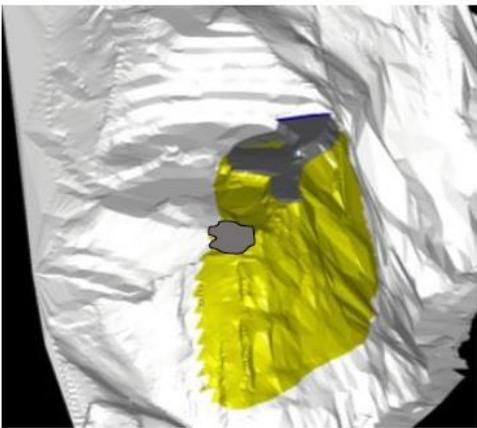
FECHA	
# semana	Semana 2
Área	
Producción Semanal (m3)	27,196.00
Vol. Diario (m3)	6,043.56
Área semanal (m2)	3,399.50
Área diaria (m2)	755

Figura 15. Semana 2.

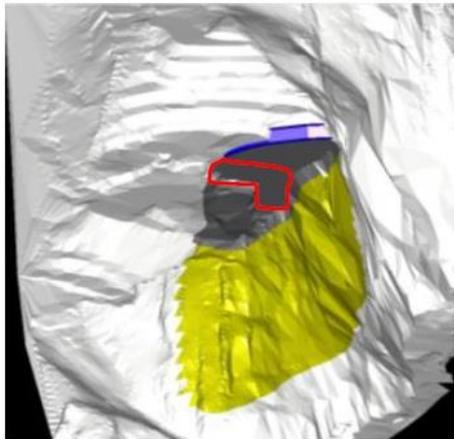
FECHA	
# semana	Semana 3
Área	
Producción Semanal (m3)	28,000.00
Vol. Diario (m3)	6,222.22
Área semanal (m2)	3,500.00
Área diaria (m2)	778

Figura 16. Semana 3.

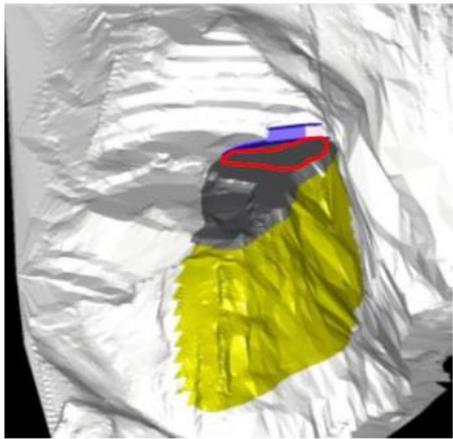
FECHA	
# semana	Semana 4
Área	
Producción Semanal (m3)	28,000.00
Vol. Diario (m3)	6,222.22
Área semanal (m2)	3,500.00
Área diaria (m2)	778

Figura 17. Semana 4

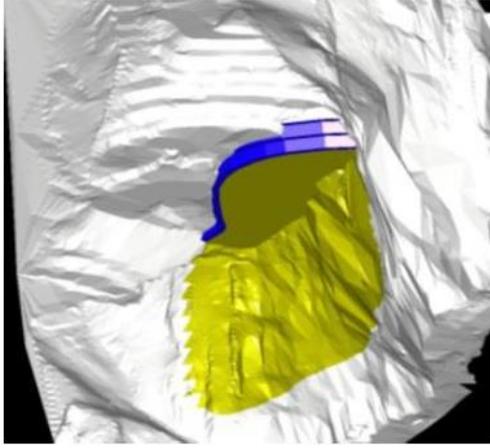
# semana	TOTAL MENSUAL
Área	
Producción Semanal (m3)	96,945.00
Vol. Diario (m3)	
Área semanal (m2)	12,118.13
Área diaria (m2)	

Figura 18. total

Control de avance.

Se llevará el control de la producción de la cantera en una curva “S” independiente, según las fases y los niveles de explotación.

Se generará un look ahead para el control diario de producción y recursos en el área de perforación y voladura.

El avance de perforación y voladura, en conjunto con movimiento de tierras será en retirada hacia el norte según los polígonos dimensionados.

3.1.5. Plan de perforación en cantera Presa de relaves

Equipos de perforación

- Rockdrill Power Rock T45 – Atlas Copco.
- Rockdrill JUNJINCSM – SD 1300E.
- Martillo neumático PUMA.

Equipos auxiliares.

- Luminarias DOOSAN INGERSOLL-RAND.
- 1 Compresor DrillAir X28 de Atlas Copco.

Tabla 06. Equipos para la extracción del material de la cantera.

CANT	DESCRIPCION
02	Tractores D8T.
01	Tractores D6T.
04	Excavadoras CAT 336
01	Picotón rompe banco CAT 336.
02	Máquinas perforadoras de orugas para los trabajos de voladura.
02	Compresor 375 para 3 máquinas tipo Jack leg.
02	Perforadoras manuales Jack Leg.
01	Rodillo de 18 Ton.
02	Cargador frontal.
15	Volquetes de 15 m3 de capacidad
05	Luminaria
01	Motoniveladora
01	Zaranda
01	Retro excavadora
01	Rodillo de 10 TN
03	Contenedores de 20'
01	Camión para Explosivos
04	Camioneta Hilux
02	Coaster 28 Pasajeros
01	Van de 15 Pasajeros
01	Cisterna D2 4,000 gl
01	Cisterna Para Agua 4,000 gl

Diseño de malla de perforación.

El diseño de malla de perforación para taladros de producción se dispone de la manera como se muestra en la tabla 07.

Tabla 07. Parámetros de malla en producción.

Parámetros	Medida
Altura de taladro	8 m
Diámetro de taladro	4"
Inclinación	90°
Sobre-perforación	1 m
Burden	3.3 m
Espaciamiento	3.7 m
Disposición de malla	triangular

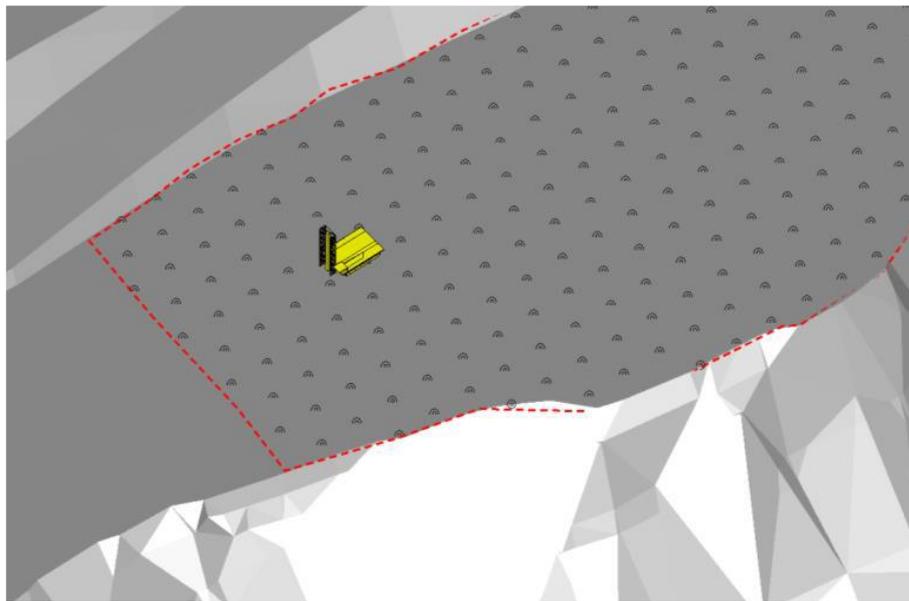


Figura 19. disposición de malla en forma triangular

Diseño de malla para pre-corte en taludes finales de tajo, está dispuesto de la siguiente forma, ver figura 20.

- Longitud de taladro: 10.33 m.
- Angulo de perforación: 70°.
- Espaciamiento entre taladros: 1.5 m.

Tabla 08. Parámetros de malla pre corte.

Parámetros	Medida
Altura de taladro vertical	8 m
Altura de taladro inclinado	10 m
Espaciamiento entre taladros	1.5 m
Diámetro de taladro	3.5 pulgadas

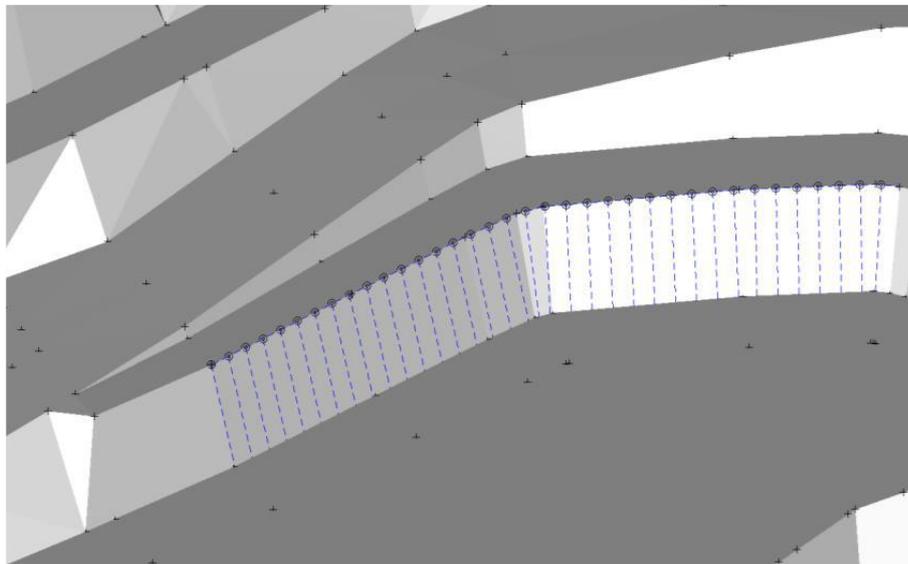


Figura 20. disposición de malla para pre-cortes

Aceros de perforación.

Se usarán brocas de botones marca ROBIT: 3.5" y 4" para pre-corte y producción respectivamente. Una vida útil estándar de 500 metros lineales.

- 25 brocas Robit de 3.5" para perforación en pre-corte.
- 80 brocas Robit de 4" para perforación de producción.

Se acoplarán 4 barras de perforación acoplables marca ROBIT en el tambor giratorio de las rockdrill. Cada barra tiene una vida útil estándar de 1100 metros lineales.

- 90 barras Robit de 12 pies de largo (solo se hará el cambio para 2 de tres barras operativas).

El cálculo mencionado de aceros está basado en 450'000 BCM de material rocoso, para la primera etapa.

Los rendimientos lineales de brocas y barras están basados en experiencia de proyectos anteriores y especificaciones de catálogo.

Se reformulará el cálculo de aceros de perforación de acuerdo al rendimiento en campo para el tipo de roca presente.

Operadores de equipos.

Rockdrill:

- Guardia A: 2 operadores y dos ayudantes.
- Guardia B: 2 operadores y dos ayudantes.
- Guardia C: 2 operadores y dos ayudantes.

Nota: los cargos de ayudante de perforación con Rockdrill están suplidos por operarios y/o ayudantes de voladura.

Perforadora manual:

Los trabajos de perforación manual serán puntuales, para lo cual los puestos de operadores serán suplidos por algunos de los operarios de voladura, ya que cuentan con experiencia amplia.

Turnos de trabajo.

Se evaluará en coordinación con mina la operación de perforación en turno noche, siempre con guardias de 10 horas efectivas.

KPI's

Los rendimientos usados para el plan de perforación son los siguientes:

DATOS TALADROS DE PRODUCCIÓN		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
DIAS CONTRACTUALES	7	dias
CARGUÍO DE TALADROS	2.5	dias
DIAS OPERATIVOS	4.5	dias
PRODUCCION DIARIA	6,223.41	BCM/dia
PRODUCCION POR GUARDIA	3,111.70	BCM/gdia
N° TALADROS POR DIA	64	tal/dia
N° TALADROS POR GUARDIA	32	tal/gdia
METROS LINEALES POR GUARDIA	255	ml/gdia

Figura 21. Rendimiento de los taladros de producción

DATOS TALADROS DE PRECORTE		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
LONGITUD DE TALADRO HORIZONTAL	8	m
LONGITUD DE TALADRO 70°	8.52	m
INC. SUBDRILLING	9.52	m
% METROS LINEALES RESPECTO A PRODUCCION	0.25	%
METROS LINEALES DE PRECORTE	63.71	ml
TALADROS DE PRECORTE	7	Taladros

Figura 22. Rendimiento de los taladros de pre corte

PRODUCCION TOTAL POR DIA		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
TOTAL DE TALADROS POR DIA	70	taladros
TOTAL DE TALADROS POR GUARDIA	35	taladros

Figura 23. Rendimiento total por día

3.1.6. Plan de voladura en cantera Presa de relaves

Voladura en taladros de producción.

Tras el análisis del macizo rocoso y la revisión de los requerimientos de fragmentación del cliente, se calcularon los parámetros de voladura para taladros masivos de producción para malla de 3.3 por 3.7 de burden y espaciamiento respectivamente, como se muestra en la tabla 09.

Tabla 09. Parámetros de voladura para taladros de producción de los diferentes niveles.

Parámetros de voladura para malla de producción: 2.3m x 2.7m	
Factor de carga	0.31 kg/m ³
Cebo Booster	0.5lb
Columna principal	ANFO 0.9
Accesorio por taladro	2 Exaneles duales 14m – 800/17ms
Accesorio entre filas	Exanel CDT 35ms/42ms
Tipo de salida	Corte en “V”
Fragmentación promedio	20”

El factor de carga usado en los taladros de producción es relativamente bajo, debido a que el macizo rocoso presenta una calificación de regular a buena, además de obtener roca escollera, requerida en las especificaciones técnicas para la construcción de la presa.

Se usarán como accesorios 2 Noneles de 14m con retardo 17ms, cebados con boosters de media libra, distribuidos en el taladro como se muestra en la figura 24.

PRODUCCION

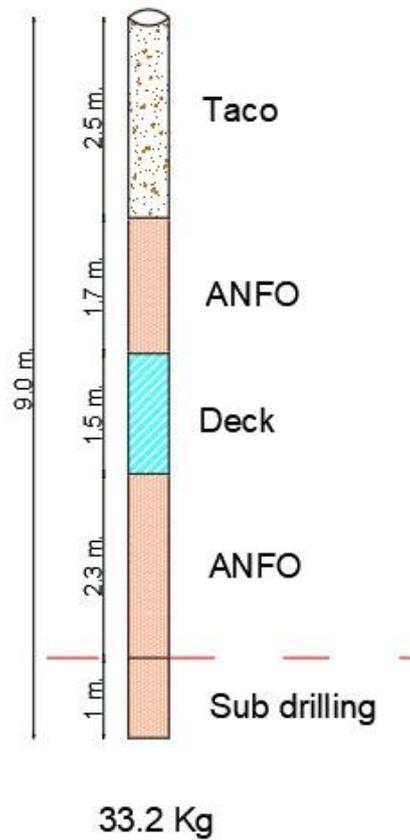


Figura 24. Distribución de cargas a lo largo del taladro de producción

Voladura Buffer:

Tiene como función principal reducir el daño en el talud final del tajo, causada por las vibraciones de la carga acumulada de los taladros de producción, reduciendo su factor de carga y en algunos casos longitud de taladro. Ver tabla 09.

Tabla 10. Parámetros de voladura para taladros buffer.

Parámetros de voladura para taladros buffer	
Factor de Carga	0.24kg/m ³
Cebo	2 Booster de 0.5 lb
Columna principal	ANFO 0.83
Accesorio por taladro	2 Exaneles duales 14m – 800/17ms
Accesorio entre filas	Exanel CDT 35ms/42ms
Tipo de salida	Corte en “V” en conjunto con prod.
Fragmentación máxima	20”

El factor de carga (0.24kg/m³) bajo, ayudará a mantener el perfil de talud con un 75% de aprobación como control de calidad, se utilizará un airdeck intermedio para bajar la energía acumulada de la malla global. Carga distribuida en el taladro como se muestra en la figura 25.

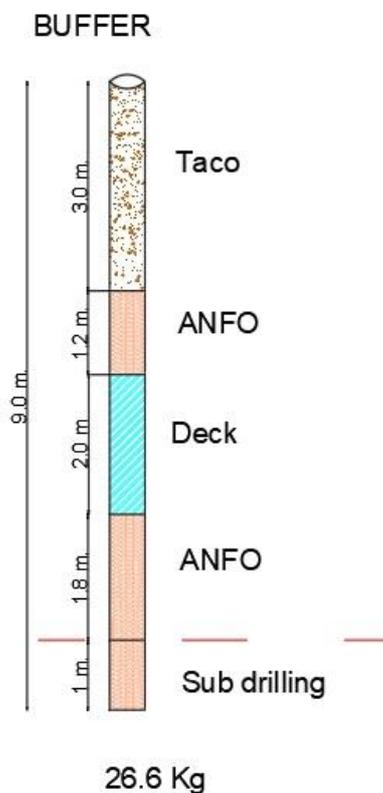


Figura 25. distribución de carga para taladros buffer

Nivel de fracturamiento requerido de la roca volada

El diámetro adecuado para el material volado deberá ser menor o igual a 20 pulgadas.

Clasificación o selección del material volado

Para garantizar la granulometría requerida se requerirá zarandear el material y uso puntual de un picotón.

Voladura en taladros de pre-corte.

Tiene como función principal la protección de cara de talud final de tajo, ocasionado por la energía de los taladros de producción, para este proyecto se usarán dos métodos de carguío:

- Disposición desacoplada con salchichas de baja densidad (Emulex 65 2 ½ “), encintadas a doble hilo de cordón detonante.
- Disposición desacoplada con salchichas intercaladas, tipo rosario (Emulex 2 ½”), encintadas a doble hilo de cordón detonante. Ver tabla 11.

Tabla 11. Parámetros de voladura para taladros de pre-corte.

Parámetros de voladura de pre-corte	
Factor de carga	0.16 kg/m ³
Cebo	Emulex 65 2 ½ “
Columna principal	Emulex 65 2 ½” y pentacord 5P doble hilo.
Espaciado entre salchichas	30 cm
Tipo de salida	Lineal – un solo tiempo

Voladura en taladros cercanos a borde de risco.

Para el carguío de estos taladros, se dispondrá de un $F_c \leq 0.11 \text{ kg/m}^3$, salchichas dispuestas intercaladamente tipo rosario, sin taco cerca al collar.

Algunos taladros vacíos por los cuales se liberará la energía de la carga acumulada de los taladros de producción. Ver figura 26.

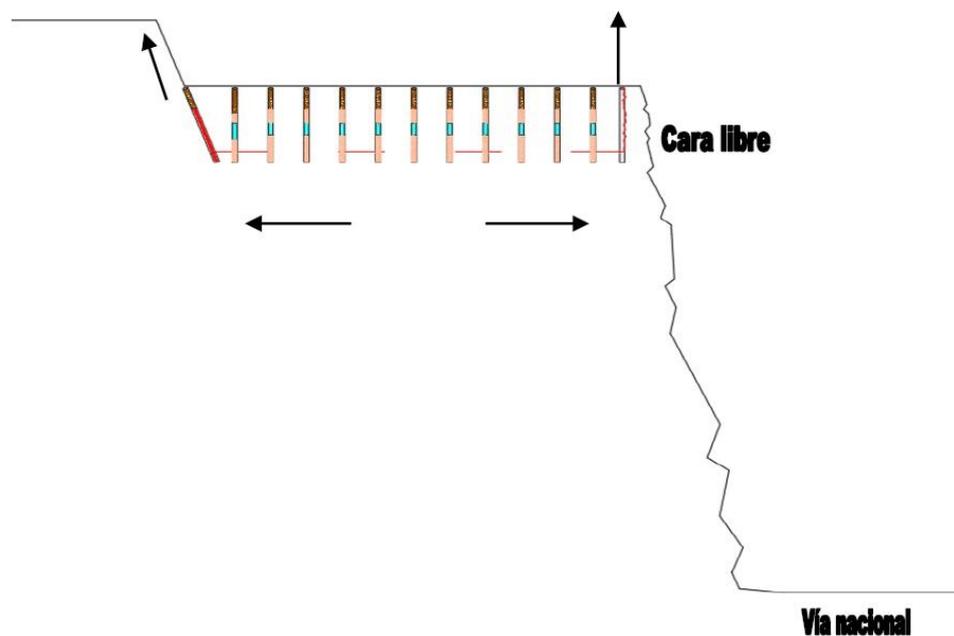


Figura 26. disposición de taladros en banco

Se realizará taladros con maquina chica para instalación de pernos y malla de contención de fly rocks y rodamientos a la vía nacional.

Al momento de desquinchar con picotón, se tendrá en ubicación a dos vigías para el control de caída de rocas y tránsito de personal particular.

Se paralizará las vías por intervalos de tiempo para limpieza con tractor D6.

Secuencia de salida de malla.

Las secuencias de salida usadas en cantera, se seleccionarán tomando en cuenta el ancho operativo de banco y el límite de restricción hacia el risco, además de la carga operante acumulada que provoque menos disturbio al macizo rocoso. Ver figura 27 y figura 28.

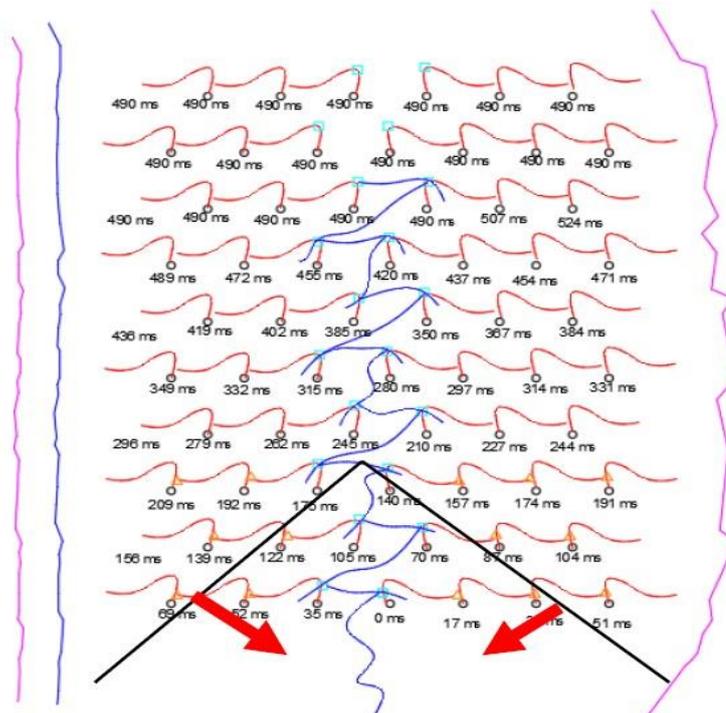


Figura 27. Salida en "V" en taladros de producción

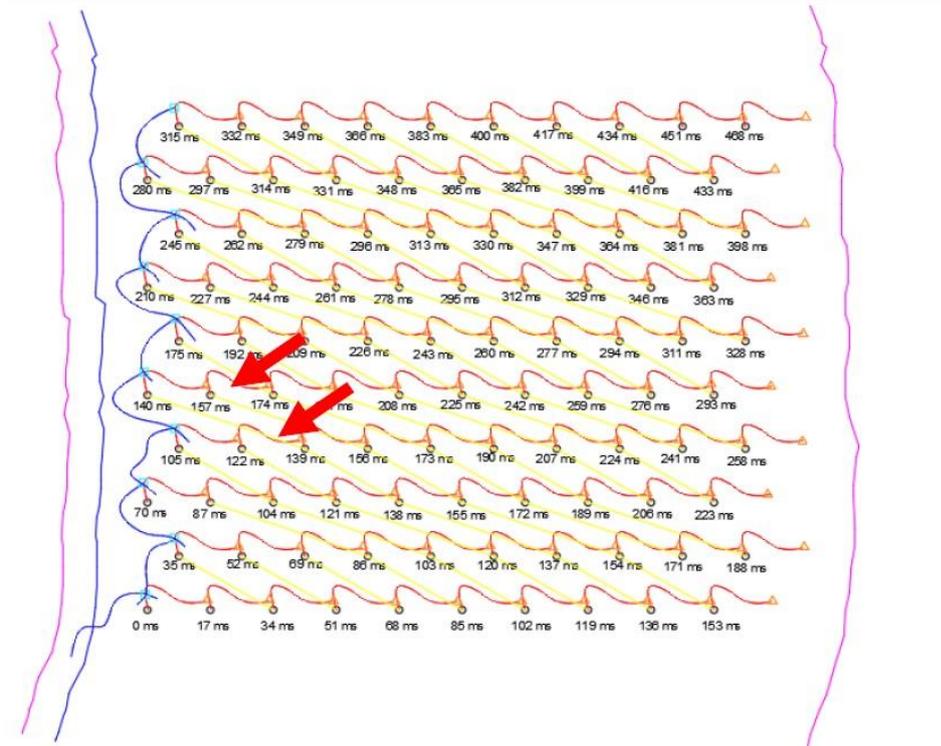


Figura 28. Salida lineal (diagonal) en taladros de producción

Estructura de protocolo de voladura.

El protocolo de voladura es un documento integrado de respaldo o sustento referente a producción y sistema de gestión de seguridad, e involucra a todas las áreas de la empresa contratista, así como al cliente.

- Caratula
- Check-list estructuras cercanas a la voladura.
- Lista de vigías.
- Diseño y salida de malla.
- Diseño de carga.
- Check-list post-voladura.
- Plano de distribución de vigías.

- Aspectos de seguridad.
- Responsables de área.
- Check-list de liberación de área.
- Consideraciones y recomendaciones de pre-meeting y meeting.

Radio de influencia de voladura.

El disparo solo podrá realizarse durante el día, al final de guardia, teniendo especial cuidado de comprobar que los trabajadores hayan sido evacuados fuera del área de influencia en un radio de seguridad de quinientos (500 m).

Se contará con 6 vigías principales y 1 auxiliar que ayudarán con el barrido y evacuación de personal trabajador y particulares fuera del radio mencionado, desde su punto de labores hacia el lugar de ubicación entre las intersecciones del radio de 500 m y las vías principales.

Los equipos de línea amarilla paralizarán sus labores 1 hora antes de cada voladura, ubicándose fuera del radio de influencia de 300 m.

Se solicitará permiso y se hará el pago a la municipalidad para cerrar la vía nacional por el periodo que dure la voladura.

Como pauta de ayuda, se instalarán equipos pesados (volquetes, tractor o cargador frontal) cerrando el paso en los puntos que intercepten con vías principales de tránsito.

Cualquier equipo que no pueda salir de los 300 m. de radio, quedará bajo responsabilidad del propietario algún daño presentado.

El principal punto de intersección se muestra en la figura 29.

- Vigía 1: Carretera cantera – mina a la altura de dique principal (N-W).
- Vigía 2: Dique principal de relavera.
- Vigía 3: Carretera a Huánuco (N-W).
- Vigía 4: Carretera a Pasco (N-E).
- Vigía 5: Campamento de mina Parte baja
- Vigía 6: Carretera a Pasco (S-E).

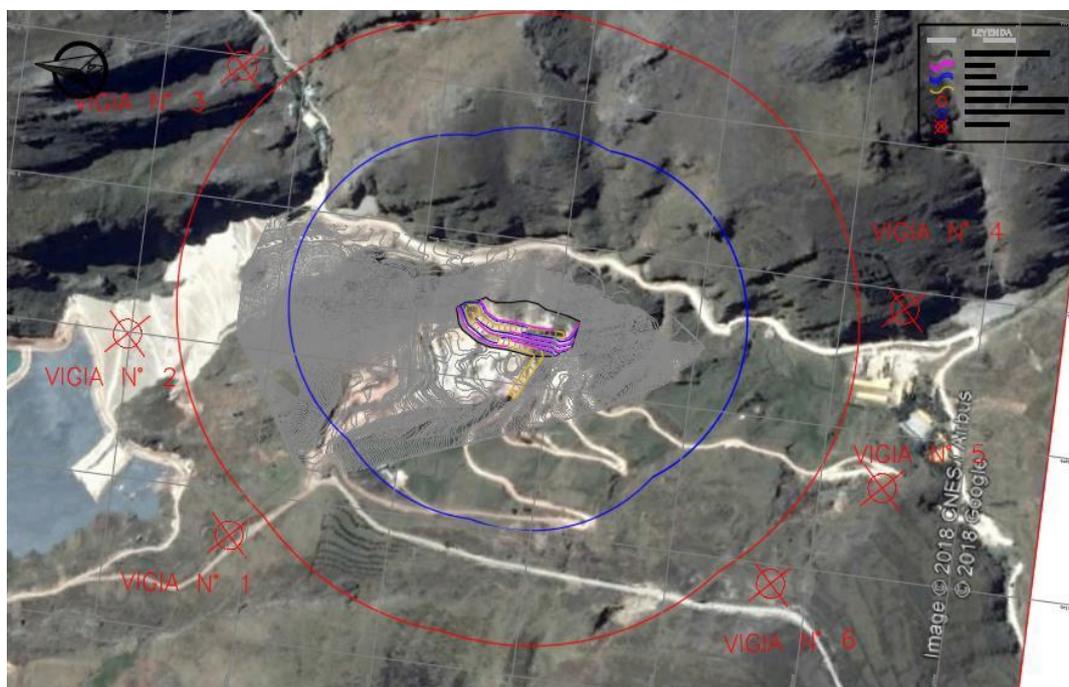


Figura 29. Radio de influencia y ubicación de vigías a 500 m a los alrededores de cantera presa de relaves

Días y Horarios de voladura.

Los días para las voladuras programadas serán los martes para producción y viernes para los remanentes hacia el risco.

Horario de detonación: 17:30 horas.

Pasada la detonación se esperará los 5 minutos de contingencia para realizar la inspección post voladura en los bancos, y si no presenta alguna complicación por tiros cortados, liberar el área.

El horario de pre-meeting será a las 10 a.m.

Herramientas auxiliares.

Las herramientas para el carguío de taladros son las siguientes:

- Atacadores de madera.
- Flexómetros.
- Lampas.
- Tuberías de PVC 3” modificadas para extracción de agua.

Explosivo total para proyecto.

El explosivo a utilizar para la primera etapa del proyecto se detalla en la tabla

12

Tabla 12. Explosivo a usar.

REQUERIMIENTO DE MATERIAL EXPLOSIVO PARA LA CANTERA EL PORVENIR						
		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	TOTAL
Volumen	m ³	96945	112000	112000	122388	443333
N° Tal	Und	1020	1179	1179	1288	4666
ANFO	Kg	31022	35840	35840	39164	141866
EMULEX 80 2 1/2" X 16"	Kg	6204	7168	7168	3916	24456
EMULEX 65 1 1/8" X 8"	Kg	310	358	358	392	1418
Cordon Detonante 5P	m ³	4500	4500	4500	3000	16500
Booster 1/2 Lb	Pza	2245	2594	2594	2834	10267
Exanel dual 14m 800/17 ms	Pza	2245	2594	2594	2834	10267
Exanel CTD 42 ms	Pza	337	389	389	425	1540
Exanel CTD 35 ms	Pza	337	389	389	425	1540
Fulminante Partidor	Pza	8	8	8	8	32
Carmex 2.4 m	Pza	16	16	16	16	64
Línea Silenciosa (500 m)	Rollo	12	12	12	12	48

Plan de contingencia.

En el caso de que algún fragmento de roca caiga hacia vía nacional después de la voladura, se contará con tractor D6T EP-D47 o cargador frontal como equipo para hacer el empuje y/o limpieza del material.

Así mismo los vigías no deben dejar entrar ninguna móvil o persona a el área, mientras se está realizando la limpieza del caso.

Se contará con permisos especiales otorgados por la municipalidad para cierres temporales de vía.

SSO en Cantera Presa de relaves

Equipos de delimitación de zona de perforación de producción.

Para realizar una correcta perforación respetando los estándares de seguridad establecidos se debe contar con los siguientes controles:

- Cintas delimitadoras.
- Letreros de perforación.
- Paneles informativos.
- Equipos de movimiento de tierras a no menos de 50 metros.
- Uso de mameluco reflectivo, protector, guantes de badana, respirador mixto, lentes acrílicos.

Perforación en filo de risco.

La perforación en el borde del risco se realizará con broca de 3.5” y una malla de 2 x 2.3, contando con vigías en la vía nacional para el control de caídas de

rocas y asegurar que el personal particular y/o empresas que transiten sufran algún accidente. Ver figura 30.

Tabla 13. Parámetros de voladura para taladros cerca al risco.

Primera fila	Cantidad
Burden	2.2
Espaciamiento	2.5
Segunda fila	Cantidad
Burden	2.2
Espaciamiento	2.5
Diámetro	3.5"
Carguío	Tipo rosario
Tipo de carga	Desacoplada
Factor de carga	0.10 kg/m ³
Amarre	Pentacord entre salchichas

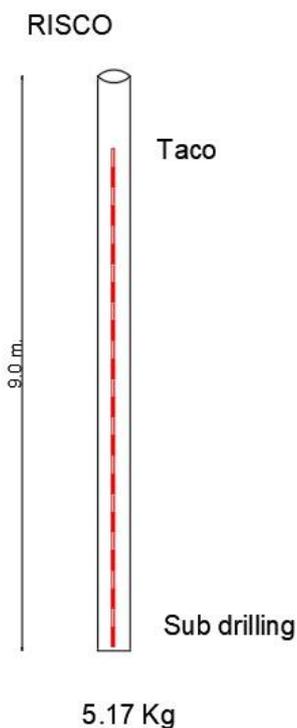


Figura 30. Carga en el taladro cerca al risco

Voladura controlada.

Se realizará la voladura controlada en los taladros de producción haciendo uso de factor de carga bajo, además de uso de mallas metálicas para contener los posibles fly rocks proyectados. Ver figura 31.

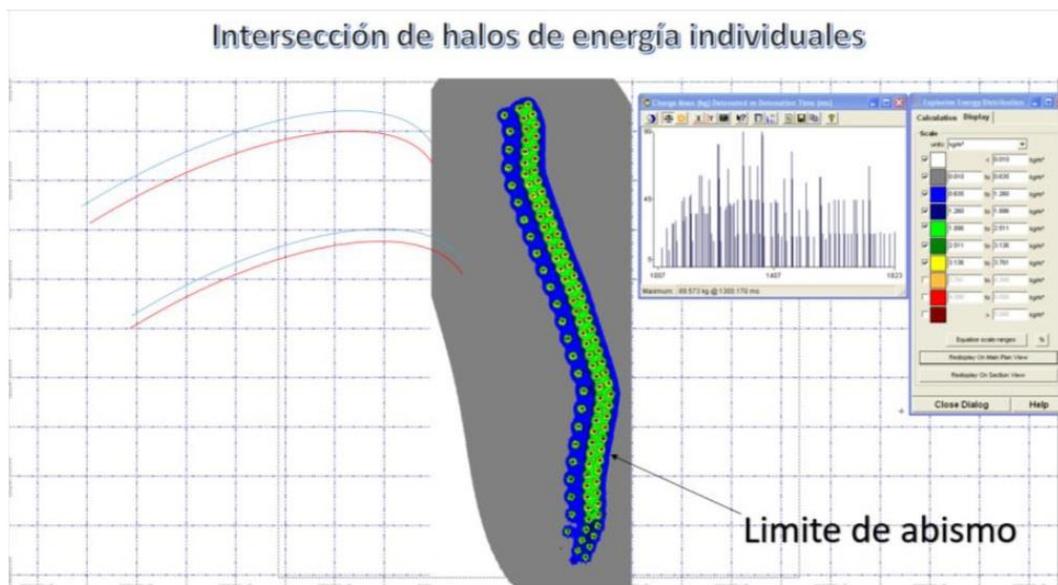


Figura 31. Distribución de energía para control en talud a abismo

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La zona de la cantera pertenece a la unidad minera, se encuentra ubicada en el centro del Perú, en el departamento de Pasco, provincia de Pasco.

Por lo tanto, en cuanto a las limitaciones en el presente trabajo de investigación son: Los conflictos sociales trasladados de la minería a la comunidad en cuanto a los temas ambientales, por tal motivo el área de relaciones comunitarias entra en conversaciones con la comunidad y llegan a acuerdos para el desarrollo del proyecto.

Otra de las limitaciones que se tuvo para el presente trabajo de investigación, es no tener ciertos datos para realizar los cálculos, por lo cual se recogió en el campo, y se hizo uso de bibliografía. Un limitante dentro de estos datos es que no se cuenta con la capacidad de la presa de relaves, únicamente se cuenta con las cotas del nivel inicial 4056 y cota final 4060 del recrecimiento de la presa.

En cuanto a los factores climáticos son limitantes de cierta forma al desarrollo de la operación, puesto que generan tiempo muerto (climas adversos, tormentas eléctricas, etc.)

En la Figura 06. Se puede observar el organigrama del área de perforación y voladura diseñado para la ejecución del proyecto: plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves, en este organigrama se puede evidenciar al personal de supervisión y al personal operativo, del mismo modo se realizó las funciones de los cargos de supervisión y jefatura.

Los parámetros geotécnicos del tajo final para la explotación de la cantera fueron:

Altura de banco: 8 m, Ancho de Berma: 5 m, Angulo de PIT final (pit Slope): 45°,

Angulo de cara (Face Slope): 70°.

Según Palomino (2013), el resultado de una buena fragmentación se encuentra también en función del diseño de malla, diseño de carga, tipo de roca, estructura geológica y del diseño de amarre del disparo. De acuerdo al autor se estimó el diseño de la malla para los taladros de producción teniendo las siguientes características: Altura de taladro de 8m, Diámetro de taladro de 4", Inclinación 90°, sobre perforación de 1 m, burden de 3.3 m, espaciamiento de 3.7 m y la disposición de la malla es triangular.

Los equipos de perforación y auxiliar a utilizar en la operación fueron seleccionados de acuerdo al cronograma de explotación de la cantera, la cantidad de equipos requeridos en el plan de minado garantizarán el movimiento de material requerido para el recrecimiento de la presa de relaves.

Según Caguana G. y Tenorio T. (2013), observó que, aumentando la cantidad de sustancia explosiva por taladro, el tamaño de fragmentación disminuye para una separación entre taladros constantes, así como también se pudo verificar que a medida que aumenta la separación entre taladros el tamaño de fragmentación será mayor; basándose en la experiencia del autor se realizó el cálculo de la cantidad de explosivo a utilizar dentro del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves. Los valores obtenidos fueron: 141 866 kg de ANFO, 24 456 kg de EMULEX 80 2 1/2" X 16" y 1 469 kg de EMULEX 65 1 1/8" x 8".

La puesta en marcha del proyecto, tiene una implicancia en las comunidades aledañas, puesto que el transporte de material se realiza en volquetes de 15 m³, y

estos deben acceder por la comunidad de Yanapampa. Para tal fin y con la finalidad de evitar problemas con las comunidades, la zona debe ser regada permanentemente por la compañía minera para evitar la generación de polvo. Asimismo, se coordinará oportunamente con el área de Proyectos y Relaciones Comunitarias para acordar un horario de trabajo que no genere malestar a la población.

4.2 Conclusiones

Al analizar los resultados del presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

Se logró realizar el diseño del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves, el cual durante la implementación de dicho plan hizo posible la explotación de la cantera para la obtención de material (caliza) la cual fue empleada para el recrecimiento de presa de relaves.

En los resultados se puede evidenciar la elaboración del organigrama de trabajo y las funciones de los jefes y supervisores, del mismo modo se estima la cantidad de personal que se empleara para el desarrollo del plan de minado para el recrecimiento de una presa de relaves.

Se puede concluir que en los resultados se definieron los parámetros geotécnicos del tajo final para la explotación de la cantera, de donde será extraído el material para el relleno de la presa y poder realizar el recrecimiento, los cuales fueron los siguientes: Altura de banco: 8 m, Ancho de Berma: 5 m, Angulo de PIT final (pit Slope): 45°, Angulo de cara (Face Slope): 70°.

Se puede concluir respecto al material a explotar, se trata de una roca caliza la cual en la cantera se cuenta con 835'599 m³ de esta roca caliza dispuestos en 2

mini bancos de desquinche (4100 y 4092) y 12 bancos principales (4084 a 3996) para voladura primaria con movimiento de tierras. Para su traslado se emplearán volquetes de capacidad 15 m³.

En los resultados se evidencia el cronograma de explotación, el cual se ha programado una explotación de 28000 m³ semanales.

En los resultados se puede evidenciar los equipos de perforación y auxiliar a utilizar en la operación, así mismo esta detallado en la Tabla 05, la cantidad de maquinaria a emplear en la ejecución del proyecto.

Se logró realizar la estimación de la cantidad de material explosivo a utilizar para la ejecución del proyecto, para lo cual se ha obtenido las siguientes cantidades de material explosivo: 141 866 kg de ANFO, 24 456 kg de EMULEX 80 2 1/2" X 16" y 1 469 kg de EMULEX 65 1 1/8" x 8".

En cuanto a la presa de relaves se puede concluir que el presente trabajo en la cual se detalla el plan de minado es exclusivo para la obtención de material estructural para el recrecimiento de la presa de relaves, la cual contempla el recrecimiento del nivel 4056 (nivel inicial) al nivel 4060 (nivel final).

REFERENCIAS

- Abarca L. (2012). *Optimización de perforación y voladura con el uso de equipo hidráulico Sandvik modelo DX 800 en cantera del proyecto minero Toromocho*, Facultad de Ingeniería de Minas. UNA – Puno. Puno. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/440532783/Abarca>
- Aguirre, R. (2017). *Análisis de la Estabilidad Física de Depósitos de Relaves de la Concesión de Beneficio de la Minera Titán del Perú S.R.L.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2538/Glagrare.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alfaro, R. (2016). *Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera sur para producción de roca escollera en la CÍA minera el Brocal Cerro de Pasco.* Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3477/Alfaro_Sulca_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arroyo Portal M. A. (2011). *Descripción del movimiento de tierras en la construcción de la presa de arranque de relaves las Gordas del proyecto Cerro Corona de Gold Fields la Cima S.A.*
- Caguana, A y Tenorio, M. (2013). *Optimización de los parámetros de perforación y voladura en la cantera las victorias.* Facultad de Ingeniería de Minas. Universidad de Cuenca-Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4390/3/tesis.pdf>

Carvajal, M. (2018). *Desarrollo de una metodología para análisis de estabilidad física de depósitos de relaves*. Universidad de Chile. Santiago de Chile – Chile.

Obtenido de

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152946/Desarrollo-de-una-metodolog%C3%ADa-para-an%C3%A1lisis-de-estabilidad-f%C3%ADsica-de-dep%C3%B3sitos-de-relaves.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Centro Tecnológico de Voladura EXSA S.A, (2009). *Manual Práctico de Voladura, International Journals of Rock Mechanics & Mining Sciences*. Obtenido de.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000094&pid=S0120-3630201200020000200011&lng=en

Céspedes, R. (2018). *Preguntas frecuentes sobre relaves*. Portal Web del Servicio de información minera de Chile. Universidad de Chile. Chile. Obtenido de <http://www.sernageomin.cl/wpcontent/uploads/2018/01/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>.

Correa, A. (2009). *La geomecánica en la perforación y voladura de rocas*. Colombia.

Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000087&pid=S0120-3630201200020000200004&lng=en

Cristóbal, M. (2017). *Preguntas frecuentes sobre relaves, material sólidos finos*. Portal Web del Servicio de información minera de Chile. Universidad de Chile. Chile.

Obtenido de <http://www.sernageomin.cl/wpcontent/Preguntas-frecuentes-sobre-relaves.pdf>.

Cristóbal, D. (2017). *Construcción del recrecimiento del depósito de relaves animón, etapa ii a la cota 4621 m.s.n.m. para el control de contaminación ambiental en la*

- compañía minera Chungar S.A.C. – Pasco – 2017. Obtenido de*
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/774>
- Flores, F. (2009). *Aplicación de modelos geológico, geotécnico y matemático en el diseño de canteras*. Facultad de Ingeniería de Minas. UNA. Puno. Obtenido de
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11262/Proyeto%20Final%20de%20M%C3%A1ster.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Franca, L. (2010). *A bit-rock interaction model for rotary-percussive drilling*. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Australia. Obtenido
de http://www.mechanics.org.co/mec.php?script=sci_nlinks&ref=000094&pid=S0120-3630201200020000200011&lng=en
- Hinostroza, K. (2019). *Construcción y costos en el recrecimiento de la presa de relaves N° 05 de la Mina Pas-Huaron 2018*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco- Perú. Obtenido de
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1638/1/T026_72173809_T.pdf
- Huaña, O. (2015). *Diseño de depósitos de relaves filtrados*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima- Perú. Obtenido de <https://docplayer.es/96043168-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-ingenieria-civil.html>
- Islas, E. (2015). *Caracterización y estudio de viabilidad para el reaprovechamiento de la cantera de Tezoantla, estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Estado de Hidalgo – México. Obtenido de
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/511/Caracterizacion%20y%20estudio%20de%20viabilidad%20cantera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ghasemi, E. y Ataei, M. (2012). *Development of an empirical model for predicting the effects of controllable blasting parameters on flyrock distance in surface mines*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 52 (2012)163.170.

Obtenido de <http://tarjomefa.com/wp-content/uploads/2016/05/4695-English.pdf>

Glosario Técnico Minero, (2003). *Ministerio de Minas y Energía*. Bogotá D.C., Republica de Colombia. Colombia. Obtenido de <https://es.slideshare.net/EdgarMurilloRodriguez/glosario-tnico-minero>

Granda, D. (2016). *Propuesta de diseño de ampliación de la relavera de la planta de beneficio La López en el cantón Camilo Ponce Enríquez*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/94649/D-CD70161.pdf>

Gonzales de Vallejo, Mercedes F., (2002). *Ingeniería Geológica* (Pearson Educación, Madrid.

Gutiérrez, F. (2017). *Evaluación de herramientas para el análisis de estabilidad física de una presa de relaves espesados*. Universidad de Chile. Santiago de Chile- Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148601/Evaluacion-de-herramientas-para-el-analisis-de-estabilidad-fisica-de-una-presa-de-relaves-espesados.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Karlinski, J., Rusinski, E. y Lewandowski, T. (2008). *New generation automated drilling machine for tunnelling and underground mining work*. University of Technology-Institute Poland. Automation in Construction 17 (2008) 224–231. Poland. Obtenido

de.https://www.academia.edu/10455404/New_generation_automated_drilling_machine_for_tunnelling_and_underground_mining_work

Llanco, J. y Sicus, Y. (2012). *Evaluación de la voladura basada en las clasificaciones geomecánicas en la Cia. Consorcio Minero Horizonte – U/P Culebrillas*. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/157772199/Tesis-Huancavelica-Minas>

Martínez, E. (2007). *Caracterización y estudio de viabilidad para el reaprovechamiento de la cantera de Tezoantla Estado de Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – México”. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/511/Caracterizacion%20y%20estudio%20de%20viabilidad%20cantera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Morin, M. y Ficarazzo, F. (2006). *Monte Carlo simulation as a tool to predict blasting fragmentation based on the Kuz Ram model*. *Computers & Geosciences*. Canada. Obtenido de https://sigmaxl.com/DiscoverSim%20Information.shtml?gclid=EAIaIQobChMIr4zAvfaM6AIVz4CfCh3XdQwVEAAYASAAEgKLYfD_BwE

Palomino (2013). *Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar la fragmentación en el tajo Jessica – CÍA Minera Arasi SAC*.

Ramírez, O. y Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: fundamentos e ingeniería de taludes*. Madrid - España. Obtenido de http://oa.upm.es/14183/1/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf

Rimarachin, P. y Huaranga, M. (2015). *Tratamiento de aguas de efluentes minero – metalúrgicos utilizando, métodos pasivos y activos en sistemas experimentales*.

- Revista scielo, SCIENDO 18(2): 20-29, 2015. Universidad Nacional de Trujillo.
Trujillo- Perú. Obtenido de
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4505/Rimarachin%20Varas%2c%20Paolo%20Yordano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suarez, M. (2019). *Diseño de dique modelando la estabilidad del talud con tratamiento de relave en la Unidad Minera Mahr Túnel N°6 – Volcan S.A.A, Yauli – La Oroya, 2018.* Universidad Continental. Huancayo- Perú. Obtenido de
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6380>
- Yue, Z., C. Law y K. Tham, (2003). *Automatic monitoring of rotary-percussive drilling for ground characterization-illustrated by a case example in Hong Kong.* China. Obtenido de <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-3f899a0c-9a43-38de-aefd-074672763e48>
- Wang F. Renc T. Hungerford F. TU S. Aziz N. (2012). *Advanced directional drilling technology for gas drainage and exploration in Australian coal mines.* First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering. Sciverse Science Direct. China. China. Obtenido de
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000098&pid=S0120-3630201200020000200015&lng=en

ANEXOS

Anexo 01. Hoja técnica Rockdrill Power Rock T45 – Atlas Copco.

	ATLAS
Especificación General del Sistema	
Marca del Equipo	Atlas Copco
Modelo	Power Roc T45
Numero de Serie	Y0190130E
Peso Total del Equipo	14,000 kg
Longitud Total del equipo	10000 mm
Ancho Total del equipo	2485 mm
Año	2013
Procedencia	Japon
Altura maxima del Equipo	3300 mm
Performance General	
Rango de Perforación (diámetro)	76 - 127 mm 3" - 5"
Velocidad de Penetración	19.6 Kn
Pendiente Máxima de traslado	30°
Velocidad de Desplazamiento	1 - 3.6 Km/h
Motor Diesel	
Marca del Motor	Cummins
Modelo	QSC 8.3
Numero de Serie	26867730
Potencia del motor	2200rpm
Compresor de Aire	
Marca	Screw Compressor
Modelo	150cfm&140psi
Presión de Trabajo	167&10 bar
Martillo Hidráulico	
Modelo	Montambert HC158
Numero de Serie	Y0190130E
Potencia de Impacto	21 Kw
Longitud	1161 mm
Frecuencia de Impacto (golpes por minuto)	2501 bpm
Torque	121 kgf-m
Rotación	120
Colector de Polvo	
Presión de Aire	1000 mm vacuum
Capacidad de Succión	40 m3/min
Numero de Filtros	4
Accesorios de Perforación	
Longitud de Barra	3660 (4270)
Diámetro de Broca	76 - 127 mm
Tipo de Rosca	T45-T51
Brazo Hidráulico	
Feed extension	1 500 mm
Feed rate, max	0.7 m/s
Feed force, max	19.6 kN
Total length	7 660 mm
Travel length	4 250 mm
Intercambiador de Barras	
	5 + 1

Anexo 02. Cantidad de personal para la ejecución del proyecto de recrecimiento de la presa de relaves.

PERSONAL		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Residente de obra	1.00
2	Jefe de obras civiles	1.00
3	Ingeniero obras civiles	2.00
4	Ingeniero de produccion cantera	2.00
5	Jefe de seguridad y medio ambiente	1.00
6	Ingeniero geotecnica	2.00
7	Jefe perforacion y voladura	1.00
8	Ingeniero de perforacion y voladura	1.00
9	Supervisor de seguridad	4.00
10	Jefe Oficina Tecnica	1.00
11	Asistente de Oficina Tecnica	2.00
12	Administrador de obra	1.00
13	Asistente de administración	1.00
14	Asistente Social	1.00
15	Almacenero	3.00
16	Conductores	15.00
17	Personal de Vigilancia	3.00
18	Jefe de Topografia	1.00
19	Cadista	1.00
20	Asistente de topografia	2.00
21	Costo de Planilla - Proceso de Inducción	1.00

Anexo 03. Servicios Generales.

MATERIALES E INSUMOS		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Utiles de Librería	1.00
2	Envios de materiales a Obra	1.00
3	Moviliarios de Oficina	1.00
4	Letreros de Seguridad	1.00
5	Visitas Ejecutivos a Obra	1.00
6	Oficina Central	1.00
7	Camet de Dicscamec	25.00
8	Instrumentos de topografía	1.00
9	Implementos de Seguridad	46.00

COMUNICACIÓN		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Equipo de comunicación Handy	45.00
2	Radios estacionarias	6.00
3	Intenet Movil - Modem	3.00
4	Internet Satelital	1.00
5	Telefonia Movil	13.00

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Camionetas	2.00
2	Unidad para personal	2.00
3	Computadoras	5.00
4	Impresoras	3.00
5	Equipo detector de tormentas	2.00
6	Equipo de Medición de Vibraciones	1.00
7	Baños Quimicos	10.00
8	Grupo electrogeno	1.00

Anexo 04. Cronograma de explotación de la cantera.

ACTIVIDADES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
RECRECIMIENTO 4 060 - ETAPA 1	[Barra azul]					
Mejoramiento de la Cimentación	[Barra azul]					
Minado de cantera		[Barra azul]				
Movimiento de Tierras		[Barra azul]				
Transporte		[Barra azul]				

Anexo 05. Equipos de perforación: Rockdrill Power Rock T45 – Atlas Copco



Anexo 06. Equipos de perforación: Rockdrill JUNJINCSM – SD 1300E.



Anexo 07. Equipos de perforación: Martillo neumático PUMA.



Anexo 08. Equipos auxiliares: Luminarias DOOSAN INGERSOLL-RAND.



Anexo 09. Equipos auxiliares: Compresor 375 Sullair.



Anexo 10. Calculo burden y espaciamento.

TIPO DE EXPLOSIVO	VARIABLE DE DISEÑO	RESISTENCIA DE LA ROCA (Mpa)		
		Blanda < 70	Media-dura 70 - 180	Muy dura > 180
ANFO	BURDEN – B ESPACIAMIENTO -S	28 D 33 D	23 D 27 D	21 D 24 D
HIDROGELES Y EMULSIONES	BURDEN –B ESPACIAMIENTO -S	38 D 45 D	32 D 37 D	30 D 34 D

Anexo 10. Plan de manejo medioambiental.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Proyecto:

“Recrecimiento de una Presa de Relaves”

INTRODUCCIÓN

El presente Plan de Manejo Ambiental (PMA) es un instrumento de gestión ambiental que nos permitirá diseñar y facilitar la aplicación de las medidas destinadas a prevenir, mitigar o controlar los impactos ambientales negativos que se puedan generar de las actividades relacionadas en la ejecución del Proyecto.

Las medidas de prevención evitaran que se presente el impacto negativo o disminuyan su severidad. Las medidas de corrección nos permitirán la recuperación de la calidad ambiental del área afectada luego de un determinado tiempo.

El PMA documenta las consideraciones ambientales que se toman en cuenta en el planeamiento de actividades, asimismo, identifica la necesidad de protección ambiental o mitigación de impactos.

1. ALCANCE

El presente PMA plantea el uso de herramientas de gestión que permitirán desarrollar nuestras actividades en conformidad con las normas legales vigentes y con la aplicación de las mejores prácticas definiendo su alcance a todos los colaboradores de la Contratista.

2. PROPOSITO

El propósito del Plan de Manejo Ambiental es identificar y describir las actividades a desarrollar en la ejecución del proyecto y las medidas (técnicas, metodológicas y administrativas) asociadas a implementar para realizar un trabajo, cumpliendo con los estándares, procedimientos, requisitos legales.

3. OBJETIVOS DEL PMA

- Identificar y evaluar los Aspectos e Impactos Ambientales originados en el desarrollo del Proyecto.
- Establecer medidas de protección, prevención y mitigación de los efectos que pudieran resultar de las actividades del Proyecto sobre los componentes ambientales.
- Establecer acciones para afrontar situaciones de riesgos y posibles incidentes ambientales.
- Lograr el desarrollo del Proyecto sin ocasionar impactos negativos al ambiente.
- Asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales y los procedimientos de trabajo.

- Dar a conocer los aspectos e impactos ambientales a todos los colaboradores de la Contratista manteniéndolos capacitados en buenas prácticas ambientales para controlar los procesos y actividades del proyecto.
- Manejar adecuadamente los residuos sólidos que serán generados durante la ejecución del Proyecto.

4. METAS DEL PMA

- La aplicación al 100% del Control operacional para todos los aspectos ambientales significativos identificados en el proyecto.
- Realizar periódicamente inspecciones ambientales
- Lograr que 80% del personal esté capacitado en procedimientos ambientales y en respuesta a emergencias ambientales.
- Concluir el Proyecto sin incidentes ambientales de alto potencial

5. PLANEAMIENTO

5.1. ASPECTOS AMBIENTALES

Los aspectos ambientales son los elementos de las actividades del Proyecto que interactúan con el medio ambiente.

5.1.1. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES

La identificación de AA para cada proceso se desarrollara en las siguientes áreas de trabajo:

- Administrativos
- Trabajos preliminares
- Movilización y desmovilización de equipos.
- Trazo y replanteo
- Habilitación de Caminos de Acceso
- Espaldón de refuerzo
- Movimiento de tierras
- Frentes de trabajo
- Cierre de áreas instaladas temporalmente para el proyecto.

Los Aspectos Ambientales identificados en los procesos en mención son los siguientes:

- Generación de residuos orgánicos.
- Generación de residuos generales.
- Generación de residuos metálicos.
- Generación de residuos peligrosos.

- Consumo de energía eléctrica.
- Consumo de agua.
- Consumo de hidrocarburos
- Generación de polvo.
- Generación de ruido.
- Generación de gases de combustión.
- Generación de Gases Tóxicos.
- Generación de vibración.
- Generación de desmonte.
- Generación de aguas residuales.
- Generación de aguas servidas.
- Potencial derrame de hidrocarburo.
- Potencial derrame de productos químicos.

5.1.2. EVALUACIÓN Y VALORACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES

Identificados los aspectos ambientales, se evaluarán de acuerdo al Procedimiento de Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales del Cliente.

5.2. REQUISITOS LEGALES Y OTROS

La contratista debe identificar todos los requisitos legales asociados a sus actividades y asegurarse de su cumplimiento. Entre estos requisitos podemos hacer referencia a algunas leyes generales, permisos, autorizaciones, licencias etc.

- Ley General del Ambiente – Ley N° 28611
- D.L. N° 613 Código del Medio Ambiente
- Ley General de Salud – Ley N° 26842
- Ley General de Manejo de Residuos Sólidos – Ley N° 27314
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos – D.S. 057-2004-PCM y su modificatoria
- Ley General de Aguas – Ley 17752
- ECAS de Suelo 002-2013 MINAM
- Ley para la Regulación de Transporte de Residuos Peligrosos – Ley 28256
- Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (D.S. 021- 2008-MTC)
- Ley de Control de Insumos Químicos y Productos Fiscalizados (Ley N° 28305)

- Normas de seguridad para el almacenamiento de Hidrocarburos (DS 052-93-EM)
- Estándar Australiano del Almacenamiento y manipulación de líquidos inflamables y combustibles (AS1940-2004)
- D.S. N°074-2001-PCM. Reglamento de Estándar Nacional de calidad ambiental para aire.
- D.S. 010-2005 PCM. Reglamento de estándares de Calidad Ambiental para ruido.
- D.S. N°003-2008-MINAM. Aprueban estándares de Calidad Ambiental para Aire
- D.S 002-2008 MINAM. Estándar nacional de Calidad Ambiental para el Agua.
- D.S. N° 031-2010-SA. Reglamento de calidad de agua para consumo humano
- D.S. 003-2013-Vivienda
- Decreto Supremo N° 015-2012-VIVIENDA
- Decreto Supremo N° 001-2012-MINAM Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
- ISO 14001:2004 Sistema de Gestión Ambiental

5.3. OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES

Los objetivos y metas serán controlados mediante un Programa Anual de Actividades Ambientales que se verificará todos los meses mediante el porcentaje de cumplimiento.

Tabla 1: Objetivos y Metas Ambientales

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	INDICADOR	METAS
Incrementar el índice de Personal capacitado	Elaborar y ejecutar Plan de capacitaciones ambientales	N° de trabajadores entrenados / N° de trabajadores programados	75% de personal entrenado
Sensibilizar al personal en el cuidado ambiental	Ejecutar campañas de sensibilización ambiental	Número de participantes /	80% de personal sensibilizado

		Número total de trabajadores	
Mantener el buen desempeño ambiental	Elaborar y Ejecutar Programa de Inspecciones ambientales	N° de inspecciones ejecutadas / N° de inspecciones programadas	100% de inspecciones programadas
Personal informado para actuar ante emergencias ambientales	Realizar simulacros Ambientales	N° trabajadores entrenados / N° total de trabajadores	80% del personal entrenado y capacitado

6. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN

Se tomará en consideración la forma cómo se van a implementar controles para evitar y/o minimizar impactos ambientales producto de las actividades desarrolladas dentro del Proyecto.

6.1. ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIONES

Se brindará capacitación y se mantendrá un registro de entrenamiento el cual estará a disposición de cualquier inspección interna o externa, el cual se desarrollará a través de: Inducciones, Capacitaciones, Charlas Integrales y Reuniones Iniciales Contra Riesgo.

6.2. SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL

Consiste en la colocación de letreros en las diferentes áreas de trabajo, alusivos a la prevención, conservación del ambiente.

Se deberá colocar señalización ambiental referente a:

- Protección del Medio Ambiente.
- Segregación de Residuos y código de colores.
- Buenas Prácticas Ambientales.
- Manejo de derrames.
- Adecuado manejo de materiales peligrosos

El almacén de productos químicos deberá mantenerse ordenado y se colocará un letrero de identificación, hojas de MSDS, el rombo de la NFPA con su respectivo valor, zona de ubicación del extintor, entre otros.

La señalización (letreros, señas, etc) deberá ser aprobado por el área de comunicaciones y medio ambiente del cliente.

6.3. DIFUSIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES

Se dispondrá la difusión de buenas prácticas ambientales para incentivar al personal en desarrollar prácticas que ayuden a cuidar el MEDIO AMBIENTE:

- Práctica 5S
- Práctica 3R's
- Ahorro en el consumo de energía
- Ahorro en el consumo de agua
- Generación de residuos
- Orden y Limpieza

7. CONTROLES AMBIENTALES

Se implementarán los controles ambientales necesarios para prevenir o mitigar los impactos ambientales significativos que se podrían generar durante el desarrollo de nuestras actividades.

El presente PMA incluye los lineamientos generales para los controles ambientales que se deberán aplicar durante la ejecución del Proyecto.

Dichos controles ambientales serán revisados y supervisados en campo por el Supervisor SSOMA.

7.1. MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

La contratista si es necesario contará con los servicios de la EPS-RS que contrate el cliente, para la gestión de los residuos sólidos generados de cada una de las actividades del proyecto.

El manejo de los residuos, dentro de la responsabilidad de la contratista tendrá los siguientes principios:

- Minimizar la generación de residuos en la fuente de origen
- Correcta segregación de residuos
- Almacenamiento temporal en cada cilindro

Para una adecuada segregación de residuos generados en las diferentes áreas del proyecto, se seguirá el Código de Colores establecido por NTP 900.058-2005 y el D.S. 024-2016-EM estableciendo la siguiente clasificación general de residuos:

7.1.1. Residuos Reaprovechables

Se ha clasificado dentro de este grupo:

- **Residuos orgánicos (Contenedor Marrón):** Restos de alimentos sin envolturas plásticas tales como cáscaras de frutas, filtros de infusiones, café a granel, entre otros.
- **Residuos metálicos (Contenedor Amarillo):** Restos de candados, herramientas, alambres, latas de conservas, tarros de leche, café, no contaminados con hidrocarburos, reactivos químicos o mineral.
- **Papel y cartón (Contenedor azul):** Se depositarán papeles y cartones limpios.
- **Vidrio (Contenedor verde):** Restos de vidrios, no contaminados con hidrocarburos, reactivos químicos o mineral.
- **Plástico (Contenedor blanco):** Plásticos PET como botellas de gaseosa, agua, etc. que no estén contaminados con HC, ni comida reactivos químicos o mineral.

7.1.2. Residuos No Reaprovechables

Se ha clasificado dentro de este grupo:

- **Residuos inorgánicos- generales (Contenedor Negro):** Residuos plásticos y material sintético como bolsas, vasos y cubiertos descartables, micas, jebes, objetos de caucho, envases, lapiceros, EPP en mal estado que no estén contaminados con HB, reactivos químicos o mineral.
- **Residuos peligrosos - Químicos (Contenedor Rojo):** Residuos contaminados con reactivos químicos, solventes, pinturas, thinner, ácidos, floculantes, cal, yeso, entre otros,

No se colocarán en los cilindros los residuos líquidos o mermas de productos químicos, estos deberán almacenarse en cilindros de metal cerrados y rotulados con su respectiva zona de contención.

- **Residuos peligrosos – Hidrocarburos (Contenedor Rojo):** residuo sólido (madera, cartones, plásticos, waipes, piezas metálicas, trapos) contaminado con diesel, aceite, grasa, gasolina y sus respectivos contenedores.
- **Residuos peligrosos – Biomédicos (Contenedor Rojo):** Residuos contaminados con material infeccioso (sangre y otros líquidos, empaques de medicina, jeringas agujas, entre otros).

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

COLOR AMARILLO 	METALES: Chatarra, tapas de metal, envases de alimentos y bebidas
COLOR VERDE 	VIDRIO: Envases de alimentos, botellas de bebidas, perfumes
COLOR AZUL 	PAPEL Y CARTON: Cajas de cartón, folletos, impresos, etc.
COLOR BLANCO 	PLASTICO: Envases de alimentos, botellas, empaques, etc
COLOR MARRON 	ORGANICOS: Restos de alimentos, jardines. maderas
COLOR NEGRO 	GENERALES: Restos de limpieza, trapos, cuero, zapatos, etc.
COLOR ROJO 	PELIGROSOS: Baterías, pilas, reactivos químicos, aceites, etc.

CONTENEDORES

- La Norma Técnica Peruana no especifica el material del contenedor a usar para el almacenamiento, los materiales indicados en el cuadro son referenciales y están sujetos al material y/o sustancias a contener y sus características.
 - Fuente: NTP 900.058.2005
- Todos los recipientes a emplear según su aplicación, deberán mantenerse con bolsas revestidas, rotulados, con tapa y mantenidos en buenas condiciones; para esto se llevarán a cabo revisiones periódicas a los contenedores a fin de detectar cualquier deterioro y realizar el reemplazo inmediato de los mismos.

- Los residuos peligrosos serán recolectados en recipientes que sean compatibles al producto original, el cual también deberá estar debidamente rotulado, revestido con tapa.
- Diariamente, después de cada jornada de trabajo los residuos obtenidos por cada actividad/área serán trasladados en bolsas plásticas o contenedores adecuados hacia el área de almacenamiento temporal designada.
- Si ocurriese algún derrame de sustancias peligrosas al suelo (combustibles, lubricantes, aceites, grasas, pintura, etc.), se actuará según el Plan de Contingencias y se reportará de inmediato al Supervisor.
- Todo residuo peligroso (productos químicos) deberán contar con MSDS.
- Se comunicará al área de SSOMA, para la supervisión de la correcta limpieza del área afectada, según flujograma.
- Se elaborará el informe preliminar y el reporte final del incidente ambiental.

7.2. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS

- Se implementará un área para el almacenamiento temporal de los residuos, para luego ser trasladado al centro de acopio principal de para su posterior evacuación al relleno sanitario a través de una EPS autorizada.
- En el área de almacenamiento temporal se ubicarán contenedores (cilindros) que sean resistentes al residuo almacenado, a prueba de filtraciones y capaces de resistir los esfuerzos producidos durante su manipulación, algunas consideraciones para su manejo son:
 - Los contenedores deberán estar diferenciados por colores, de acuerdo a lo dispuesto en la Norma técnica Peruana - NTP 900.058.2005 y D.S. 024-2016-EM.
 - Todos los residuos almacenados serán rotulados (stiker) de forma clara y visible, señalando especialmente sus características de peligrosidad. Además, se señalará el nombre del residuo, la fecha de generación, el código de identificación y su ubicación en el sitio de almacenamiento.
 - Se recomienda que todos los contenedores se muevan manualmente cuando su peso total incluido el contenido, no supere los 25 kilogramos.

- Se mantendrán todos los contenedores en buenas condiciones. Cuando alguno se encuentre averiado, se reemplazará por otro en buen estado. Sólo se podrán reutilizar contenedores cuando no se trate de residuos incompatibles, o cuando el contenedor haya sido previamente descontaminado.
- Las condiciones generales que se deben cumplir en las áreas de almacenamiento temporal de residuos son:
 - Se deberá ubicar el área de almacenamiento lejos de cualquier actividad que involucre combustión.
 - El área asignada para el almacenamiento de residuos peligrosos deberá contar con señalización (Letreros, mallas de señalización), el acceso deberá ser restringido.
 - Los contenedores deberán contar con tapas, techo y parihuelas para la base.
 - Las áreas de almacenamiento temporal deben estar equipadas con equipos de respuesta ante derrames: extintores, paños absorbentes, salchichas absorbentes, lampas, picos y sacos de arena.
 - Para el internamiento y salida de los residuos en el área de almacenamiento temporal, se emplearán fichas de registros.
 - Se implementarán letreros de identificación de residuos sólidos, según lo dispuesto en la Norma técnica Peruana - NTP 900.058.2005 y D.S. 024-2016-EM.

7.3. MANIPULACIÓN, ALMACENAMIENTO Y REGISTRO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y MATERIALES PELIGROSOS

Se seguirá el mecanismo para regular el manejo, almacenamiento y transporte de los insumos peligrosos requeridos en el proyecto, con el fin de no poner en peligro la salud humana ni el medio ambiente. El mecanismo seguro será:

7.3.1. Registro de Productos Químicos Peligrosos

Todo producto químico peligroso, para su uso en el proyecto deberá ser registrado.

La contratista enviará los productos químicos debidamente embalados, en medios de transporte que eviten potenciales derrames. Estos serán enviados con la respectiva hoja de MSDS para su registro en el área SSOMA.

7.3.2. Manipulación

Se considerará las precauciones a tomar para garantizar una manipulación sin peligro, esto incluirá:

- Ventilación local y general al momento de su retiro de los almacenes, evitando la acumulación de gases y formación de partículas en suspensión.
- Uso de equipos de protección recomendados en las hojas de seguridad.
- Si los productos químicos tienen que ser separados en cantidades menores a su presentación, se deberá conocer los tipos de recipientes a emplear.
- Las hojas de seguridad deberán estar junto a los insumos que se usen en campo ante cualquier duda para una consulta rápida, sobre todo de las personas que no estén familiarizados en la manipulación de los insumos.
- Los residuos resultantes del uso y manipulación de los insumos se dispondrán de acuerdo al procedimiento de gestión residuos peligrosos.

7.3.3. Almacenamiento y registro

La contratista se compromete a cumplir con las regulaciones respecto al almacenamiento y manipulación de líquidos inflamables y combustibles.

Los almacenes de combustible y productos químicos tendrán la superficie del suelo revestida, el área deberá estar techada y cercada, además de contar con rótulos que identifiquen el lugar.

El Kit de limpieza de derrames, incluyendo materiales absorbentes se deberá mantener en cada almacén.

Todos los combustibles, aceites y productos químicos deben estar claramente etiquetados y contarán con hojas MSDS.

Prácticas de limpieza continua se emplearán en todo almacén.

Está prohibido mantener bandejas, recipientes o cualquier otro material en desuso dentro del almacén.

Todo derrame sobre las barreras de contención será inmediatamente limpiado y se informará de inmediato al área de Medio Ambiente sobre el incidente, en caso tenga contacto con el suelo o el agua.

Se evaluará las condiciones necesarias de diseño del almacén para un almacenamiento seguro, tomando en consideración:

- El techo debe ser estable, no tener agujeros o filtraciones
- El área debe ser ventilada
- Bandejas de contención, la capacidad debe ser de 110% del volumen almacenado.
- Cantidades límites que pueden almacenarse.
- El apilamiento de los productos químicos debe ser en forma ordenada y clasificados por color, marca, etc. Verificando incompatibilidades.
- Todos los envases sin excepción deberán estar etiquetadas.
- En almacén debe estar señalizado con letreros que indiquen área de Productos Químicos, No fumar, No hacer fuego, etc.
- En el almacén en la puerta de ingreso debe permanecer la tarjeta que indica quien es el responsable de dicha área, este lugar debe permanecer cerrado y acceso restringido.
- Se contará con el inventario de productos químicos.

7.3.4. Control De Sustancias Peligrosas

- Todos los materiales peligrosos, productos químicos y combustibles que se usen en proyecto, según aplique, serán señalizados mediante el uso de los Stiker de identificación en el recipiente del producto.
- Se mantendrá en el área de trabajo las Hojas de Datos de Seguridad del material - MSDS
- Cada producto utilizado en el proyecto contará con su Hoja de Datos de Seguridad - MSDS, esta información suministrada contendrá:
 1. Identificación del Producto y de la Empresa
 2. Composición/Información sobre los componentes
 3. Identificación de Peligros
 4. Primeros Auxilios
 5. Medida de lucha Contra Incendio
 6. Medidas a Tomar en Caso de Vertido Accidental
 7. Manipulación y Almacenamiento
 8. Límites de Exposición y Medidas de Protección Personal
 9. Propiedades Físicas y Químicas
 10. Estabilidad y Reactividad
 11. Información Toxicológica
 12. Información Ecológica

13. Eliminación de Residuos
14. Información Relativa al Transporte
15. Disposiciones de Carácter Legal
16. Otras Informaciones

- Estas hojas MSDS permanecerán en el área de trabajo, al alcance del personal involucrado en la manipulación del material.
- La lista de Productos Químicos se presenta mensualmente en el Reporte Mensual Ambiental.

7.4. CONTROL DE SEDIMENTOS Y MOVIMIENTO DE TIERRAS

- El material excedente de los cortes de terreno no se podrá disponer a media ladera, ni arrojarlos a los cursos de agua. Estos serán acarreados y dispuestos adecuadamente, con el fin de no causar problemas de deslizamientos y posterior erosión, sobre todo durante la estación de lluvias, lo cual se pueden ser empleados como parte del afirmado de los caminos de acceso.

Manejo de Desmante

- El traslado del desmante generado deberá realizarse en volquetes con malla de protección o en caso contrario deberá humedecerse para evitar la emisión de polvo durante el transporte.
- La disposición final del desmante deberá realizarse previa coordinación con el área de medio ambiente del cliente, quién indicará el botadero a utilizar, las autorizaciones de uso y las medidas de control aplicadas para el desarrollo de los trabajos.

7.5. CALIDAD DE AIRE

a. Control De Emisión De Gases

Para el control de los gases generados producto de las actividades en talleres u Operaciones en campo se tomarán las siguientes medidas:

- Los vehículos a utilizar en la ejecución del Proyecto, deberán estar en óptimas condiciones y previamente al ingreso a las zonas de trabajo deberá contar con una revisión técnica que avale su buen funcionamiento.
- Se realizará el mantenimiento preventivo y periódico de las maquinarias y equipos a ser utilizados durante el Proyecto, a fin de garantizar su buen estado y reducir las emisiones de gases.

b. Control De Emisión De Polvo

Para el control del material particulado generado en las actividades de construcción se tomarán las siguientes medidas:

- Se deberá evaluar en campo el polvo generado por las actividades principalmente en el movimiento de tierras, de ser necesario se deberá humedecer la zona.
- Realizar el transporte por rutas pre establecidas con anterioridad.
- No superar el límite de carga máxima de los equipos.
- Minimizar el tránsito de equipos motorizados en el área de trabajo (camionetas y bus de personal).
- El polvo generado en las actividades de construcción será suprimido a niveles que sean seguros para el personal de la obra mediante el humedecimiento de la carga transportada o el uso de mallas.
- Control de la velocidad de desplazamiento de vehículos, para disminuir la generación de material particulado cerca de las vías de acceso.
- La alteración del suelo se limitará a lo necesitado por el trabajo.
- No quemar vegetación ni residuos sólidos.
- Se realizará el mantenimiento preventivo y periódico de las maquinarias y equipos a ser utilizados durante el Proyecto, a fin de garantizar su buen estado y reducir la generación de material particulado.
- Los vehículos deberán mantener las velocidades máximas establecidas especialmente en época seca y en los accesos que no tienen riego.
- Respetar los horarios de descanso de las comunidades cercanas.
- En época de lluvias también se debe disminuir la velocidad en todas las vías ubicados cerca de cursos de agua y canales de agua para evitar aumentar la turbidez en ellos.

c. Control De Emisiones De Ruido

- La generación de ruido tendrá una mayor influencia en la zona de trabajo debido al uso de equipos motorizados.
- Se realizará el mantenimiento preventivo y periódico de las maquinarias y equipos a ser utilizados durante el Proyecto, a fin de garantizar su buen estado y reducir las emisiones de ruido.
- Todos los equipos motorizados, contarán con dispositivos de silenciadores en óptimas condiciones de funcionamiento, para minimizar la emisión de ruidos.
- Estará prohibido el uso de sirenas u otro tipo de fuentes de ruido innecesarias.

d. Tránsito

- Todos los vehículos de transporte deberán contar con dispositivos de silenciadores ruido apropiado y mantenerse en buen estado, cumpliendo con los mantenimientos preventivos.
- Los vehículos pesados con los que cuenta la contratista deberán utilizar los caminos designados al transporte pesado en preferencia a cualquier otra vía.
- Los vehículos deberán mantener las velocidades máximas establecidas.
- Se verificarán las rutas de transporte y los tiempos para minimizar el impacto del ruido y la generación de material particulado en las comunidades cercanas al Proyecto.
- La carga de los camiones que tienen el potencial de generar material particulado deberá ser cubierta con mallas o humedecida antes de cruzar la vía pública.
- Prohibido el vertido de materiales a la vía pública.

7.6. CONTROL DE CALIDAD DE AGUA

Se aplicarán los siguientes lineamientos:

- Queda totalmente prohibido el vertimiento de materiales en cursos de agua, canales de regadío, acequias, cunetas o sobre el suelo.
- Los residuos de aceites, grasas y lubricantes que se utilicen durante el mantenimiento de instalaciones auxiliares, al igual que todo objeto impregnado con estos, serán almacenados sobre bandejas en recipientes herméticos, rotulados con tapa e identificados.
- Queda prohibido el lavado de maquinaria o vehículos en ríos o quebradas.
- Todo equipo, maquinaria que trabaja cerca de cuerpos de agua naturales deberá estar libre de fugas.
- Por ningún motivo se colocarán materiales de construcción ni materiales excedentes de obra en lugares cercanos a orillas de quebradas o fuentes de agua, ya que durante la época de lluvia éstas podrían ser lavadas y arrastradas hacia dichos cuerpos de agua.
- Evitar la caída de material sólido (rocas) hacia el cauce de los ríos o quebradas.
- Cualquier derrame de aceite, combustible o productos químicos debe ser limpiado y reportado inmediatamente como incidente ambiental.

7.7. MANEJO DE FLORA Y FAUNA

Flora

Se tomarán las siguientes medidas de control:

- Evitar la construcción de vías de acceso sin una adecuada planificación, para no afectar las áreas verdes de la Operación.
- Evitar el desbroce innecesario de la vegetación durante la ejecución del Proyecto.
- En los sectores de desarrollo del Proyecto en los cuales sea necesario retirar especies de flora, la cantidad de especies a cortar deberá ser la mínima necesaria para permitir el desarrollo de las labores.

Fauna

- Restringir las alteraciones y eliminación del hábitat de la fauna silvestre.
- Reducir la alteración sensorial (Por ejemplo, ruido, olores).
- No cazar, pescar ni perturbar la fauna.
- Prohibido arrojar a cuerpos de agua residuos y elementos contaminantes (sólidos, líquidos, etc.).
- De encontrarse fauna doméstica en las áreas de trabajo del Proyecto, se deberá parar los trabajos, comunicar a la supervisión del Cliente y una vez retirados los animales del lugar, proseguir con los trabajos.
- Se prohíbe la caza, venta y/o comercialización de fauna.
- En el caso de encontrarse con especies de fauna doméstica en las carreteras, el conductor deberá dejar pasar a estas especies por la vía, manejar a velocidad controlada y una vez que los animales hayan pasado por la vía proseguir con su viaje.

7.8. MANEJO DE SUELOS

Cuando se requiera retirar top soil para uso del Proyecto se deberá tener lo siguiente:

Los supervisores que requieran top soil deberán comunicar el requerimiento (Volumen) a los supervisores del Cliente y al supervisor SSOMA de la contrata.

Una vez indicado el lugar de abastecimiento de top soil se deberá realizar los trabajos de retiro y carguío de top soil.

Al concluir la descarga se deberá señalizar la zona de almacenamiento de top soil hasta terminar su uso.

Las áreas a ser despejadas tendrán límites claramente demarcados por cinta, estacas u otros medios y deben cumplir con los límites de los planos de diseño;

No se quemará la vegetación

El suelo orgánico será rescatado de las áreas alteradas y depositado en pilas o depósitos autorizados.

Durante el rescate, el top soil no deberá ser mezclado con ningún otro tipo de material o desmonte durante los trabajos de movimiento de tierra, en caso suceda esto se deberá comunicar de inmediato al supervisor SSOMA de la contrata quien reportará al área de Medio Ambiente del Cliente para determinar el grado de mezcla y definir el manejo posterior adecuado.

La disposición final del material excedente deberá realizarse previa coordinación con el área de medio ambiente del Cliente, quién indicará el botadero a utilizar, las autorizaciones de uso y las medidas de control aplicadas para el desarrollo de los trabajos.

7.9. PREPARACION Y RESPUESTA A EMERGENCIAS AMBIENTALES

La contratista contará con un plan de contingencias.

Las consideraciones en este caso parten del establecimiento de los criterios para evitar los derrames y a su vez la adecuada y pronta respuesta a derrames que pudieran surgir producto de nuestras actividades.

Consideraciones para Prevención de Derrames

- Contar con brigada de respuesta constituido por personal entrenado y con experiencia en el control de derrames.
- Mantenimiento preventivo de las maquinarias y vehículos.
- Los recipientes y tanques utilizados para almacenar estos productos deberán encontrarse en buenas condiciones, protegidos y rotulados.
- Disponer con las Hojas MSDS de todos los productos hidrocarburos y químicos utilizados en la obra y con los KIT para atención en caso de derrames.
- Todo vehículo contara con su KIT para el control de derrame de combustible.

Proceso de Respuesta en Caso de Derrame

- Se reportan al supervisor directo del trabajo y este a la supervisión del Cliente. Los pasos a seguir para una información clara son:
 - ✓ Identificarse.

- ✓ ¿Qué se derramó?
- ✓ ¿Cuánto se derramó?
- ✓ ¿En dónde se derramó?
- ✓ ¿Existen cursos de agua cerca?
- El supervisor y los trabajadores deberán proceder inmediatamente a la limpieza, siempre y cuando el derrame pueda ser controlado (No significativo).
- Nadie deberá acercarse al derrame si las condiciones no son óptimas o si se duda de la naturaleza del producto, salvo autorización expresa del Supervisor de Campo, previa coordinación con el Supervisor Ambiental del cliente.
- En caso de derrame de combustibles se retirarán del área todo tipo de material inflamable que pudiera ser causa de un incendio.
- Para evitar que el derrame se disperse se harán diques de contención en el área, se facilitará la utilización de materiales absorbentes tales como paños, salchichas, arena, etc. Estos deberán tener buena absorción y retención de sustancias.
- En caso de que el derrame se diera en horas de lluvia intensa se evaluará la construcción de pequeñas pozas de contención.
- Todo incidente de derrame, será reportado usando el formato de reporte de incidentes. En este reporte debe indicar claramente la cantidad derramada recuperada y destino final del material contaminado.

Acciones a seguir en el caso de derrames de combustible.

Si en caso ocurre un derrame de combustible y/o sustancia peligrosa durante el desarrollo del Proyecto actúe de inmediato.

Las acciones se enfocarán a:

- Detener la fuente del derrame.
- Evitar que el derrame alcance aguas superficiales;
- Absorber el derrame con materiales absorbentes;
- Disponer del suelo y materiales contaminados a un sitio autorizado para la eliminación de residuos peligrosos;
- En caso de un derrame considerable, los Supervisores Ambientales del Cliente en coordinación con el supervisor SSOMA de la contrata evaluarán si amerita una remediación del suelo en el sitio o los mecanismos más adecuados de disposición o tratamiento.

En las áreas de manipulación y/o almacenamiento de combustible, contarán con los kits de emergencia para el control de derrames de materiales peligrosos, que constará de:

- Paños absorbentes,
- Trapos industriales,
- Bolsas plásticas, palas,
- Picos
- Bandejas de lyner en cantidad suficiente para responder ante cualquier emergencia.

Brigada de Respuesta

Brigada contra Derrames

Esta brigada estará encargada de controlar derrames donde estén involucrados materiales y sustancias peligrosas. Los miembros de esta brigada estarán debidamente capacitados y entrenados y contarán con el equipo necesario para ejecutar esta labor.

Asimismo, los integrantes de la Brigada contra derrames recibirán la capacitación y entrenamiento respectivo.

7.10. MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS

Se utilizarán baños químicos, los cuales se contratarán con su respectiva mantención y retiro de residuos. Todas estas instalaciones se registrarán según Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos.

Los baños químicos serán instalados tomando en cuenta que la cantidad máxima de personas que pueden ocupar el baño son de 20 personas.

La EPS-RS contratada son los responsables de ubicar en lugares estratégicos y accesibles para los usuarios, también se encargarán de la limpieza de los SS.HH.

Los baños portátiles deben de estar permanentemente limpios.

La limpieza y desinfección se realizará según requerimiento mínimo unas dos veces por semana.

Esta frecuencia se incrementará de acuerdo a la necesidad del usuario y uso del baño, esta labor la realizará únicamente la empresa prestadora del servicio.

Los servicios higiénicos contarán con gel antiséptico para disponibilidad de los usuarios, la EPS-RS se encargará de verificar y reponer dicho gel de haber sido totalmente utilizado.

La EPS-RS deberá estar autorizada y registrada en DIGESA.

Acerca De Las Fugas y/o Derrames Del Camión Succionador

- Se responderá de acuerdo al procedimiento de incidentes.
- La empresa prestadora de servicios deberá recolectar los residuos líquidos de los baños portátiles en camiones cisternas adecuados especialmente para este tipo de trabajo evitando en todo momento fugas hacia el medio ambiente.
- La empresa prestadora de servicios deberá contar con personal capacitado y un vehículo de apoyo para llevar materiales de contingencia y responder de forma inmediata a cualquier derrame o diseminación de residuos que pudiera presentarse en caso de accidente.

8. CONTROL OPERACIONAL

En la matriz de Identificación y Valoración de Aspectos Ambientales se identifican las medidas de control para las actividades críticas donde han sido identificados los AAS.

9. PREPARACIÓN Y RESPUESTA A EMERGENCIAS AMBIENTALES

El propósito es reducir posibles riesgos potenciales asociados a las actividades que pudieran afectar al medio ambiente.

9.1. IDENTIFICACIÓN DE INCIDENTES POTENCIALES Y SITUACIONES DE EMERGENCIA

Se ha podido identificar que el Potencial derrame de hidrocarburos es uno de los riesgos potenciales que podría afectar directa o indirectamente al medio ambiente

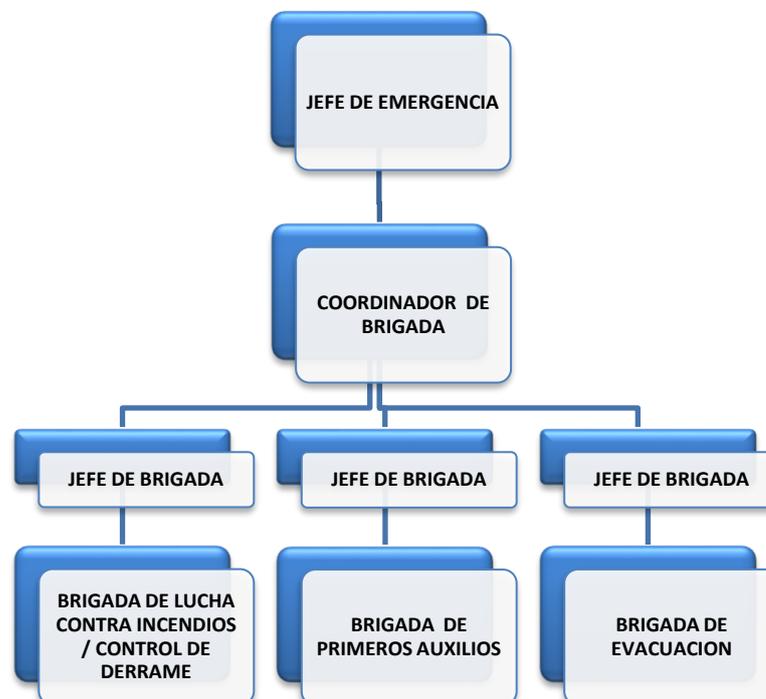
9.2. CAPACIDAD DE RESPUESTA

Los medios para el control de la emergencia en caso de la ocurrencia de éstos, se ha implementado según el siguiente detalle:

- **Medios de detección y avisos:** El claxon prologando de los diferentes equipos en obra se empleará para advertir a todo el personal ante una situación de emergencia independientemente de la índole de ésta.

- **Medios de contención y aislamiento:** Se contará con bandeja de contención con capacidad del 110 % de la cantidad almacenada.
- **Medios de control:** Se ubicarán extintores en lugares más accesibles y con riesgo de incendio para una actuación inmediata, también se cuentan con Kit´s para control de derrames que consisten en: (pañños absorbentes, trapos industriales, salchichas absorbentes, pico, palana, bolsas plásticas, guantes) estos estarán ubicados en grupos electrógenos y en cada equipo que con tanque de hidrocarburos y almacén. Se hará una evaluación en campo para su respectiva ubicación de los demás Kits. Todo equipo con tanque de hidrocarburo contara con su bandeja para el control de derrame.
- **Medios de disposición de material contaminado:** Se cuenta con áreas provisionales para almacenamiento de residuos líquidos, estas contarán con sus respectivas bandejas de contención, los cilindros se mantendrán herméticamente cerrados, rotulados, hojas MSDS, con techo, señalización y acceso restringido.

9.3. BRIGADAS DE RESPUESTA



9.4. PROCESO DE ACTUACIÓN

- Identificar y detener la fuente del derrame.
- La secuencia de actuación comienza cuando se presenta una situación de emergencia o una anomalía capaz de producirla. La alarma de esta

situación deberá ser comunicada al Supervisor inmediato y éste a la vez al líder de la brigada de emergencia, quién pondrá en marcha la actuación y de ser necesario definirá grupos de actuación.

- Ante la más mínima duda, el líder de brigada solicitará los servicios de Rescate del Cliente para el apoyo.
- Durante el tiempo que precede a la llegada de Rescate del Cliente, el líder de brigada intentará controlar el siniestro por medio de los grupos de actuación y, en función del desarrollo de los acontecimientos, ordenará el cese de actividades, la evacuación del área, y cuantas medidas crea oportuna.
- Desde la llegada de los servicios de Rescate del Cliente, el responsable de ellos asumirá el mando de la situación, asesorado por el supervisor SSOMA, y todo el personal del área deberá cumplir sus órdenes.
- Cualquier derrame será considerado como incidente y la contrata asumirá las responsabilidades por el derrame ocasionado, producto de sus actividades y las consecuencias de los productos a su control. Todo incidente de derrame será reportado inmediatamente a la supervisión del Cliente

9.5. MANTENIMIENTO Y REVISIÓN

Para evaluar nuestro desempeño se realizarán simulacros durante el Proyecto aplicados a medio ambiente, con la finalidad de garantizar una buena respuesta ante emergencias ambientales. Se analizará y revisará el resultado del simulacro y los procedimientos de respuesta, con la finalidad de corregir deficiencias en el mismo.

El registro de incidentes y emergencias se actualizará después de cada caso real ocurrido.

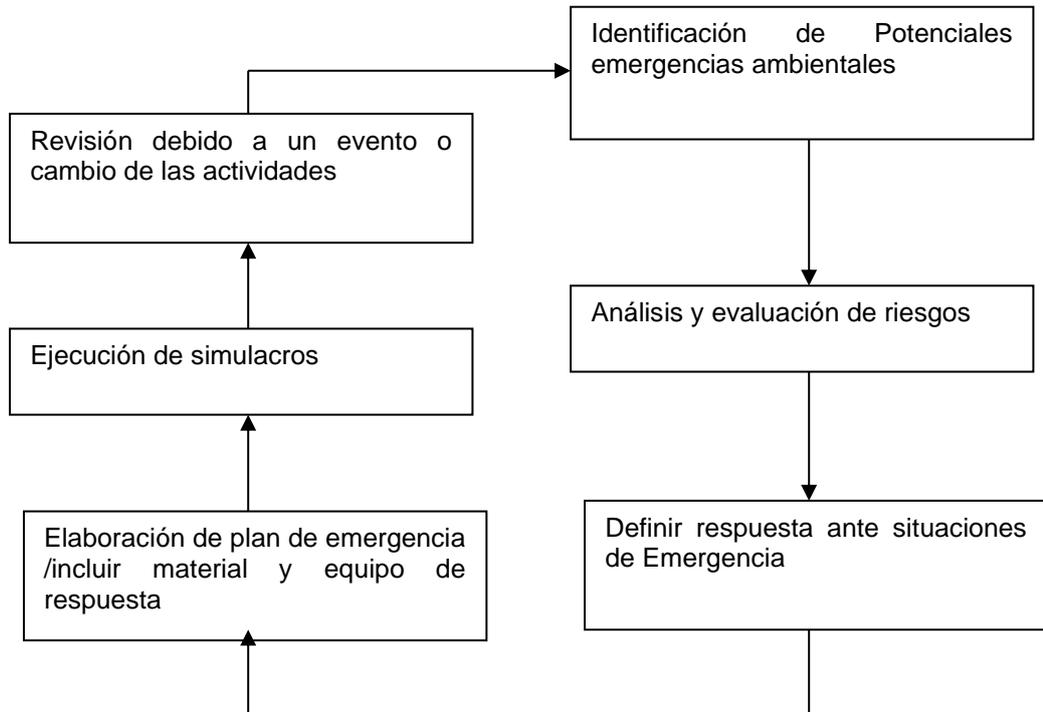
Elaborar e implementar el plan de simulacro

Realizar el informe: Tiempo de respuesta, recursos, lecciones aprendidas.

Se realizarán inspecciones mensuales del Kit para control de derrame de las diferentes unidades, equipos pesados y prácticas en el uso de dichos elementos.

Se presenta el siguiente diagrama para el control de los incidentes potenciales.

Esquema evaluación de Simulacro



10. VERIFICACIÓN

10.1. Seguimiento y Medición

Se mantendrá la verificación del cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental para comprobar la eficacia de nuestros controles dentro de las actividades que pudieran tener un impacto significativo en el ambiente.

Esto deberá incluir el registro de información para evaluar el desempeño ambiental de los controles operacionales, la conformidad de los objetivos y metas ambientales derivadas del proyecto y de los equipos e instrumentos de medición. Se realizarán auditorías.

10.2. Cumplimiento Legal

Se dará cumplimiento a todos los requisitos legales, internos y externos.

Los cumplimientos de los requisitos legales y otros compromisos ambientales adquiridos en el PMA serán verificados mediante inspecciones realizadas por el supervisor SSOMA.

Verificación de la actualización de base legal.

10.3. No Conformidad, Acción Correctiva y Acción Preventiva

El propósito es impedir actos o condiciones de “no conformidad”, respecto a los incumplimientos en los requisitos legales y referencias o procedimientos aplicables por parte de la supervisión o del cliente.

Las acciones preventivas serán necesarias si se detectaran la posibilidad de “no conformidades potenciales” y las correctivas cuando se produzcan “no conformidades”.

Cualquier tipo de No conformidades se recopilarán durante:

- El seguimiento del cumplimiento de los objetivos y metas ambientales
- El control operacional, el seguimiento y medición del mismo
- Directamente del personal involucrado en el proyecto respecto a acontecimientos sucedidos, sugerencias o quejas internas
- Los reclamos o quejas de parte del cliente

10.4. Control de Registros

Se controlará la elaboración, revisión, aprobación, distribución y modificación de toda la documentación emitida por el personal SSOMA, asimismo, garantizará su identificación y disponibilidad en los lugares de uso, el retiro de documentación pasada y la conservación de los mismos.

El sistema de registro de la empresa asegurará que los registros vitales sean mantenidos de acuerdo a los requerimientos legales vigentes o de la compañía. Las pautas para la conservación de registros existen como parte de sus procesos departamentales internos y pueden ser específicos de cada uno.

Los registros deberán almacenarse y conservarse de modo tal que puedan recuperarse y protegerse fácilmente.