

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



**TESIS**

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL CONTROL DE  
INUNDACIONES Y DESBORDES UNIDAD MINERA TICLIO- VOLCAN S.A.A.,**

**2022**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:  
BACH. MUÑOZ MALLQUI, KUKIN**

**ASESOR: Ing. ESPARTA SÁNCHEZ JOSÉ AGUSTÍN**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional y haberme entusiasmado a superarme cada día, a ser perseverante y nunca rendirme.

Agradezco al asesor de tesis ing. Jose Agustin Esparta Sanchez, por las orientaciones, sugerencias y apoyo constante en la formulación, desarrollo y culminación de la presente tesis.

## **DEDICATORIA**

Esta investigación la dedico a Dios que me acompaña y guía mi vida a diario y por darme salud y sabiduría para lograr mis metas trazadas en mi vida profesional.

A mis padres, por haberme guiado, motivado y sobre todo por los apoyos incondicionales, quienes siempre se han preocupado por mi bienestar y son mi mayor motivo para conseguir cada objetivo.

A mis hermanos, familiares y amigos por su comprensión y apoyo, por ser compañeros constantes de motivación y superación.

# ÍNDICE

PORTADA .....	ii
ASESOR.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE .....	5
INDICE DE TABLAS .....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
INDICE DE ANEXOS.....	10
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I.....	13
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	13
1.1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general .....	14
1.2.2. Problemas específicos .....	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo general .....	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	14
1.4. Justificación en importancia .....	15
1.4.1. Justificación.....	15
1.4.2. Importancia .....	15
1.5. Hipótesis y descripción de variables .....	15
1.5.1. Hipótesis .....	15
1.5.2. Identificación de variables .....	15
CAPITULO II.....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Generalidades .....	17
2.1.1. Ubicación .....	17
2.1.2. Accesibilidad .....	19
2.1.3. Clima y vegetación .....	19

2.1.4. Geología.....	19
Geología estructural .....	19
Geología regional .....	20
Geología local .....	21
2.2. Antecedentes de la investigación.....	24
2.3. Bases teóricas .....	25
2.3.1. Sistema de bombeo. ....	25
2.4. Definición de términos básicos.....	30
CAPITULO III .....	34
METODOLOGÍA .....	34
3.1. Método y alcance de la investigación.....	34
3.2. Tipo de investigación .....	34
3.3. Nivel de la investigación.....	35
3.4. Método de investigación .....	35
3.5. Diseño de la investigación .....	35
3.6. Población y muestra .....	36
3.6.1. Población .....	36
3.6.2. Muestra .....	36
3.6.3. Muestreo .....	36
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
3.7.1. Técnicas de recolección de datos .....	37
3.7.2. Técnicas de análisis y procesamiento de datos.....	37
3.7.3. Procesamientos de datos .....	37
3.8. Equipos utilizados de recolección y procesamiento de datos.....	38
3.8.1. Equipos utilizados en la recolección de datos .....	38
3.8.2. Programas utilizados para el procesamiento de datos.....	38
3.9. Desarrollo de la investigación .....	38
3.9.1. Caracterización del maciso rocoso .....	38
CAPITULO IV .....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información .....	42
4.1.1. Elaborar los estudios básicos que permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022. 42	
4.1.1.1. Geomecánica.....	42

4.1.2. Analizar las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.....	53
4.1.2.1. Gestión del sistema de bombeo.....	53
4.1.2.2. Nivel principal de drenaje a superficie. Nivel 0 San Nicolas y Nv 5 túnel Huacracocha. ....	59
4.1.2.3. Programa de inspecciones/limpieza/mantenimiento.....	61
4.1.3. Conocer los beneficios con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.....	66
4.1.3.1. Monitoreos de deformación de muros de estaciones de bombeo.....	66
4.1.3.2. Gestión de peligros fatales y controles críticos para el protocolo de peligros mortales inundaciones y desbordes. ....	68
4.1.3.3. Gestión del control crítico.....	76
4.1.3.4. Plan de acción de respuesta a emergencia por inundación en mina.....	93
CONCLUSIONES .....	99
RECOMENDACIONES .....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	101
ANEXOS.....	103
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	103
Anexo 2: Permisos y aprobación de plan de minado.....	104

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Rutas de acceso a la unidad minera Ticlio .....	19
<b>Tabla 2:</b> Sistemas de discontinuidades estructurales por zona .....	47
<b>Tabla 3:</b> Tabla GSI calculada para mina Ticlio .....	50
<b>Tabla 4:</b> Sistema de bombeo mina Ticlio – bombas en estaciones secundarias auxiliares – zona este.....	58
<b>Tabla 5:</b> Sistema de bombeo mina Ticlio – bombas en estaciones secundarias auxiliares – zona oeste.....	59
<b>Tabla 6:</b> Programa de mantenimiento de bombas estacionarias.....	61
<b>Tabla 7:</b> Programa de limpieza de pozas - diciembre 2020 .....	62
<b>Tabla 8:</b> Programa de limpieza de pozas - diciembre 2020 .....	63
<b>Tabla 9:</b> Programa de limpieza de pozas - diciembre 2020 .....	64

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación de la unidad minera Ticlio. Tomada del Departamento de Geología, unidad minera Ticlio. ....	18
<b>Figura 2:</b> Mapa Regional Volcan Compañía Minera S. A. A. ....	21
<b>Figura 3:</b> Sección transversal Veta Ramal Techo.....	23
<b>Figura 4:</b> Clasificación de las bombas. Fuente: Domínguez, G. (2016). Especificación de sistema de bombeo.....	26



## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia.....	103
Anexo 2: Permisos y aprobación de plan de minado.....	104

## RESUMEN

La tesis denominada "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y DESBORDES UNIDAD MINERA TICLIO- VOLCAN S.A.A., 2022", tiene como objeto Realizar el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022. Esta investigación utilizara el tipo de investigación por enfoque de tipo cuantitativo y por propósito de tipo aplicada, La población está constituida por todo el sistema de bombeo de interior mina de la unidad minera Ticlio. Llegando a las siguientes conclusiones: Con respecto a la investigación, se pudo demostrar que con el mejoramiento del sistema de bombeo se logra los objetivos del control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.

Con estudios básicos para el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022 será posible continuar con la operación minera, desde el punto de vista del agua subterránea por mucho tiempo no habrá problemas con la inundación de la operación subterránea el mundo, ya que el sistema está diseñado para un caudal alto de 140 litros por segundo.

Con el control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022, el bombeo de agua está garantizado si el agua contiene partículas en suspensión y partículas sólidas en la cantidad de 300 ppm. Esto asegura agua regular en el ciclo de bombeo.

Con respecto a los beneficios con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 202. Esto resulta muy útil para monitorear la presión de carga, el caudal y los sensores que indican la limpieza de los depósitos; todo esto significa que la electrobomba es compatible con la tecnología que permite la rotación del sistema de bombeo.

**Palabras clave:** Bombas; Inundacion; Peligro.

## **INTRODUCCIÓN**

El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) tiene como propósito eliminar o minimizar el potencial de accidentes mortales, lesiones e incidentes derivados de los riesgos asociados a una entrada de agua, gases o materiales que fluyen cuando están mojados e irrumpen en forma impetuosa y repentina en mina subterránea.

El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) describe el proceso desde el diseño, cálculo de la estabilidad del pilar, corona y la operación eficiente de las cámaras de bombeo, para evitar daños al personal, proteger a los equipos y la infraestructura de la mina, de los daños relacionados con la inundación y desborde de agua. El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) garantiza la seguridad de las operaciones, la rentabilidad del negocio, el cumplimiento de las normativas gubernamentales vigentes, y la implementación de las mejores prácticas operativas y de seguridad en la operación de los sistemas de bombeo de agua en mina subterránea.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. Realidad problemática

“La extracción de minerales se realiza a través de la minería, una de ellas es la minería subterránea. Desde la antigüedad, uno de los mayores problemas que se presenta en la minería subterránea es la inundación de los pasadizos o rampas de acceso a medida que aumenta la profundidad. El agua de las napas freáticas, así como las precipitaciones filtradas desde la superficie, pueden dificultar o incluso impedir las obras, por lo que determinar una correcta evacuación es un problema habitual y su control es una prioridad.” (Soto, 2011).

“En muchos casos, este problema se ha solucionado mediante la excavación de corredores de drenaje que se utilizan para evitar la evacuación a cotas inferiores. Esto era fácil de hacer cuando la mina estaba en una colina y el agua podía drenarse hacia un valle cercano, pero el problema se hacía más difícil cuando el punto más bajo del pasaje o pozo era profundo (Daumas, 1968). En ese momento, era necesario utilizar máquinas para levantar agua”.

El drenaje del agua subterránea de cualquier mina es muy importante porque la extracción del agua de un pozo de mina subterránea permite que continúen la exploración, el desarrollo y la extracción del depósito. Para ello, es necesario elegir el tipo de bomba a utilizar según el caudal y la presencia de sustancias en suspensión en el agua; para un drenaje óptimo, evitando así la inundación de la mina inferior, lo que limitaría la continuación de las operaciones mineras.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo se realizará el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ❖ ¿Cuáles son los estudios básicos que permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?
- ❖ ¿Cómo se analizará las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?
- ❖ ¿Qué beneficios se obtendrán con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Realizará el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ❖ Elaborar los estudios básicos que permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.
- ❖ Analizar las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.
- ❖ Conocer los beneficios con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.

## **1.4. Justificación en importancia**

### **1.4.1. Justificación**

Este estudio se basa en los siguientes parámetros, dando como resultado la inundación de las obras freáticas y la filtración del agua atmosférica durante el invierno en la Sierra del país, lo que impide y paraliza las operaciones mineras, afectando el ritmo de producción de la mina, por tal motivo se necesario estudiar y utilizar sistemas de bombeo y drenaje, para reducir estos fenómenos y evitar inundaciones con consecuencias nocivas para el buen funcionamiento de la unidad minera Ticlio.

### **1.4.2. Importancia**

La importancia de esta investigación es que ayudará a asegurar la continuidad del desarrollo minero. También servirá como fuente de referencia para otros estudios similares.

## **1.5. Hipótesis y descripción de variables**

### **1.5.1. Hipótesis**

#### **1.5.1.1. Hipótesis general**

Es posible realizar el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.

#### **1.5.1.2. Hipótesis específicas**

- ❖ Los estudios básicos permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.
- ❖ Las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas beneficiaran a la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.
- ❖ El mejoramiento del sistema de bombeo permitirá el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.

### **1.5.2. Identificación de variables**

#### **1.5.2.1. Variable dependiente**

- Control de inundaciones y desbordes

#### **Indicadores**

- Condiciones geológicas

#### **1.5.2.2. Variable independiente**

- Mejoramiento del sistema de bombeo

#### **Indicadores**

- Gestión del sistema de bombeo
- Estudios básicos

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

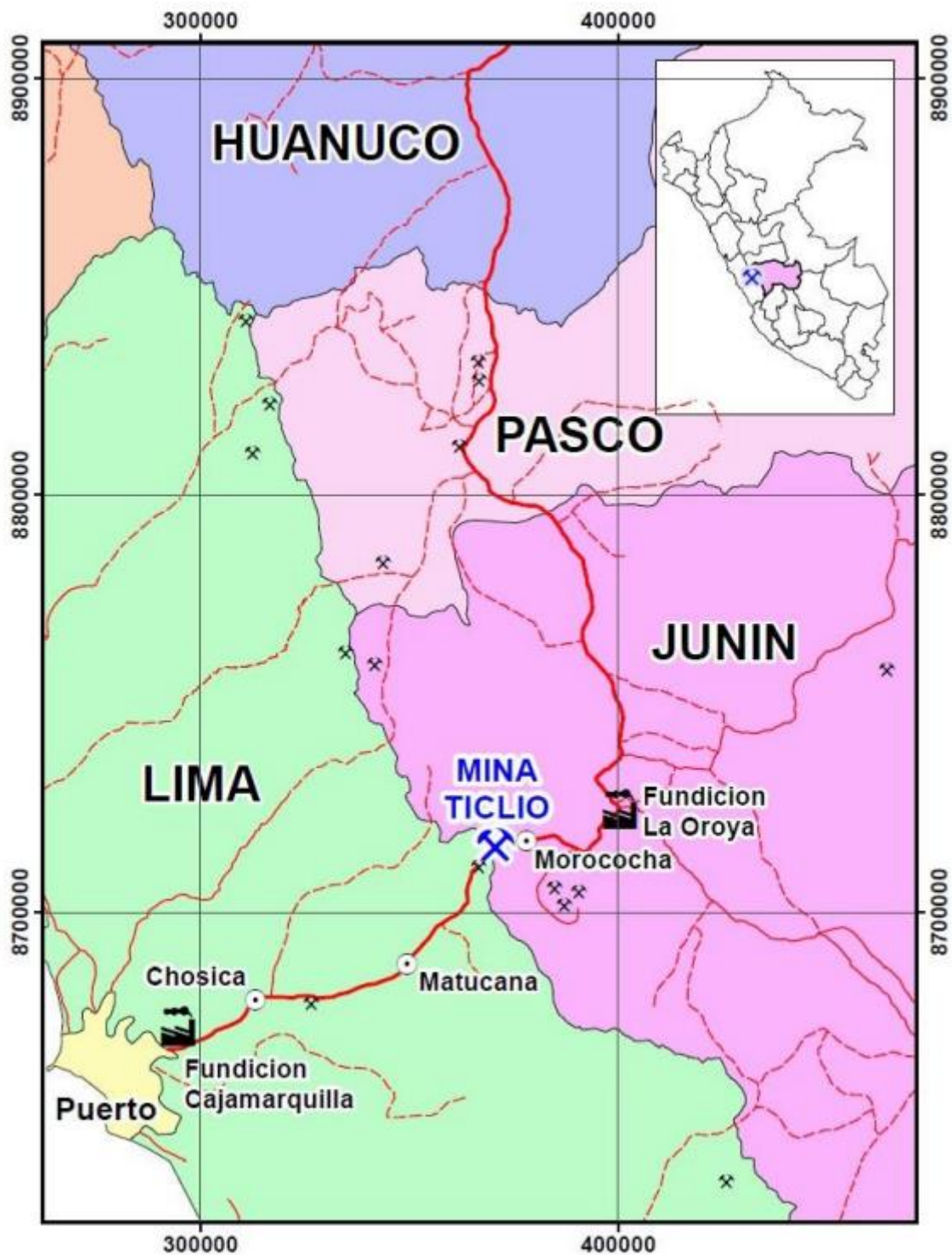
#### 2.1. Generalidades

##### 2.1.1. Ubicación

“La mina Ticlio está ubicada cerca de las coordenadas geográficas 11° 39' S y 76° 28' W en las pampas de Anticona, Yanasinga, Yuracocha y Taulis en el lado oriental de la cordillera occidental de los Andes, muy cerca de la divisoria continental. . Se ubica políticamente entre Chicla (Provincia de Huarochirí, Provincia de Lima) y Marococh (Provincia de Jauli, Provincia de Junín) a una altitud promedio de 4.800 m.s.n.m.” (Area de Planeamiento, 2022).

Ofrece un terreno escarpado y accidentado con pendientes muy pronunciadas, culminando en una meseta suave (Pampa Taulish), ya que la región más alta de la Cordillera Occidental contiene los nevados antes mencionados. La altitud varía de 4450 m.s.n.m. a 5000m.s.n.m. Desde Lima se accede por la Carretera Central Km 132,5 (Paso Anticona) y por el Ferrocarril Central hasta la Estación Ticlio. Desde estos dos lugares hasta el Campamento minero de San Nicolás.





**Figura 1:** Ubicación de la unidad minera Ticlio. Tomada del Departamento de Geología, unidad minera Ticlio.

### 2.1.2. Accesibilidad

Desde Lima se accede por la Carretera Central Km 132,5 (Paso Anticona) y por el Ferrocarril Central hasta la Estación Ticlio.

**Tabla 1:** Rutas de acceso a la unidad minera Ticlio

Rutas	KM	Tiempo	Vías de acceso
Lima-San Mateo-Unidad Minera Ticlio	133	2H. 20 min	Carretera central asfaltada - 300 m (aproximado) de carretera central hacia unidad minera
Huancayo- La Oroya- Unidad Minera Ticlio	163	2H. 30 min	Carretera central asfaltada 300 m (aproximado) de carretera central hacia unidad minera
Cerro de Pasco- La oroya- Unidad Minera Ticlio	170	2h. 40 min	Carretera central asfaltada 300 m (aproximado) de carretera central hacia unidad minera

### 2.1.3. Clima y vegetación

El clima en esta zona es tan frío y seco como el del la región Puna. La estación seca fresca es de mayo a octubre y la estación lluviosa es de noviembre a abril. Durante la temporada de lluvias; generalmente lluvia, nieve o granizo por la tarde o noche. Las capas de nieve pueden tener un espesor de hasta 15 cm. Durante la estación seca, las temperaturas son muy variables, con temperaturas diurnas que alcanzan los 15 °C, pero descienden rápidamente por la noche, acompañadas de heladas, a temperaturas cercanas a los 0 °C.

### 2.1.4. Geología

La estructura regional más importante es el Domo de Yauli (DY), que se extiende a lo largo de 35 km y de 10 a 15 km de ancho desde SuitucanCHA hasta la parte norte de Ticlio; La pendiente del ala oeste es de 45° a 70°. Horizontalmente, el Domo de Yauli es un gran anticlinal que consta de tres anticlinales, el anticlinal de Pomacocha en el oeste, el anticlinal de San Cristobal en el medio y el anticlinal de Ultimátum en el este.

La forma que ofrece Yauli Dome es alargada. De acuerdo con la orientación de los pliegues y fallas en el área andina, en la región central de esta ventana estructural apareció un "basamento paleozoico", mientras que ambos lados estaban cubiertos por sedimentos mesozoicos y cenozoicos. rocas como calizas de la Formación Pucaras, areniscas de la Formación Goyllarisquizga, calizas de las Formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha y capas rojas de la Formación Casapalca, finalmente indicadas por Diorita Anticona, Toromocho Cuarzo-Monzonita, Cuarzo "Ticlio"-monzonita plutónica roca, etc

### **Geología estructural**

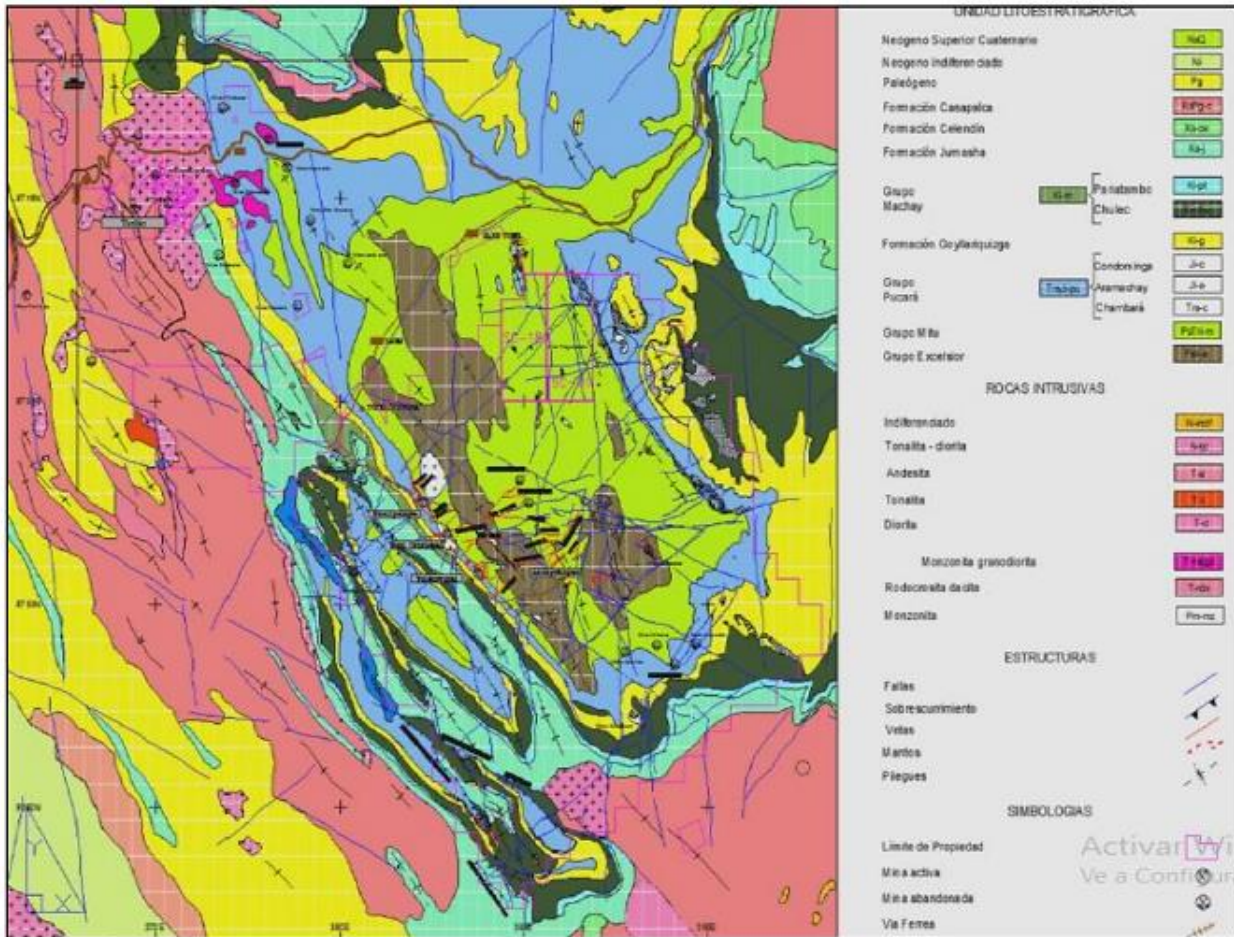
El área presenta varios pliegues y otras estructuras que son el resultado de la actividad tectónica que se ha producido. La estructura principal es el Domo de Yauli, un gran anticlinal de 35 km de largo y 10 a 15 km de ancho de SuitucanCHA al norte de Ticlio, azimut N40 °W. Tiene una forma asimétrica ya que el lado A tiene una pendiente de 30° a 40° y el lado W tiene una pendiente de 45° a 70°. Consta de tres anticlinales, el anticlinal de Pomacocha en el lado W, el anticlinal de San Cristóbal-Morocho en el medio y el anticlinal de Ultimátum en el lado E.

Existe un gran sistema estructural orientado N40°-50°W, con numerosos pliegues, cabalgamientos y fallas; conectado linealmente con el gran rumbo N120°E ubicado en el costado suroeste del Domo de Yauli y atravesado en diagonal, según imágenes satelitales, su trayectoria va desde la ciudad de Pachacayo hasta Casapalca, pasando por Andaichagva y Carahuacra, donde se encuentran los yacimientos más grandes de la zona . También se aprecian otros dos grandes sistemas estructurales, uno con orientación N60°–70°W con menor número de pliegues relacionados paralelos, y el otro con rumbo N50°–65°E y buzamiento 60°–80° SE provocado por la falla.

### **Geología regional**

Esta área muestra un domo de petróleo orientado a lo largo de los pliegues y grietas de los Andes. En la parte central de esta ventana tectónica aparece un "nido paleozoico", mientras

que los bordes están cubiertos por rocas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas, como calizas, como la Formación Pucará. , areniscas de la Formación Goyllarisquizga, Calizas Chuleca, Formación Pariatambo (Formación Machay), Formación Jumasha, y Capas Rojas de la formación Casapalca, que eventualmente fueron intruidas por rocas plutónicas tipo diorita Anticona, Cuarzo-Monfeldespato Ticlio”, etc. ver figura.

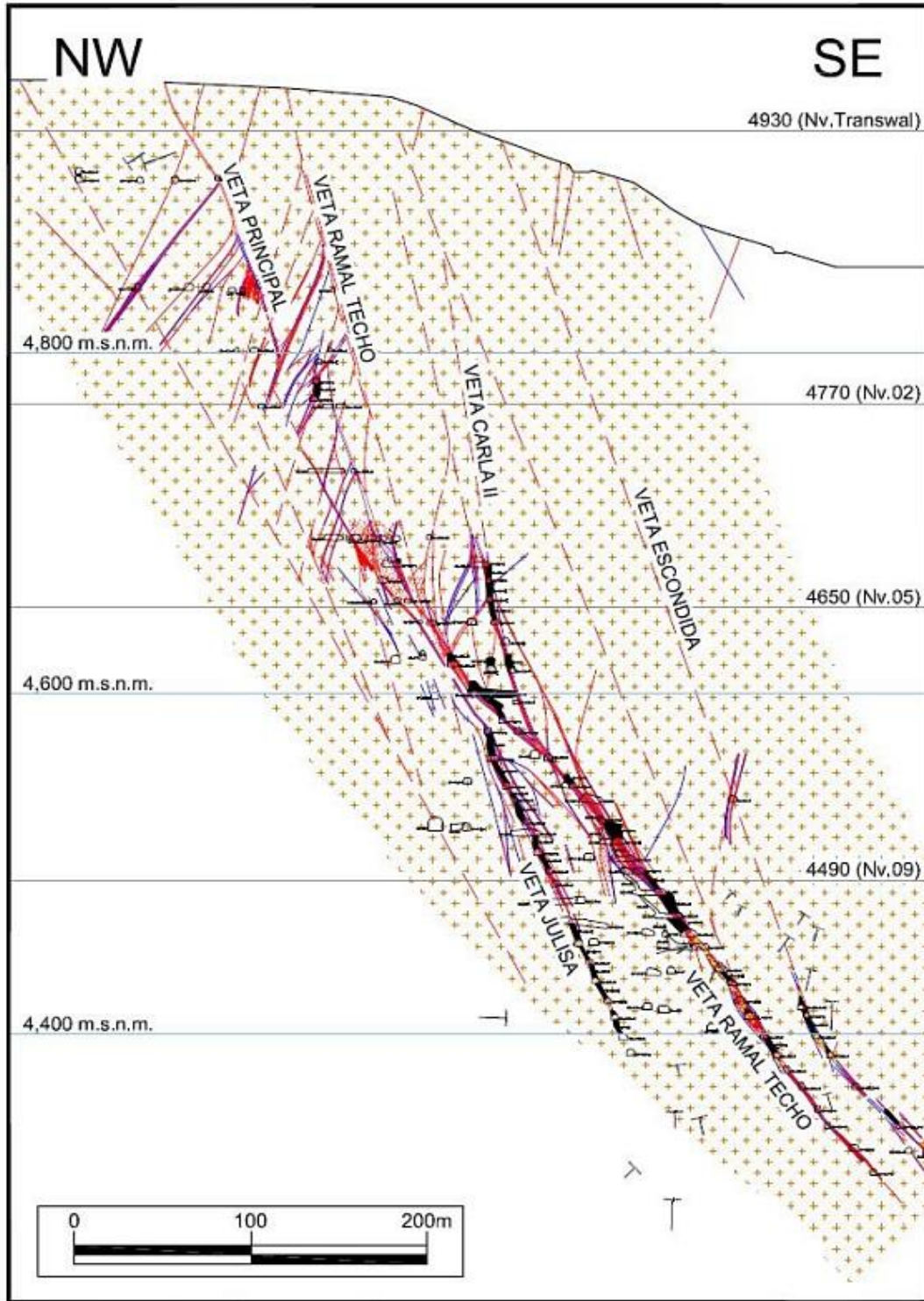


**Figura 2:** Mapa Regional Volcan Compañía Minera S. A. A.

### Geología local

Ticlio es un depósito hidrotermal caracterizado por vetas que se forman en vetas y se distribuyen alternativamente; en rocas calcáreas (contactos de intrusión de diorita - Jumasha Limestone, por ejemplo, Ariana Body); brecha de caliza silicificada (extremo suroeste, 5 capas, túneles de Huacracocha), manto de caliza de Jumasha (p. M. Adrián) y pequeños cuerpos de

pirita al sur del yacimiento, ambos resultantes del relleno de fracturas preexistentes en las calizas diorita y andesita y jumasha. Las vetas más importantes incluyen las vetas Ramal Techo, Principal, Julissa, Escondida, Giuliana, Kelly y algunas estructuras secundarias como las vetas Rosario y Milagro. Las vetas 254, 254-1, Kelly 1, Iris, Silvia, Pelusa y Blanca han sido identificadas mediante trabajo de campo y perforación, y finalmente la veta Andrea fue identificada a partir de afloramientos superficiales. La dirección principal de las vetas es de noreste a suroeste, y la intensidad varía de 0,10 m a 2,00 m (ocasionalmente hasta 3 m). Extensiones variables de hasta 1200m como las vetas Ramal Techo y Principal. En este tipo de veta se puede observar una gran cantidad de anillos de pilares explotados de manera incompleta y zonas de corte de buena resistencia. Forman un conjunto mineralógico de esfalerita-galena-ferdolomita, calcopirita, fosfopiroxeno, cobre gris, galena de plata-rodrosita-pirita-cuarzo y calcopirita moderadamente distribuido que está presente en el Nv inferior. 8 a Nv. 10 Nv Zona de brechas calcáreas silicificadas en el extremo suroeste. 5. El Túnel de Huacracocha muestra el relleno y distribución de esfalerita, galena, pirita, estibina y galena. Las zonas de cizalla asociadas con las vetas Ramal Techo y Principal han aumentado. Estas son formaciones similares a mantis en la parte superior y por encima de las vetas anteriores, que proyectan horizontes favorables en la piedra caliza Jumash. Su mineralogía consiste en esfalerita-galena-ferdolomita-rodrosita-pirita-cuarzo y calcopirita moderadamente diseminada.



**Figura 3:** Sección transversal Veta Ramal Techo.

## 2.2. Antecedentes de la investigación

Barreto C. (2017), en su trabajo “Optimización del Sistema de Bombeo – Construcción y Drenaje - Unidad Minera Antapaccay”, señala que: “Con el fin de optimizar el bombeo del agua de la balsa en el fondo del tajo de Antapaka, para que la mina pueda continuar, se realizaron investigaciones en nuevos sistemas de bombeo, construcción y drenaje; 22 trabajos realizados fueron preparación de tubería (tubería d= 14" y d=10"); ubicación y excavación de la piscina (ubicada en la zona más estable de la mina, no afecta la operación, grupo auxiliar excavado); la piscina está revestida con geonet, geotextil y geomembrana; seleccione Los cálculos de capacidad de las bombas de Gorman Rupp, Flygt MT, Zulser y Goulds Pumps se realizan mediante estudios de aplicación y se basan en el rendimiento. Los resultados alcanzados son los siguientes: Se eligieron bombas Flygt MT (104 kW, 87,92 kW necesarios para bombear agua de un nivel a otro) para el nuevo sistema de drenaje, bombas Gorman Rupp (205 kW para bombear agua Potencia necesaria para bombear agua de un piso a otro es de 178,09 kW), bomba Goulds (298 kW, la potencia necesaria para bombear agua de un piso a otro es de 225,48 kW) y bomba Sulzer (la potencia necesaria para bombear agua de un nivel a otro es de 139,4). kW para 250 kW”.

Rivas A. (2017), en su trabajo “Sistema de bombeo para el control de inundación en la Mina Socorro Nv. 3850 U.E.A. Uchucchacua ”; señala que: “Se espera que el diseño de las nuevas líneas de drenaje y la selección de sus respectivos equipos de bombeo contribuyan a la reducción de aguas subterráneas en las obras. Diseñe un sistema de bombeo con una capacidad de 480 l/s y una altura de presión estática de 140m y determine correctamente el equilibrio hidráulico del sistema: Nv. Puesta en marcha del sistema de bombeo de 480 l/s. 3850 a BGN. 3990, nos permitirá mover las bombas sumergibles en la mina Socorro, aumentando la capacidad de bombeo por debajo del Lv.3. 3850 años de extracción continua de mineral es más confiable”.

Rodriguez Y. (2014), en su trabajo “Mejoramiento del sistema de bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en Volcan Compañía Minera S.A.A- Unidad San Cristóbal” ; señala que: “Con este nuevo sistema tengo una disponibilidad del 96 % en comparación con el 74 % del sistema anterior, es decir, una mejora del 22 %. El consumo de energía en 24 horas del nuevo sistema es de 10.600,83 kW-h frente a los 12.940,87 kW-h del antiguo sistema. ahorra un 18% del consumo de energía”.

Franco J. (2015), en su trabajo “Optimización del sistema de bombeo de agua subterránea ,para satisfacer su demanda volumétrica, en Volcan Compañía Minera S.A.A. Unidad Chungar ,2015 ” señala que: “Esta tesis surge de la necesidad de cumplir con los requerimientos de volumen bombeado, generalmente se utiliza agua superficial (lagunas y ríos) como principal fuente de abastecimiento en la minería, pero el agua subterránea se utiliza solo en casos aislados y en su mayoría por elección. Por el contrario, debido al exceso de agua subterránea, algunas minas utilizan drenaje para facilitar la extracción; se suele bombear, aunque en casos excepcionales se evacua por gravedad a través de túneles. El método utilizado es analizar el funcionamiento actual del sistema de bombeo para luego proponer un esquema de optimización del sistema de bombeo. Por lo tanto, se instaló una bomba con una potencia de motor de 150 HP”.

## **2.3. Bases teóricas**

### **2.3.1. Sistema de bombeo.**

“Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos” (Hernandez, 2014).





**Figura 4:** Clasificación de las bombas. Fuente: Domínguez, G. (2016). Especificación de sistema de bombeo.

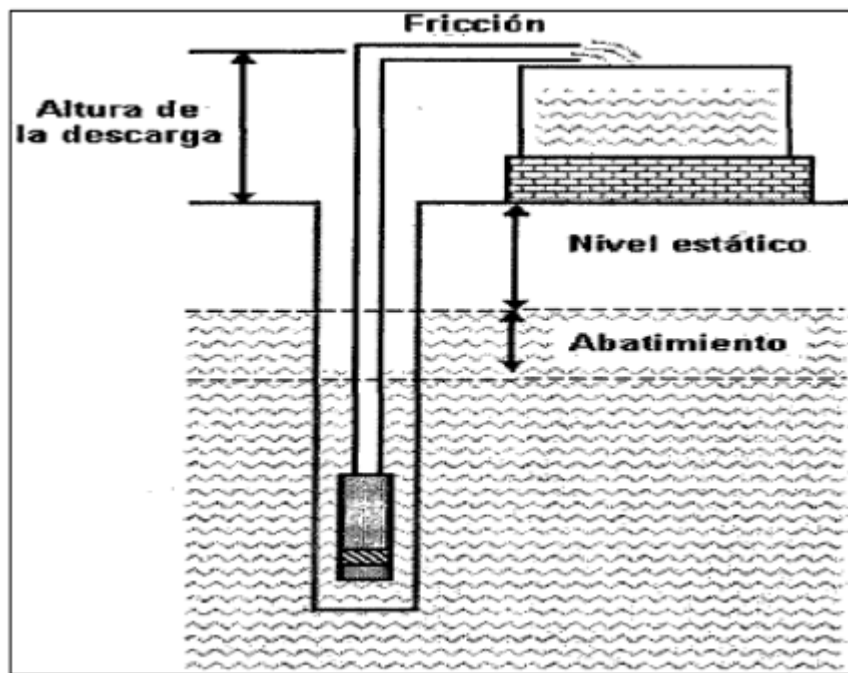
### 2.3.1.1. Características de los sistemas de bombeo

- ❖ Previamente, en la determinación de la dimensión de un sistema de bombeo de agua, se hace preciso conocer los conceptos descritos para las condiciones hidráulicas.
- ❖ La dimensión del sistema se encuentra relacionado con el producto de la carga dinámica total (CDT), así como el volumen diario necesario. La CDT es igual a la adición entre la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD).
- ❖ La carga estática se obtiene de mediciones directas, se define como la zona vertical, el agua se moviliza desde el nivel de abatimiento del pozo hacia la altura en que se libera el agua.

$$\text{Carga estática} = \text{abatimiento} + \text{nivel estático} + \text{altura de descarga}$$

El total de pozos se comprueban con el fenómeno de abatimiento al momento de bombear el agua, este es el espacio que baja el nivel del agua por la constante extracción de agua.

La Figura 5 muestra un mecanismo hidráulico que crea una carga estática. Las cargas dinámicas se consideran como el aumento de presión ocasionado por la resistencia al paso del agua debido a la rugosidad de la tubería y sus accesorios, tales como codos y válvulas, la rugosidad depende del material utilizado en la fabricación de la tubería, acero Las tuberías tienen más resistencia a la fricción que las tuberías de PVC y el diámetro de la tubería afecta la fricción, por lo que los tubos más estrechos tienen más resistencia..



**Figura 5:** Fundamentales Características y componentes hidráulicos.

Los cálculos de carga dinámica requieren determinar el espacio a través del cual fluirá el agua, desde el punto donde el agua ingresa a la bomba hasta la salida, más la distancia horizontal y la línea de material y el diámetro de la tubería.

### **2.3.1.2. Componentes de un sistema de bombeo**

Además de las tuberías que conectan los puntos inicial y final, la bomba, así como otros controles y válvulas dosificadoras, requieren transporte, almacenamiento y sedimentación.

- Bombas
- Caseta de Bombeo (Cuarto de Bombas)
- Cisterna de Bombeo o Tanque enterrado
- Equipo de Bombeo
- Grupo Generador de Energía y Fuerza motriz
- Tubería de Succión
- Tubería de Impulsión
- Válvulas de regulación y control
- Interruptores de máximo y mínimo nivel.

### **2.3.2. Selección de bombas**

#### **2.3.2.1. Parámetros adimensionales**

El proceso de selección de una bomba es similar a conceptualizar las dimensiones básicas en un proyecto. Comienza con Head, Flow y ANPA (Net Positive Suction Head) o su sigla en inglés NPSH. A partir del caudal y NPSH se determina el diámetro de entrada y la velocidad de giro, que debe limitarse a los valores reales o la gama de motores a utilizar. Dependiendo de la velocidad específica, se seleccionan tipos de máquinas axiales, híbridas o radiales y las dimensiones deben determinarse para un diámetro específico con productividad o rendimiento óptimos.

En este procedimiento incide el número de etapas o, en el caso de bombas radiales, el haber seleccionado una bomba con doble entrada, pues cambiará la velocidad específica.

### 2.3.2.2. Variables que inciden en la selección

Para bombear agua de un pozo se puede utilizar: Una bomba para exterior, debe tener un NPSH óptimo y ser autoaspirante, en caso contrario se debe instalar un sistema autoaspirable. Una bomba vertical con motor externo no tiene problemas de cavitación cuando la primera etapa está sumergida, pero la combinación de bombas es más difícil. bomba sumergible total. (Barreto, 2005)

El caudal y la altura, son algunos factores que influyen en la elección de la bomba:

- ❖ Donde se encuentra la bomba (posición), que afecta el NPSH y al cebado.
- ❖ El diámetro de las tuberías, estas determinaran las pérdidas de carga por ende el punto de operación.
- ❖ La disposición de las bombas (serie o paralelo). Sistema y límites de regulación.
- ❖ Bombeo de líquidos viscosos, los cuales afectan al punto de operación, así como la potencia.
- ❖ Bombeo de líquidos con sólidos en suspensión, en donde se necesitarán rodets especiales. Bombeo de líquidos corrosivos que requieran materiales o recubrimientos especiales.

El intervalo de ajuste también es un factor que afecta la pendiente de la curva característica. En el caso de grandes cambios de caudal, se busca la curva más horizontal. Sin embargo, si el caudal debe ser constante, se obtiene una curva vertical. Si la curva es horizontal conviene una máquina de menor velocidad específica, una centrífuga de doble aspiración y varias bombas en paralelo, y si la curva es vertical es mejor una máquina de mayor velocidad específica: una bomba híbrida o una bomba axial . bomba de flujo , en diferentes etapas y series.

### **2.3.3. Estaciones de bombeo de aguas residuales**

Según Ilaya Ayza (2010), una estación de bombeo consta de un complejo de bombas y los equipos auxiliares necesarios para el movimiento del agua, ya sea agua de lluvia o agua residual. Según la norma OS.040, es un conjunto de estructuras, equipos e instalaciones que pueden utilizar equipos de bombeo para elevar agua desde un nivel de agua inferior a un nivel de agua superior. La construcción es necesaria en los siguientes casos:

- ❖ Se cuenta con terreno plano y extenso, donde los colectores llegan a una profundidad mayor a los cuatro metros.
- ❖ En la elevación de aguas residuales con cotas bajas hacia áreas con elevaciones mayores.
- ❖ Permiten realizar la descarga por gravedad de las aguas residuales de colectores y emitirlas hacia las plantas de tratamiento.

### **2.4. Definición de términos básicos**

Control: “Un acto, objeto diseñado o sistema combinación de acto y objeto) destinado a evitar o mitigar un evento no deseado”.

Gestión de control crítico CCM: “Un proceso de gestión del riesgo de las muestras que implica un enfoque sistemático para garantizar que los controles críticos estén en su lugar y sean eficaces”.

Peligro: “Algo con el potencial de causar daño. En el contexto de las personas, bienes o el medio ambiente, un peligro es típicamente cualquier fuente de energía que, si se libera de forma no planificada, puede causar daños”

Control mitigador: “Un control que elimina o reduce las consecuencias del evento no deseado”.

Prevención de control: Un control que reduce la probabilidad de que un evento no deseado se produzca.

Riesgo: La posibilidad de que ocurra algo que tendrá un impacto en los objetivos. Normalmente se mide en términos de probabilidad de eventos y consecuencias.

Actividades de verificación: El proceso de verificación de la medida en que los requisitos de rendimiento establecidos para un control crítico están siendo cumplidos en la práctica. Los sistemas de gestión salud y seguridad de la empresa podrían utilizar una variedad de términos para las actividades de "verificación". Los términos comunes incluyen auditoría, revisión, seguimiento y monitoreo activo.

Inundación: Ocupación por parte del agua subterránea las zonas que habitualmente están libres de este elemento.

Desbordar: Acción de un elemento al salirse por encima de los bordes del recipiente que lo contiene.

Hidrología: Es una rama de las ciencias de la Tierra que estudia el agua, su ocurrencia, distribución, circulación, y propiedades físicas, químicas y mecánicas en los océanos, atmósfera y superficie terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

Caudal: Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, canal cerrado o abierto / cuneta) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

**Altura Geométrica:** En un sistema de bombeo, la altura geométrica es la altura física a la que debe bombearse el agua para alcanzar los puntos de consumo. La altura geodésica es la distancia vertical entre la bomba y el punto de agua o entre el punto de suministro y la aspiración de la bomba.

**Altura dinámica total (ADT):** Representado por la diferencia del nivel máximo de las aguas en el sitio de llegada (nivel máximo de descarga al reservorio) y el nivel dinámico del pozo incluido las pérdidas de carga totales (fricción y locales) desarrolladas durante la succión y descarga.

**Tuberías de HDPE:** Es un ducto de polietileno de alta densidad que tiene como finalidad conducir fluidos (líquidos o gases).

**Bomba Sumergible:** Es un equipo con la capacidad de sumergirse en un líquido. Las bombas sumergibles contienen el impulsor y su motor eléctrico sellado en su carcasa, que permite bombear el líquido en el que se encuentra sumergidas hacia el exterior.

**Cámara de Bombeo:** Es una zona diseñada y preparada para albergar las bombas, en las operaciones mineras subterráneas.

**Poza de bombeo:** Es una zona diseñada y preparada para acumulación de agua para su evacuación, en el cual sea el caso se instalan bombas sumergibles, cuenta con pendiente inclinada hacia un muro para permitir que en el fondo se acumulen lodos.

**Golpe de Ariete:** Es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. Este fenómeno se denomina "golpe de ariete" porque los aumentos repentinos de la presión suelen ir acompañados de un ruido semejante al que haría la tubería si se golpease con un martillo.

**Labor minera:** Es cualquier excavación realizada para explotar un yacimiento.

Reporte de Ocurrencia: Es el reporte que se da producto de eventos que ponen en riesgo la integridad de los trabajadores, equipos y medio ambiente (condiciones inseguras, caída de rocas, fallas de sostenimiento, equipos en mal estado, materiales defectuosos, reacomodos, crujidos o disparos de roca, actos inseguros, etc.).

Tabla Geomecánica GSI: Es la cartilla del Índice de Resistencia Geológica GSI que sirve para hacer la evaluación cualitativa y la caracterización geomecánica de los macizos rocosos, mediante la identificación visual de sus propiedades geológicas en el campo, como el grado de fracturamiento y de la resistencia y el grado de alteración de sus discontinuidades. Es usado para estimar el tipo de sostenimiento a utilizarse en la excavación minera según el tipo de roca que se califica.

Control de Calidad de Sostenimiento: Son las diversas pruebas que se realizan en las labores para verificar la correcta instalación de los elementos de sostenimiento y el cumplimiento de las especificaciones de su diseño.

Sistemas de Monitoreo: Son los diversos tipos de instrumentación que se utilizan para vigilar el comportamiento del macizo rocoso en el tiempo midiendo la convergencia y la deformación con frecuencia sistemática para predecir y tomar decisiones en el momento oportuno.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Método y alcance de la investigación

En la investigación se obtuvieron datos sobre El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) tiene como propósito eliminar o minimizar el potencial de accidentes mortales, lesiones e incidentes derivados de los riesgos asociados a una entrada de agua, gases o materiales que fluyen cuando están mojados e irrumpen en forma impetuosa y repentina en mina subterránea. El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) será utilizado junto con otros documentos aprobados relacionados con el control de las acumulaciones de agua en operaciones subterráneas. El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) describe el proceso desde el diseño, cálculo de la estabilidad del pilar, corona y la operación eficiente de las cámaras de bombeo, para evitar daños al personal, proteger a los equipos y la infraestructura de la mina, de los daños relacionados con la inundación y desborde de agua. El Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) garantiza la seguridad de las operaciones, la rentabilidad del negocio, el cumplimiento de las normativas gubernamentales vigentes, y la implementación de las mejores prácticas operativas y de seguridad en la operación de los sistemas de bombeo de agua en mina subterránea.

#### 3.2. Tipo de investigación

Oseda (2008) afirma que la naturaleza de la investigación es:

**Por propósito:** Aplicado porque queremos respetar y conocer las variables del proceso y por su carácter investigativo.

Este estudio corresponde a un enfoque cuantitativo y se aplica de acuerdo al propósito. Por lo tanto, se pretende demostrar conjuntamente las mejoras del sistema de bombeo eficiente

del agua de mina. Mejorar el proceso de planificación, diseño y toma de decisiones asociado al control de la gestión del agua en interior mina y superficie.

### **3.3. Nivel de la investigación**

La investigación corresponde al nivel descriptivo simple, dado que describe las funciones e identifica los parámetros hidráulicos para el diseño del sistema de bombeo que remejorara a la existente en la unidad minera Ticlio controlando la inundación de las aguas filtrantes en la mina Ticlio.

### **3.4. Método de investigación**

Dado que los datos y resultados obtenidos son datos numéricos provenientes de la recopilación de datos con base en herramientas estandarizadas, el método de investigación es un método científico con enfoque cuantitativo, lo que nos permite medir y demostrar su eficacia y confiabilidad.

### **3.5. Diseño de la investigación**

Es bien sabido que la indagación es un proceso de conocimiento planificado, deliberado, racional y crítico a través del cual se controlan las variables de indagación a medida que avanza hacia nuestros objetivos de manera lógica y sistemática. Una vez determinado el planteamiento del problema y el alcance del estudio, es necesario imaginar la forma más precisa de responder las preguntas de manera que cubran los objetivos de la investigación.

El diseño metodológico en el cual se basa este trabajo es el Descriptivo Simple, que busca recoger información actualizada sobre el objeto de investigación

### **3.6. Población y muestra**

#### **3.6.1. Población**

“La población representa al conjunto de elementos que comparten por lo menos una característica”. (HERNANDEZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010). “La población de la investigación fue todo el sistema de bombeo de interior mina de la unidad minera Ticlio”.

#### **3.6.2. Muestra**

“La muestra, parte representante de la población, de tal manera que los resultados que se obtienen en la muestra logren generalizar los elementos que conforman la población”. (HERNANDEZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

En esta investigación, la muestra estará conformada por: El sistema de bombeo del Nv. 3850 de la Mina Ticlio.

#### **3.6.3. Muestreo**

Es probabilístico porque la probabilidad de que todos los miembros de la población sean seleccionados de la muestra es mayor que 0. “Se utiliza como método el muestreo estratificado, ya que la población se reagrupa por tipo de cada aditivo y edad del hormigón”. (HERNANDEZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

### **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.1. Técnicas de recolección de datos**

La observación. Consiste en observar el proceso de dosificación del aditivo natural en el hormigón para su posterior análisis en laboratorio. (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

“Es una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre el objeto de investigación que tiene relación con el problema en cuestión. La observación permite obtener de datos próximos a cómo está funcionando el objeto de investigación en el presente”.

#### **3.7.2. Técnicas de análisis y procesamiento de datos**

“Los instrumentos son recursos utilizados por los investigadores para abordar problemas y fenómenos y extraer referencias: Entre ellos están los formularios en papel, dispositivos mecánicos y electrónicos utilizados para recopilar datos e información relacionada con problemas y fenómenos específicos”. (HERNANDÉZ , FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2010).

El instrumento que se utilizo es mediante fichas donde se consignaran datos de estudio.

#### **3.7.3. Procesamientos de datos**

Primero proponemos una prueba de hipótesis para iniciar un análisis estadístico que nos permita evaluar el impacto de agregar ceniza de palma en porcentajes de 0.5%, 1% y 2% con respecto al peso del cemento. Donde ese vera el tiempo de envejecimiento en función de si la adición mejoraba significativamente las propiedades de resistencia a la compresión y a la flexión, seguido de una prueba de normalidad de los resultados, estos fueron Shapiro Wilk, utilizada para pequeñas muestras con menos de 50 datos, o la prueba de Kolmogorv-Smirnov, aplicada para muestras grandes bajo los criterios de aceptación de la hipótesis nula. El valor p es inferior a 0,05.

### **3.8. Equipos utilizados de recolección y procesamiento de datos**

#### **3.8.1. Equipos utilizados en la recolección de datos**

Para la toma de datos en el laboratorio, se hizo uso de la prensa. Debe estar calibrado y cumplir con la norma ASTM E 4, como se muestra en la Figura 9 a continuación.

#### **3.8.2. Programas utilizados para el procesamiento de datos**

Mediante hojas de calculo Excel se realizara el proceso para los datos obtenidos de la recopilación de información.

### **3.9. Desarrollo de la investigación**







#### **3.9.1. Caracterización del maciso rocoso**

De acuerdo a la NTP y las consideraciones de la ISRM, existen procedimientos para llevar a cabo la caracterización del maciso rocoso, en este caso la mina se divide principalmente en dos dominios predominantes: Zona E y Zona W. En ambas zonas se han ejecutado la recolección de información geotécnica, ensayos, procesamiento de datos y análisis para determinar la Zonificación geomecánica correspondiente.

#### **Clasificación Geomecánica**

La clasificación del macizo rocoso se realizó utilizando los criterios de Bieniawski 1989 (RMR - Rock Mass Class). Los valores de presión de roca intacta se obtienen de acuerdo con procedimientos estandarizados para mediciones de presión de roca intacta. Por un lado, los valores de designación de calidad de roca (RQD) se determinan a partir de registros de discontinuidad lineal utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1976), donde el principal parámetro de entrada es la frecuencia de discontinuidad de calibre lineal; por otro lado, están determinados por las mediciones directas de Nosak de núcleos de perforación diamantina. Para clasificar los macizos rocosos, esta evaluación utiliza el criterio modificado de Bieniawski (1989), con el rango equivalente de Barton Q (1974) mostrado en la tercera columna.

La última columna de la siguiente tabla enumera los códigos de color de Mina Ticlio utilizados para identificar los macizos rocosos de diferente calidad en el área evaluada.

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR	Color
II	> 60	> 5.92	Buena	
IIIA	51 – 60	1.95 – 5.92	Regular A	
IIIB	41 – 50	0.64 – 1.95	Regular B	
IVA	31 – 40	0.21 – 0.64	Mala A	
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B	
V	< 21	<0.08	Muy Mala	

### Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua influye en las condiciones de estabilidad y en la calidad de la masa rocosa. Su principal efecto es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y por tanto disminuyendo el factor de seguridad o grado de estabilidad. Para la Zona W, La presencia de agua se manifiesta en algunos tramos como zonas mojadas, con goteo continuo y hasta flujos mayores. Las cuales estarán asociadas al minado de la Veta Ramal Techo, en este caso se ha tomado la valoración de “goteo”, lo cual ha rebajado la calidad de la masa rocosa. Para la Zona E, esta se manifiesta en algunos tramos como zonas húmedas a mojadas. Las cuales estarán asociadas al minado de la Veta Ramal Techo, en este caso se ha tomado la valoración de “mojado” que se va a considerar en la calidad de la masa rocosa. De manera genérica, a partir de la hidrología proporcionada, manifiesta que se estima que el caudal de extracción este en el rango de 450 l/s, estando en el promedio que se registra en la extracción anual de caudal que es aproximadamente 450 l/s.

### 3.9.2. Control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio-Volcán S.A.A. 2022.

#### 3.9.2.1. Gestión del sistema de bombeo

El sistema de bombeo de las aguas de filtración y las generadas por la operación están divididas en cámaras secundarias y cámaras principales de bombeo.

### **Cámaras principales de bombeo**

Conformadas por cámaras de bombeo ubicadas en el Nv 5, Nv 10, y Nv 11, estas estaciones de bombeo concentran el total del caudal de las cámaras secundarias en cada nivel, la estación de bombeo del Nv 5 tiene bombas de marca/modelo KSB,WKL 150/4, la del Nv 10 con bombas marca/modelo GIW, LSA-6X8 - 25.3FS - F y en el Nv 11 se tiene bombas de marca KSB, modelo WKL y diámetro nominal 150/4.

El siguiente cuadro muestra la ubicación, tipo de bombas instaladas y sus características.

ITEM	MARCA	MODELO	DIAMETRO NOMINAL	CARACTERISTICAS	POTENCIA HP	PESO Kg	RPM	
<b>BOMBAS ESTACIONARIAS NV_5</b>								
1	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500	
2	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500	
3	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500	
4	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500	
5	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500	STAND BY
<b>BOMBAS ESTACIONARIAS NV_10</b>								
1	GIW	LSA	6X8 25.3 FS -F	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	1785	TREN 1
2	GIW	LSA	6X8 25.3 FS -F	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	1785	
3	GIW	LSA	6X8 25.3 FS -F	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	1785	
4	GIW	LSA	6X8 25.3 FSLNBMA/4M	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	940	TREN 2 STAND BY
5	GIW	LSA	6X8 25.3 FSLNBMA/4M	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	940	
6	GIW	LSA	6X8 25.3 FSLNBMA/4M	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	940	
<b>BOMBAS ESTACIONARIAS NV_11</b>								
1	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	450	916	1750	

2	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	450	916	1750
---	-----	-----	-------	--------------------------	-----	-----	------



## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

Se diseñó un concreto con un  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando el método ACI 211, este se rige por tablas que se basan bajo el principio del módulo de fineza y emplea agregados que cumplen con las ASTM C-33.

##### **4.1.1. Elaborar los estudios básicos que permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.**

Los estudios principales o básicos para el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022 se desarrollaron a partir de una clasificación geomecánica para definir parámetros de resistencia de la roca, calidad, estabilidad., etc.







##### **4.1.1.1. Geomecánica**

La mina se divide principalmente en dos dominios predominantes: Zona E y Zona W. En ambas zonas se han ejecutado la recolección de información geotécnica, ensayos, procesamiento de datos y análisis para determinar la Zonificación geomecánica correspondiente.

##### **Clasificación Geomecánica**

La clasificación del macizo rocoso se realizó utilizando los criterios de Bieniawski 1989 (RMR - Rock Mass Class). Los valores de presión de roca intacta se obtienen de acuerdo con procedimientos estandarizados para mediciones de presión de roca intacta. Por un lado,

los valores de Rock Quality Designation (RQD) se determinan a partir del registro lineal de discontinuidad utilizando la relación propuesta por Priest & Hudson (1976) donde el principal parámetro de entrada es la frecuencia de discontinuidad del metro lineal; por otro lado, están determinados por las mediciones directas de Nosak de núcleos de perforación diamantina. Para clasificar los macizos rocosos, esta evaluación utiliza el criterio modificado de Bieniawski (1989), con el rango equivalente de Barton Q (1974) mostrado en la tercera columna. La última columna de la siguiente tabla enumera los códigos de color de Mina Ticlio utilizados para identificar los macizos rocosos de diferente calidad en el área evaluada.

Tipo de roca	Rango RMR	Rango Q	Calidad según RMR	Color
II	> 60	> 5.92	Buena	
IIIA	51 – 60	1.95 – 5.92	Regular A	
IIIB	41 – 50	0.64 – 1.95	Regular B	
IVA	31 – 40	0.21 – 0.64	Mala A	
IVB	21 – 30	0.08 – 0.21	Mala B	
V	< 21	<0.08	Muy Mala	

### Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua influye en las condiciones de estabilidad y en la calidad de la masa rocosa. Su principal efecto es la presión que ejerce en las discontinuidades, disminuyendo la resistencia al corte y por tanto disminuyendo el factor de seguridad o grado de estabilidad. Para la Zona W, La presencia de agua se manifiesta en algunos tramos como zonas mojadas, con goteo continuo y hasta flujos mayores. Las cuales estarán asociadas al minado de la Veta Ramal Techo, en este caso se ha tomado la valoración de “goteo”, lo cual ha rebajado la calidad de la masa rocosa. Para la Zona E, esta se manifiesta en algunos tramos como zonas húmedas a mojadas. Las cuales estarán asociadas al minado de la Veta Ramal Techo, en este caso se ha tomado la valoración de “mojado” que se va a considerar en la calidad de la masa rocosa. De manera genérica, a partir de la hidrología proporcionada,

manifiesta que se estima que el caudal de extracción este en el rango de 450 l/s, estando en el promedio que se registra en la extracción anual de caudal que es aproximadamente 450 l/s.

### **Dominios estructurales**

Las características estructurales de las discontinuidades, para la Zona W, fueron registradas en los mapeos geotécnicos las cuales se detallan a continuación:

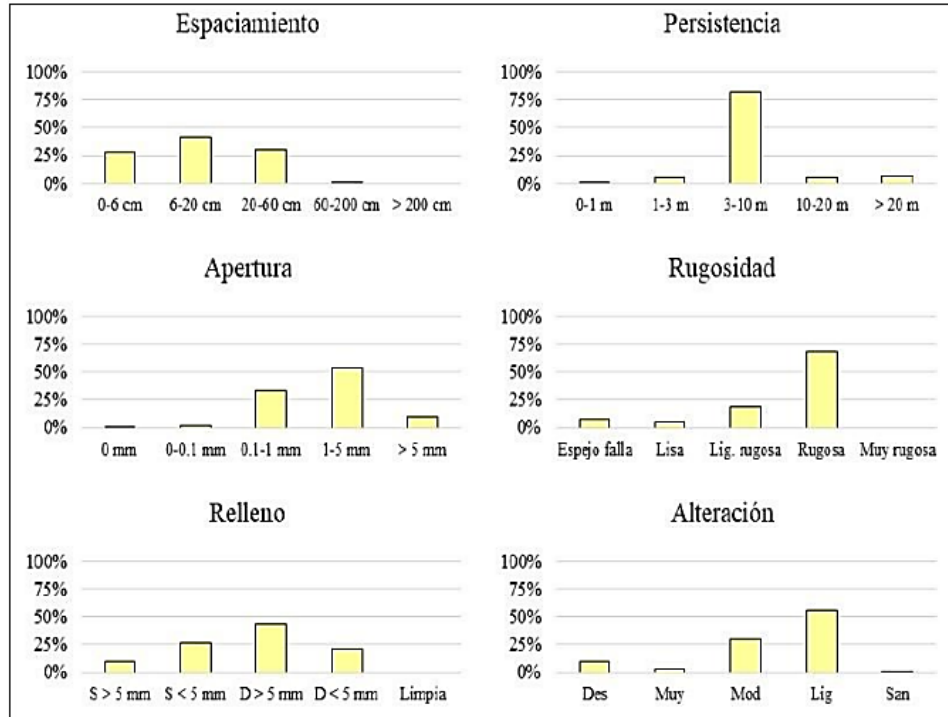
- ❖ Fallas: “Las fallas tienen espaciamientos de 1 a 2.5 m, la persistencia es de decenas de metros, la apertura es de 1 a 5 mm, las superficies de las caras son lisas con espejos de falla, presentando reactivaciones. Estas estructuras están rellenas con materiales de panizo, brechas, materiales oxidados y arcillas, el espesor de estos rellenos varía entre 50 cm y 1 m. Las fallas constituyen lugares por donde ocurren las infiltraciones de agua. El área de influencia de las fallas alcanza hasta 1.5 m de espesor”.
- ❖ Estratos: “Los espaciamientos varían entre 6 a 20 cm, la persistencia de 3 a 10 m o hasta mayor de 10m, la apertura es menor a 5 mm, la rugosidad de las paredes es ligera, el relleno es suave con espesores menores de 5 mm. Las superficies de los estratos están moderadamente alteradas, y las condiciones de agua subterránea son de mojadas hasta goteos locales”.
- ❖ Diaclasas: “Tienen las siguientes características estructurales: espaciamiento varía generalmente entre 6 a 10 cm y localmente < 6 cm y también > 10 cm, la persistencia es menor a 3 m, la apertura es menor a 1 mm, la rugosidad de las paredes es ligera, el relleno es suave con espesores menores de 5 mm, las superficies de las discontinuidades están ligeramente a moderadamente alteradas y las condiciones de agua subterránea son de mojada a goteo local así como presencia de humedad solamente en algunos sectores”.

Mientras que, para la Zona E, las características estructurales de las son las siguientes:

- ❖ Fallas: “Las fallas tienen espaciamientos de 0.5 a 1.0 m, la persistencia es de decenas de metros, la apertura es de 1 a 5 mm, las superficies de las caras son lisas con espejos de falla, presentando reactivaciones. Estas estructuras están rellenas con materiales de panizo, brechas, materiales oxidados y arcillas, el espesor de estos rellenos varía entre 50 cm. y 1m. El área de influencia de las fallas alcanza hasta 1.5 m de espesor”.
- ❖ Diaclasas: “Tienen las siguientes características estructurales: espaciamiento varía generalmente entre 6 a 10 cm y localmente < 6 cm y también > 10 cm, la persistencia es menor a 3 m, la apertura es menor a 1 mm, la rugosidad de las paredes es rugosa, el relleno es suave con espesores menores de 5 mm, las superficies de las discontinuidades están ligeramente a moderadamente alteradas y las condiciones de agua subterránea son de húmedo a mojado local”.

Para establecer las características de la distribución de discontinuidades, se procesaron los datos de orientación mediante técnicas estereográficas, utilizando la versión avanzada del programa de cómputo DIPS, del programa Rocscience.

Los resultados de las características de distribución de las discontinuidades estructurales se presentan en la siguiente figura.



### Características de las juntas.

Durante el mapeo geotécnico, se han registrado datos en las rocas encajonantes y en el cuerpo mineralizado. Se ha realizado un análisis y lo más representativo para ser tomado como arreglo estructural de la masa rocosa en la Zona W, Zona E, obteniendo los siguientes resultados:

#### ❖ Sistemas zona Oeste

Los sistemas principales son: el sistema 1 con rumbo NE y buzamiento alto hacia el SE; el Sistema 2 con rumbo NWW y buzamiento bajo al S y el Sistema 3 con rumbo NNW y buzamiento alto al W. Los sistemas secundarios son: el Sistema 4 con rumbo NNE y buzamiento bajo al SE y el Sistema 5 con rumbo NW y buzamiento medio al NE.

#### ❖ Sistemas zona Centro

Los sistemas principales son: el Sistema 1 con rumbo NE y buzamiento alto al SE; el Sistema 2 con rumbo NW y buzamiento alto al NE y el Sistema 3 con rumbo NE y buzamiento alto al NW. Los sistemas secundarios: el Sistema 4 con rumbo al NE y buzamiento bajo al NW.

❖ **Sistemas zona Este**

Los sistemas principales son: el Sistema 1 con rumbo NNE y Buzamiento alto al SE; el Sistema 2 con rumbo al NW y buzamiento alto al NE y el Sistema 3 con rumbo NNE y buzamiento alto al NW. Lo sistemas secundarios son: el Sistema 4 y Sistema 5 con rumbos al NW y NNE y buzamientos al SW y NW respectivamente.

**Tabla 2:** Sistemas de discontinuidades estructurales por zona

Zona	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
Oeste	N49°E/59°SE	N87°W/26°SW	N01°W/67°SW	N72°E/21°NW	N58°W/50°NE
	139°/59°	183°/26°	269°/67°	342°/21°	032°/50°
Centro	N57°E/62°SE	N57°W/64°NE	N42°E/77°NW	N47°E/27°NW	N22°W/63°SW
	147°/62°	033°/64°	312°/77°	317°/27°	248°/63°
Este	N62°E/63°SE	N57°W/69°NE	N13°E/78°NW	N55°W/67°SW	N65°E/70°NW
	152°/63°	033°/69°	283°/78°	215°/67°	335°/70°

**Criterio de rotura del macizo rocoso**

“Los parámetros de resistencia del macizo rocoso se determinaron aplicando el criterio de rotura de Hoek & Brown (2002 - 2006) con la ayuda de Rocscience. Para ello se tomaron los valores más representativos de la roca intacta, así como también la resistencia compresiva uniaxial y la constante “mi” de la roca intacta obtenida en los ensayos de laboratorio”.

Para la obtención de los parámetros del macizo rocoso se empleó el criterio de rotura definido por Hoek y Brown (Practical estimates of rock mass strength 1997), basados en el

índice geológico de Resistencia (GSI), para lo cual Hoek y Brown proponen la siguiente relación:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

RMR89, el RMR valora con 15 para el agua subterránea y la corrección por discontinuidades igual a 0. A partir de esta formulación se obtuvieron los valores de GSI, los que sumados a los resultados de ensayos de laboratorio permiten la obtención de las constantes del macizo rocoso, aplicando el criterio de rotura de Hoek – Brown (E. Hoek, C. Carranza-Torres and B. Corkum 2002).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + S \right)^a$$

Donde:

$\sigma'_1$ : Tensión principal mayor efectiva (MPa).

$\sigma'_3$ : Tensión principal menor efectiva (MPa).

$\sigma_{ci}$ : Resistencia a la compresión de la roca intacta (MPa).

$m_b$ : Valor reducido de la constante de material  $m_i$ .

$s$ : Constantes de la masa rocosa.  $a$ : Constantes de la masa rocosa. Para la Zona W, se identifican principalmente dos tipos de litologías: Mineral y Caliza (roca encajonante).

### **Resistencia de la masa rocosa**

Los parámetros de resistencia de la masa rocosa fueron estimados mediante el criterio de falla de Hoek & Brown (2002), además, para estimar el módulo de deformación de la masa rocosa se empleó la ecuación de Hoek & Diederichs (2006). El procesamiento de los datos se realizó con el programa RocData (2017) de Rocscience Inc.

Para la aplicación de los 2 criterios mencionados, los valores más representativos de la roca intacta y de la masa rocosa se han estimado de la siguiente manera:

- ❖ GSI, a partir de los resultados obtenidos de la zonificación geomecánica
- ❖ UCS, a partir de los resultados de los ensayos de campo y laboratorio
- ❖  $m_i$ , a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de compresión triaxial
- ❖ D, a partir de las observaciones realizadas de campo
- ❖ MR, a partir de las guías de selección Hoek & Diederichs (2006)

Veta/ Litología	DE	GSI	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$	$E_i$ (GPa)	MR	$m_b$	s	a	$E_{mr}$ (MPa)	Poisson $\nu$
- R.T.Oeste - Techo - Contacto (caliza y mineral)	IIIA	55	2.80	100	12	50	500	2.406	0.00674	0.5040	20414	0.33
	IIIB	45	2.80	60	12	30	500	1.683	0.00222	0.5081	6710	0.34
	IVA	35	2.80	35	12	17.5	500	1.178	0.00073	0.5159	1985	0.35
	IVB	25	2.80	20	12	10	500	0.824	0.00024	0.5313	599	0.38
	V	15	2.80	10	12	5	500	0.576	0.00008	0.5611	182	0.41
- R.T.Este - Kelly (diorita y mineral)	II	65	2.65	120	25	48	400	7.163	0.02047	0.5020	30323	0.32
	IIIA	55	2.65	90	25	36	400	5.011	0.00674	0.5040	14698	0.33
	IIIB	45	2.65	60	25	24	400	3.506	0.00222	0.5081	5368	0.34
	IVA	35	2.65	40	25	16	400	2.453	0.00073	0.5159	1815	0.35



Tabla 3: Tabla GSI calculada para mina Ticlio

VOLCAN COMPANIA MINERA S.A.S. UNIDAD MINERA TICLIO		CARTILLA GEOMECANICA Versión: 1.0 Fecha: Enero 2019																											
<table border="1"> <tr><th>Tipo Roca</th><th>RMR</th></tr> <tr><td>I</td><td>&gt; 81</td></tr> <tr><td>II</td><td>61-80</td></tr> <tr><td>III - A</td><td>51-60</td></tr> <tr><td>III - B</td><td>41-50</td></tr> <tr><td>IV - A</td><td>31-40</td></tr> <tr><td>IV - B</td><td>21-30</td></tr> <tr><td>V</td><td>0-20</td></tr> </table>	Tipo Roca	RMR	I	> 81	II	61-80	III - A	51-60	III - B	41-50	IV - A	31-40	IV - B	21-30	V	0-20	<b>CLASIFICACION GSI/RMR</b> Sostnimiento Inmediato Metro Avanzado Metro Sostenido	<b>CONDICION SUPERFICIAL</b> BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B) BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B) BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (B) DISCONTINUIDADES REDUCIDAS, LEV. ALTERNADA MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA (R <sub>s</sub> > 100 a 250 N/m <sup>2</sup> ) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE LA PIEDRA)	REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (R) REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) (R) DISCONTINUIDADES LIGAS, MODERADAMENTE ALTERNADA (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE LA PIEDRA)										
Tipo Roca	RMR																												
I	> 81																												
II	61-80																												
III - A	51-60																												
III - B	41-50																												
IV - A	31-40																												
IV - B	21-30																												
V	0-20																												
<b>CONDICION ESTRUCTURA</b> LEVEMENTE FRAGMENTADA (LF) TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (R <sub>0</sub> 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO)	MODERADAMENTE FRAGMENTADA (F) MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (R <sub>0</sub> 50 - 75) (7 A 12 FRACT. POR METRO)	MUY FRAGMENTADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (R <sub>0</sub> 25 - 50) (13 A 20 FRACT. POR METRO)	INTENSAMENTE FRAGMENTADA (IF) PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (R <sub>0</sub> 0 - 20) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)																										
TRITURADA O RELLENO (T) LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTTA CON UNA MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGRGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN R <sub>0</sub> )	<b>MARTILLO DE GEOLOGO</b>	<b>FLEXOMETRO</b>	POBRE (MODERADAMENTE RESIST., LEVEMENTE ALTERNADA) (P) POBRE (MODERADAMENTE RESIST., LEVEMENTE ALTERNADA) (P) RILLENOS COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA PANZO (R <sub>s</sub> 20 a 50N/m <sup>2</sup> ) SE INCIENTA SUPERFICIALMENTE																										
MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERNADA) (MP) MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERNADA) (MP) RILLENOS DE ANCLAS BLANDAS (R <sub>s</sub> < 20 N/m <sup>2</sup> ) (SE DESHIEGA O INCIENTA PROFUNDAMENTE)	<b>LABOR PERMANENTE</b> Labor permanente > 1 años Tipo Roca Clasificación GSI Condición superficial Sección de la Labor (m) Excavaciones hasta 4.50m P1 P2 P3 P4 P5 P6* NO EXCAVAR	<b>LABOR TEMPORAL</b> Labor temporal <= 1 años Tipo Roca Clasificación GSI Condición Estructura Sección de la Labor (m) Excavaciones hasta 4.50m T1 T2 T3 T4 T5 T6 P6	<b>Tipo de Sostnimiento</b> <table border="1"> <tr><th>Cod.</th><th>Descripción del Sostnimiento</th></tr> <tr><td>P1</td><td>Perno de anclaje ocasional</td></tr> <tr><td>P2</td><td>Perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m + Malla electrosoldada</td></tr> <tr><td>P3</td><td>SHFR 2'(25 Kg/m<sup>3</sup>) + perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m</td></tr> <tr><td>P4</td><td>SHFR 2'(30 Kg/m<sup>3</sup>) + perno de anclaje sist. 1.20m x 1.20m</td></tr> <tr><td>P5</td><td>SHFR 2'(40 Kg/m<sup>3</sup>) + P2 (1.20x1.20m) + SH de 1" cubriendo la malla</td></tr> <tr><td>P6</td><td>SHFR 2'(30 Kg/m<sup>3</sup>) + Cimbra metálica viga H6 espaciada a 1.20m</td></tr> <tr><td>T1</td><td>Perno de anclaje ocasional</td></tr> <tr><td>T2</td><td>Perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m + Malla electrosoldada</td></tr> <tr><td>T3</td><td>Perno de anclaje sist. 1.30m x 1.30m + Malla electrosoldada</td></tr> <tr><td>T4</td><td>SHFR 2'(25 Kg/m<sup>3</sup>) + perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m</td></tr> <tr><td>T5</td><td>SHFR 2'(30 Kg/m<sup>3</sup>) + perno de anclaje sist. 1.20m x 1.20m</td></tr> <tr><td>T6</td><td>T6 + Malla electrosoldada + SH de 1" cubriendo la malla</td></tr> </table>	Cod.	Descripción del Sostnimiento	P1	Perno de anclaje ocasional	P2	Perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m + Malla electrosoldada	P3	SHFR 2'(25 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m	P4	SHFR 2'(30 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.20m x 1.20m	P5	SHFR 2'(40 Kg/m <sup>3</sup> ) + P2 (1.20x1.20m) + SH de 1" cubriendo la malla	P6	SHFR 2'(30 Kg/m <sup>3</sup> ) + Cimbra metálica viga H6 espaciada a 1.20m	T1	Perno de anclaje ocasional	T2	Perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m + Malla electrosoldada	T3	Perno de anclaje sist. 1.30m x 1.30m + Malla electrosoldada	T4	SHFR 2'(25 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m	T5	SHFR 2'(30 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.20m x 1.20m	T6	T6 + Malla electrosoldada + SH de 1" cubriendo la malla
Cod.	Descripción del Sostnimiento																												
P1	Perno de anclaje ocasional																												
P2	Perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m + Malla electrosoldada																												
P3	SHFR 2'(25 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m																												
P4	SHFR 2'(30 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.20m x 1.20m																												
P5	SHFR 2'(40 Kg/m <sup>3</sup> ) + P2 (1.20x1.20m) + SH de 1" cubriendo la malla																												
P6	SHFR 2'(30 Kg/m <sup>3</sup> ) + Cimbra metálica viga H6 espaciada a 1.20m																												
T1	Perno de anclaje ocasional																												
T2	Perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m + Malla electrosoldada																												
T3	Perno de anclaje sist. 1.30m x 1.30m + Malla electrosoldada																												
T4	SHFR 2'(25 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.50m x 1.50m																												
T5	SHFR 2'(30 Kg/m <sup>3</sup> ) + perno de anclaje sist. 1.20m x 1.20m																												
T6	T6 + Malla electrosoldada + SH de 1" cubriendo la malla																												
La longitud de los pernos está en función a la recomendación geomecánica de acuerdo a la sección de cada labor, para labores superiores a 4.50m se realizará la evaluación y recomendación de sostenimiento.			<b>FACTORES INFLUYENTES</b> FLUJO DE AGUA ESFUERZOS INDUCIDOS VOLADURA DEFICIENTE PRESENCIA DE FALLAS SIN FACTORES INFLUYENTES CON FACTORES INFLUYENTES (B) (C)																										
IMPORTANTE: * Cualquier modificación o combinación del sostenimiento se realizará bajo evaluación y recomendación del Área de Geomecánica. El sostenimiento de intersecciones es de acuerdo al estándar.																													

### Modelo de Funcionamiento Hidrodinámico

En la Unidad Minera Iscaycruz el funcionamiento hidrodinámico en el entorno próximo a las labores subterráneas se puede establecer la existencia de 02 sistemas de funcionamiento hidrogeológico diferenciables.

- ❖ Un sistema de carácter sub-superficial, el cual implica a los materiales de carácter no confinado y primeros metros de roca meteorizada y altamente fracturada (<100m). En el cual se tienen relaciones entre aguas subterráneas someras y aguas superficiales, así como con los principales cuerpos (lagunas,

humedales, quebradas) sobre el que se dispone la infraestructura superficial para el minado del Tajo Santa y depósitos de desmonte.

- ❖ Un sistema profundo, hidráulicamente desconectado del anterior en el entorno de las labores de los sectores Chupa, Limpe y Tinyag, el cual ha sido generado por el drenaje (bombeo) sostenido durante la operación en las labores subterráneas.

Los regímenes de flujo de agua subterránea en el área de estudio siguieron patrones similares observados en otros ambientes altoandinos en Perú. Esto significa que el flujo de agua subterránea está fuertemente influenciado por la topografía, con recarga vertical y reducción del flujo vertical principalmente en las montañas altas, mientras que los gradientes verticales de descarga de agua subterránea aumentan en el fondo de los ríos Pucayaku y Cochaquiyo y otros. o roto.

Entonces, el movimiento del cuerpo de agua, o hidrodinámica, es obviamente el movimiento de la gravedad desde la elevación donde ocurre la mayor recarga hasta el área de elevación más baja (suelo del valle) donde fluye el agua de escorrentía y se captura más. El agua subterránea fluye a través de grandes grietas y sus conexiones.

En general, el principal volumen de acceso a los túneles e instalaciones subterráneas será la intersección con las principales fracturas de desvío de la mina. El resto del flujo se fusionará en túneles con un carácter de matriz que depende menos del volumen y siempre depende de la permeabilidad (generalmente baja) de toda la roca atravesada, incluidas las pequeñas grietas. El hecho de que las fracturas sean las principales vías para el agua no significa que el agua no fluya a través de las rocas. Lo es, pero en menor medida y en cantidades insignificantes debido a su baja permeabilidad.

En base a la información recogida de aforos e infiltraciones en las labores realizados por Amphos en los trabajos de campo descritos, se pudo definir un comportamiento subterráneo poco estacional, con escasa relación con el sistema superficial. (La evolución histórica del drenaje de los sectores de mina: Mina Limpe presentó un caudal de bombeo para drenaje histórico que con oscilaciones estacionales se ha mantenido aproximadamente en 80 L/s desde el año 2010, con picos que llegaron hasta los 110 L/s. Mina Chupa en el 2010 tenía caudales de 50 L/s, que paulatinamente se incrementaron hasta llegar a 80 L/s máximos a mediados del año 2015. Finalmente, el sector de labores de Tinyag presentó los menores caudales de bombeo hasta valores aproximados de 8 L/s previos a su inundación).

Con respecto a las propiedades hidráulicas de los materiales de la microcuenca estudiados, los diversos tipos de rocas son los materiales menos permeables, por lo que el movimiento del flujo de agua subterránea ocurre en capas y grietas asociadas (especialmente en las partes poco profundas meteorizadas del tipo de roca). Por otro lado, dependiendo de la naturaleza de las grietas de desvío, pueden existir corrientes profundas con tiempos de tránsito más largos que forman corrientes subterráneas más profundas separadas de la superficie. El estudio de la estructura del área, utilizando múltiples estaciones geomecánicas, permitió determinar el diferente comportamiento entre los grupos litológicos involucrados.

Se generaron perfiles hidrogeológicos funcionales a partir de una conceptualización donde se puede observar el comportamiento del flujo en tipos de rocas (profundas) así como plásticos y meteorización del Cuaternario superficial. Estos perfiles se basan en datos de manometría registrados en la región Amphos 21. Las secciones hidrogeológicas A-A', BB' y C-C' ilustran la diferencia entre los dos sistemas hidrogeológicos ya mencionados, la presencia hidrogeológica somera en las clases cuaternario y los primeros metros en el sistema de superficie de roca erosionada; otra capa profunda separada de la superficie alrededor de los mineros por la desaturación paulatina del macizo y la excavación de túneles y galerías con

flujo preferencial a través de las fracturas. En los sistemas superficiales, el flujo de agua está fuertemente influenciado por la topografía, la recarga y el flujo vertical pendiente abajo, principalmente en las áreas montañosas superiores, mientras que el agua subterránea en los valles drena en acuíferos compuestos de material aluvial.

#### **4.1.2. Analizar las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.**

##### **4.1.2.1. Gestión del sistema de bombeo**

El sistema de bombeo de las aguas de filtración y las generadas por la operación están divididas en cámaras secundarias y cámaras principales de bombeo.

##### **Cámaras principales de bombeo**

Conformadas por cámaras de bombeo ubicadas en el Nv 5, Nv 10, y Nv 11, estas estaciones de bombeo concentran el total del caudal de las cámaras secundarias en cada nivel, la estación de bombeo del Nv 5 tiene bombas de marca/modelo KSB,WKL 150/4, la del Nv 10 con bombas marca/modelo GIW, LSA-6X8 - 25.3FS - F y en el Nv 11 se tiene bombas de marca KSB, modelo WKL y diámetro nominal 150/4.

El siguiente cuadro muestra la ubicación, tipo de bombas instaladas y sus características.

ITEM	MARCA	MODELO	DIAMETRO NOMINAL	CARACTERISTICAS	POTENCIA HP	PESO Kg	RPM
<b>BOMBAS ESTACIONARIAS NV_5</b>							
1	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500
2	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500
3	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500
4	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500

5	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	400	890	3500	STAND BY
<b>BOMBAS ESTACIONARIAS NV_10</b>								
1	GIW	LSA	6X8 25.3 FS -F	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	1785	TREN 1
2	GIW	LSA	6X8 25.3 FS -F	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	1785	
3	GIW	LSA	6X8 25.3 FS -F	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	1785	
4	GIW	LSA	6X8 25.3 FSLNBMA/4M	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	940	TREN 2 STAND BY
5	GIW	LSA	6X8 25.3 FSLNBMA/4M	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	940	
6	GIW	LSA	6X8 25.3 FSLNBMA/4M	BOMBA DE AGUA Y LODOS	300	650	940	
<b>BOMBAS ESTACIONARIAS NV_11</b>								
1	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	450	916	1750	
2	KSB	WKL	150/4	BOMBA DE AGUA Y LODOS	450	916	1750	

### **Estación de bombeo Nv 5.**

Esta dispone de dos cámaras de bombeo la primera con una capacidad de almacenamiento de 700 m<sup>3</sup> y la segunda cámara de 250 m<sup>3</sup> y recibe la descarga de las aguas del Nv 10 , poza secundaria cero y la del Nv 11, en esta estación se tienen instaladas 04 bombas estacionarias, una de ellas está en stand by, son de marca KSB, modelo WKL diámetro nominal 150/4 de 400 HP c/u, se utiliza 03 tuberías Steel-ANSI de 12" Ø, el punto de descarga es PTAM San Nicolas y PTAM Huacracocha con un caudal de 280 l/s y 180 l/s, teniendo un caudal total de 460 l/s.



Figura 6: Tuberías Steel-ANSI



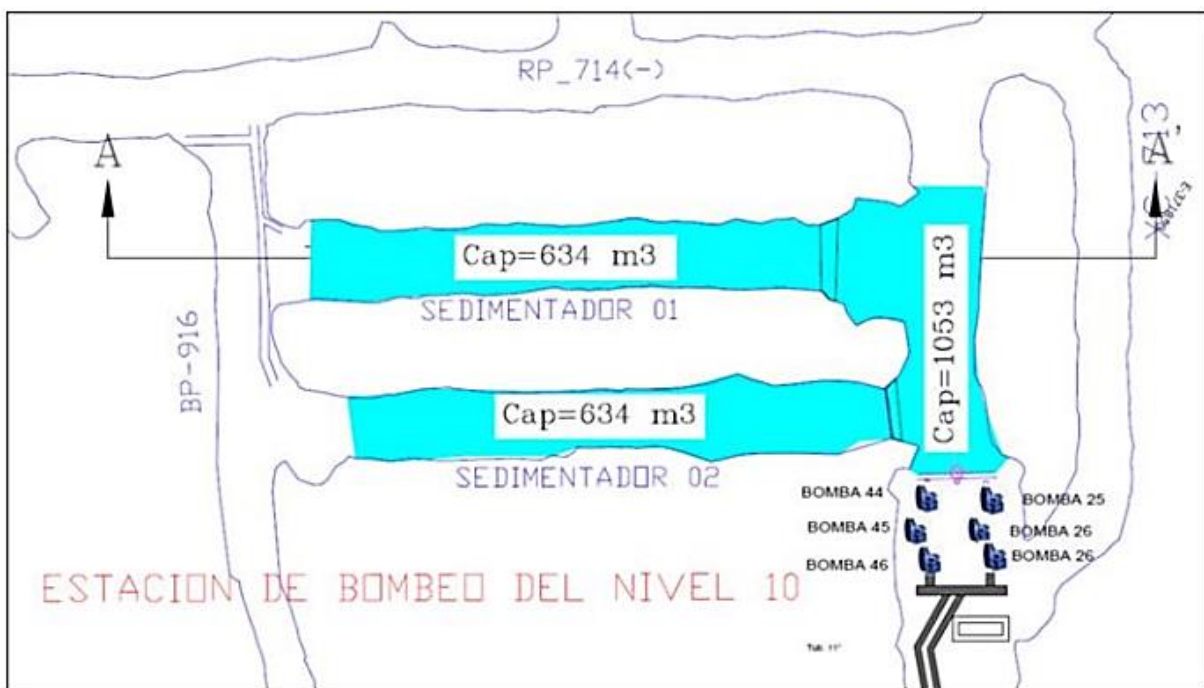
Figura 7: Bombas estacionaria Nv 5 - 400 HP

### **Estación de bombeo NV 10.**

Es una estación principal ubicada en la zona ESTE que capta las aguas de las cámaras secundarias como son CA 911(1 bomba de 150HP, Q=50 l/s). y RP 715 (3 bombas de 150HP, Q=150 l/s). Se tienen instaladas 02 trenes de bombas estacionarias, cada tren con tres bombas c/u, marca GIW, modelo LSA6X8-25.3FS- F y marca GIW – modelo LSA-6X8 25.3 FSLNBMA/4M de 300 HP c/u, uno de los trenes están en stand by. Estas impulsan el agua hasta el Nv 5 a través de la RB 17 por tubería Steel-ANSI de 12" Ø, un caudal total de 230 l/s, como también cuenta con 02 cámaras de sedimentación de 635 m3 de capacidad c/u y una cámara de bombeo con una capacidad de 1053 m3.



**Figura 8:** Trenes de bombas



**Figura 9:** Plano de las cámaras de bombeo del Nv 10

#### **Estación de bombeo NV 11.**

Es una estación principal que cuenta con 02 cámaras de sedimentación de capacidad de 670 m<sup>3</sup> c/u, 01 cámara de traspaso de 1200 m<sup>3</sup> y 01 cámara de bombeo de 530 m<sup>3</sup>, estas cámaras captan las aguas de la zona oeste tales como la Acc 398, RP 275 y CA 276. Se tienen instaladas 03 bombas estacionarias marca KSB, modelo WKL diámetro nominal 150/4 de 450 HP c/u, una de las tres bombas siempre está en stand by. Estas impulsan el agua hasta el Nv 5 a través del RB 35, RP 572, RB 02, GA 1173 E, con tubería HDPE de 14" Ø, en el Nv 8 se distribuye con 06 líneas de tubería de 6" Ø, con un caudal total de 160 l/s, así mismo contamos en la poza de rebose con 3 bombas con potencia de 150 HP que lanzan 160 l/s desde el Nv 11 hasta la poza secundaria cero, en esta poza cero se cuenta con 03 bombas de 150 HP de potencia que expulsan al Nv 5, 75 l/s.





**Figura 10:** Bombas estacionarias del Nv 11 - 450 HP c/u

**MINA:**

La unidad minera Ticlio en su explotación cuenta con dos zonas como son el ESTE Y OESTE, en las estaciones secundarias de la zona este se cuentan con 15 bombas con las potencias que van desde 15 HP, 35 HP, 58 HP y 150 HP y en la zona OESTE con 30 bombas con potencias de 15 HP, 35 HP, 58 HP y 150 HP, haciendo un total de 45 bombas en operación, con líneas de tubería de 6" ø haciendo un 95 % y de 4" ø en un 5 %.

**Tabla 4:** Sistema de bombeo mina Ticlio – bombas en estaciones secundarias auxiliares – zona este.

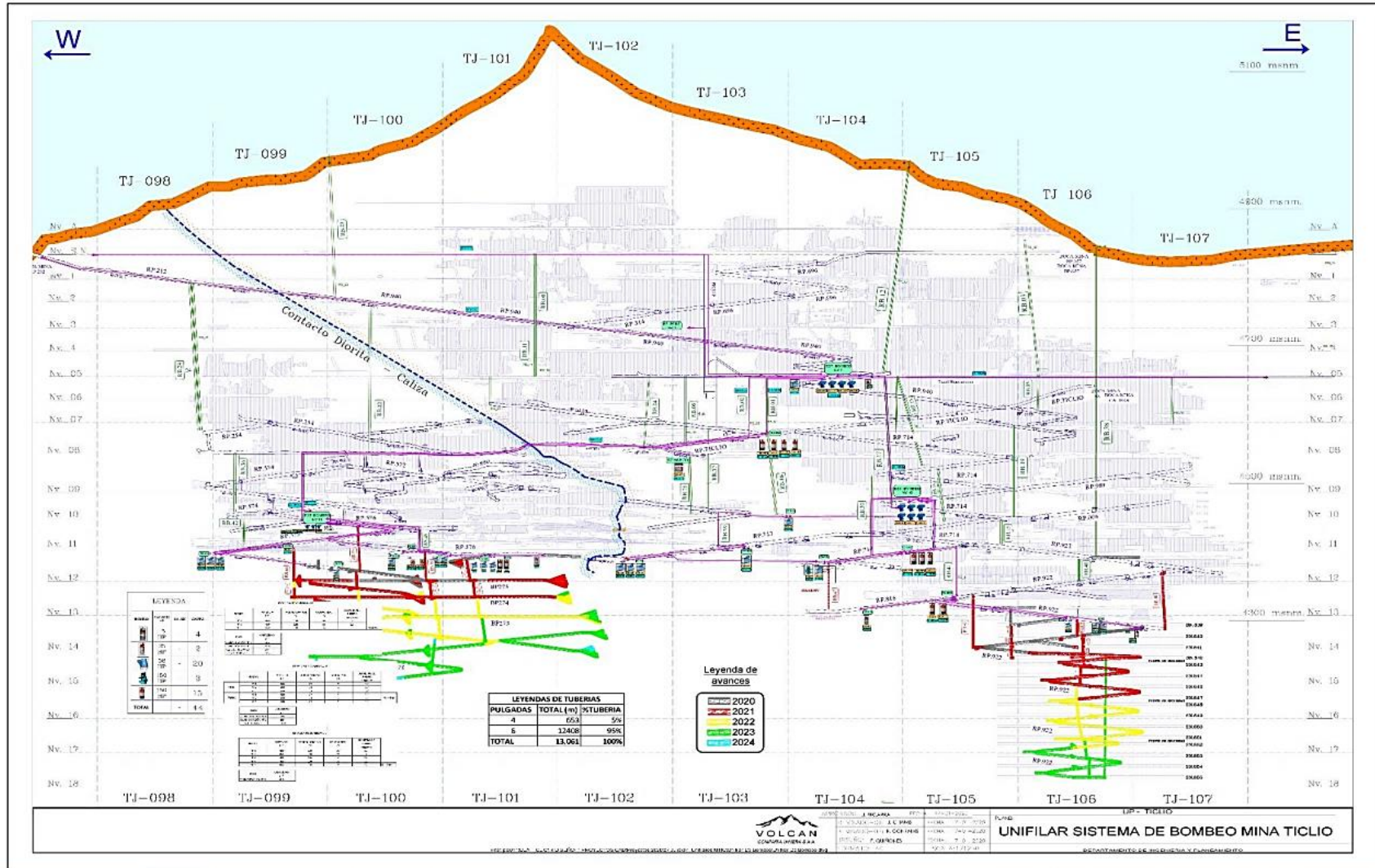
Zona	Nivel	Ubicación(Poza)	Bomba	Modelo	Potencia	Tipo	AGUA/LODO	Tipo de Cable	Tipo de Arranque	Diodo
Este	Nv 10	Poza 102	GB-58H003	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 10	Camara 705 x Rp 713	GB-58H107	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 10	Poza 713 By Pass	GB-58A075	J405 HD	58	H	AGUA	SHD	DIRECTO	SI
Este	Nv 10	Poza 713 By Pass	GB-58H174	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 11	Poza 911	GB-150H016	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y - Δ	SI
Este	Nv 11	poza 911	GB-150H081	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y - Δ	SI
Este	Nv 11	CA 715	GB-58H034	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 11	CA 715	GB-150H006	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y - Δ	SI
Este	Nv 12	Poza 836	GB-150H049	REVENTON	140	H	AGUA	SHD	Y - Δ	SI
Este	Nv 12	Poza 836	GB-150H046	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y - Δ	SI
Este	Nv 13	Rp 816	GB-15H025	ESPADA H	15	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 13	Acc 838 hueco de perro	GB-58A119	J405 HD	58	H	AGUA	SHD	DIRECTO	SI
Este	Nv 13	Poza 839	GB-58H120	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 13	Poza 839	GB-58A123	J405	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Este	Nv 13	By Pass 839	GB-15H036	ESPADA H	15	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI

**Tabla 5:** Sistema de bombeo mina Ticlio – bombas en estaciones secundarias auxiliares – zona oeste.

Zona	Nivel	Ubicación(Poza)	Bomba	Modelo	Potencia	Tipo	AGUA/LOBO	Tipo de Cable	Tipo de Arranque	Diodo
Oeste	NV 5	Túnel Galera	GB-35A054	J205	35	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 5	CA_Principal Nv 5	GB-15H020	ESPADA H	15	H	AGUA	ELCOSUB	DIRECTO	SI
Oeste	NV 8	Poza 0	GB-150H007	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 8	Poza 0	GB-150H071	REVENTON	140	H	AGUA	ELCOSUB	Y-Δ	SI
Oeste	NV 8	Poza 0	GB-150H078	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 8	Poza 0	GB-150H107	REVENTON	140	H	AGUA	SHD	Y-Δ	SI
Oeste	NV 8	RP Marisol	GB-35A025	TSURUMI	35	H	AGUA	ELCOSUB	DIRECTO	SI
Oeste	NV 11	Poza 290 - Nv 11	GB-150H106	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 11	Poza 290 - Nv 11	GB-150H011	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 11	Poza 290 - Nv 11	GB-150H031	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 11	Poza 290 - Nv 11	GB-150H057	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 11	Rp- 575 (-2)	GB-15H055	ESPADA H	15	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Poza 309	T- 935	JAGUAR N	150	N	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Poza 309	GB-150P009	B5 2400.410	140	N	AGUA	SHD	Y-Δ	SI
Oeste	NV 12	Poza 397	GB-58H011	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Acc 397 x Ca_carguio	GB-15H024	ESPADA H	15	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	ACC 398	GB-35A048	J205 HD	35	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	CA_715 - Bom. de avance	GB-58A094	J405	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	CA_715 - Bom. de avance	GB-30H021	DIABLO	30	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Poza 581	GB-150H039	REVENTON	140	H	AGUA	SHD	Y-Δ	SI
Oeste	NV 12	Poza 581	GB-150H009	REVENTON	140	H	AGUA	GGC	Y-Δ	SI
Oeste	NV 12	Poza 581	GB-58A001	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Poza 581	GB-58H202	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	RP 576	GB-15H072	ESPADA H	15	H	AGUA	ELCOSUB	DIRECTO	SI
Oeste	NV 11	Poza nueva 275	GB-58H221	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 11	Poza nueva 275	GB-58H061	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Poza nueva 275	GB-58A023	J405	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	PZ 276	GB-58H154	GALLARDO H	58	H	AGUA	GGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	PZ 276	GB-150H045	REVENTON	140	H	AGUA	SOHGC	DIRECTO	SI
Oeste	NV 12	Rp 275 avance	GB-15A004	AB5	15	H	AGUA	ELCOSUB	DIRECTO	SI

#### 4.1.2.2. Nivel principal de drenaje a superficie. Nivel 0 San Nicolas y Nv 5 túnel Huacracocha.


El Túnel San Nicolas y Huacracocha, son las receptoras del total de agua de bombeo de mina, evacuando a superficie para luego alimentar estas aguas a las plantas de tratamiento de agua de mina, con un flujo de agua de 280 l/s y 180 l/s, con un recorrido aproximado de 1.5 y 1.2 km, desde el Nv 5 a la boca mina San Nicolas y del Nv 5 a boca mina Huacracocha respectivamente.



### 4.1.2.3. Programa de inspecciones/limpieza/mantenimiento

#### Programa de mantenimiento de bombas estacionarias

**Tabla 6:** Programa de mantenimiento de bombas estacionarias

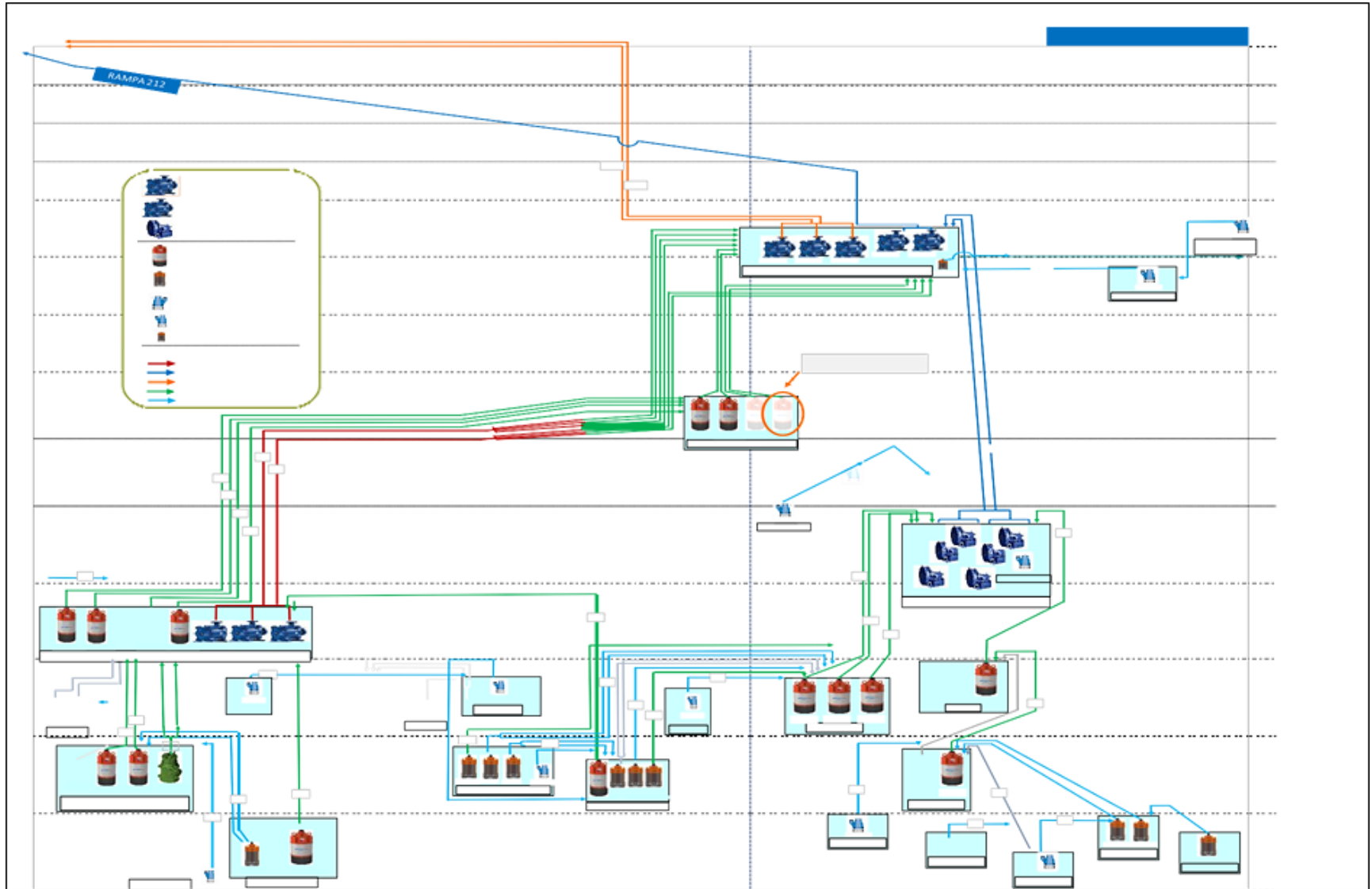
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS ESTACIONARIAS DICIEMBRE 2020			Dic-20																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
COD BOMBA	POSICION	CAMARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
BOM-0040-TI	1	NV 05	X													X																	
BOM-0033-TI	2	NV 05	X														X																
BOM-0030-TI	3	NV 05		X														X															
BOM-0036-TI	4	NV 05			X														X														
BOM-0025-TI	1	NV 10				X														X													
BOM-0026-TI	2	NV 10					X														X												
BOM-0027-TI	3	NV 10						X														X											
BOM-0044-TI	1	NV 10							X														X										
BOM-0045-TI	2	NV 10								X														X									
BOM-0046-TI	3	NV 10									X														X								
BOM-0047-TI	3	NV 11										X														X							
BOM-0049-TI	2	NV 11											X														X						
BOM-0032-TI	1	NV 11													X													X					







# SISTEMA COMPLETO



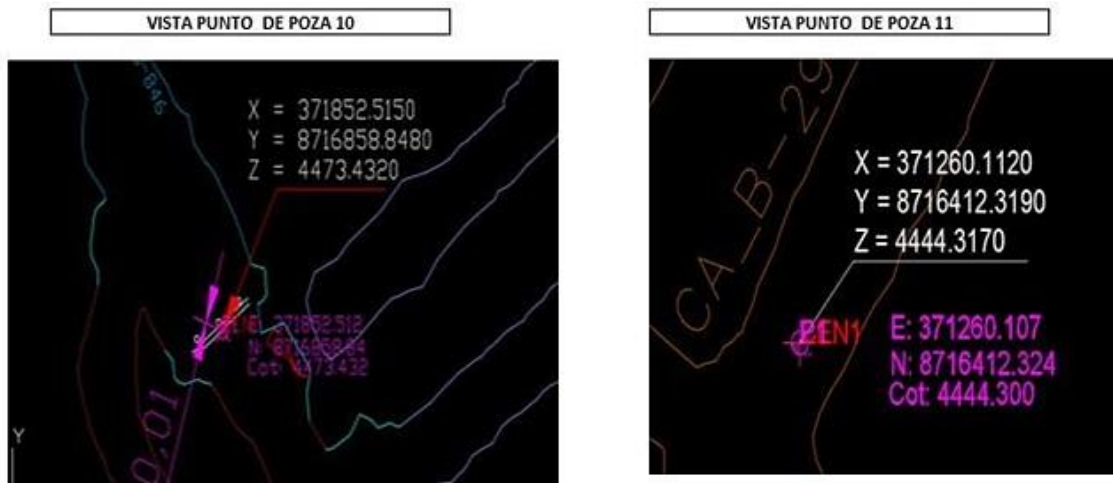


**4.1.3. Conocer los beneficios con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.**

**4.1.3.1. Monitoreos de deformación de muros de estaciones de bombeo**

Los monitoreos de deformación de los muros de las estaciones de bombeo se realizan cada quince (15) días.

LEVANTAMIENTOS PUNTO POZA 10 Y 11 / 28-07-20							
PUNTO DE INICIO Y / O PARTIDA							
	PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	ESTE	NORTE	COTA
28/07/2020	POZA 10	371852.515	8716858.848	4473.432			
28/07/2020	POZA 11	371260.112	8716412.319	4444.317			
LEVANTAMIENTOS PUNTO POZA 10 Y 11 - 15-08-20							
	PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	Diferencia Este	Diferencia norte	Diferencia cota
15/08/2020	POZA 10	371852.511	8716858.841	4473.433	0.004	0.007	-0.001
15/08/2020	POZA 11	371260.109	8716412.325	4444.301	0.003	-0.006	0.016
02/09/2020	POZA 10	371852.512	8716858.840	4473.432	0.003	0.008	0.000
02/09/2020	POZA 11	371260.107	8716412.324	4444.300	0.005	-0.005	0.017



**Figura 11:** Deformación de los muros de las estaciones de bombeo



**Figura 12:** Punto de monitoreo – Estación de bombeo Nv. 10



**Figura 13:** Medición de deformación en Estación de bombeo Nv. 11

#### **4.1.3.2. Gestión de peligros fatales y controles críticos para el protocolo de peligros mortales inundaciones y desbordes.**

##### **PROPÓSITO**

- ❖ Promover el cumplimiento de una gestión de peligros catastróficos y fatales en el PPM Inundaciones y Desbordes en todos los colaboradores de la unidad.
- ❖ Educar, capacitar y concientizar en los colaboradores según alcance del riesgo de Inundaciones y Desbordes, la identificación, evaluación y ejecución de los controles implementados en el presente Plan de gestión de Inundaciones y Desbordes.
- ❖ Asegurar el conocimiento y entendimiento coherente en cuanto a la manera en que los peligros catastróficos y la eficacia de sus controles serán verificados e informados dentro de Glencore.

## **ALCANCE**

- ❖ Se aplica a todas las operaciones administradas de Glencore.
- ❖ El Plan de gestión de Inundaciones y Desbordes (IOMP) está destinada principalmente a la gestión de peligros PMC 4.

## **REGISTRO DE PELIGROS MORTALES DEL PPM INUNDACIONES Y DESBORDES.**

Los peligros identificados en los sistemas de bombeo:

- ❖ PPM Inundaciones y Desbordes: Pérdida intempestiva de estabilidad del muro de contención de las estaciones de bombeo: Nivel 05, Nivel 10 y Nivel 11.
- ❖ PPM Seguridad Eléctrica: Tableros eléctricos, sistema de iluminación, sistema automático de control de nivel de agua, bombas de succión e impulsión, otros.
- ❖ PPM Trabajo en Altura: Identificados en las actividades de Carga y descarga de bomba sumergible desde camión con tecla, Recuperación de tuberías de 2", 4" y 6" .

## **CAUSAS**

Diseño e ingeniería inadecuada de la estructura de los muros de contención, cámaras y sostenimiento del macizo rocoso (alineado al inundaciones y desbordes plan de gestión - IOMP)

- ❖ Diseño del muro sin considerar el factor de seguridad
- ❖ No tener en consideración los modos de falla de los muros
- ❖ No considerar las cargas actuantes para la carga del muro
- ❖ Realizar un diseño sin tener la capacidad aportante del terreno

Incumplimiento del diseño durante el proceso constructivo y del muro

- ❖ Desconocimiento de diseños.
- ❖ Personal no calificado.
- ❖ Asignación de recursos no apropiados.

- ❖ Premura del tiempo.
- ❖ Control y supervisión inadecuada.

Presencia de labores cercanas abandonadas no rellenadas Relajamiento, derrumbes o estallidos producto del efecto del campo tensional.

Onda sísmica por voladura en la zona de influencia de los muros por encima de la capacidad de diseño.

- ❖ No contemplar en el plan de minado las zonas de operaciones con cercanía a los muros de contención.
- ❖ Control de explosivos y seguimientos a los factores de carga.
- ❖ Inadecuada dosificación de insumos para el mortero.
- ❖ Excavaciones fuera del entorno con influencias de zonas de operaciones (voladura) y espacios vacíos circundante al área.

Incremento de caudal en la poza de bombeo

- ❖ Falta de capacidad para la acumulación del volumen que sobrepasa el diseño.
- ❖ Generación del flujo turbulento.

Falla de muro de cámara de bombeo

- ❖ Presencia de sólidos en suspensión (lodos) aumentando el empuje dinámico hacia la parte frontal del muro.
- ❖ Diseño inadecuado del muro.

Falla mecánica en los equipos del sistema principal de bombeo

- ❖ Deterioro prematuro de accesorios por presencia de sólidos en suspensión.
- ❖ Personal no calificado y no autorizado

Ruptura de tuberías en el circuito de bombeo por fatiga de material

- ❖ Incumplimiento del programa de mediciones de espesores de pared tanto de las tuberías de HDPE y SCH.

- ❖ Mal proceso de selección de tuberías, sin considerar la presión nominal y el SDR la relación entre el diámetro exterior y el espesor de pared de las tuberías.

## **MODO DE FALLAS EN MUROS DE CONTENCIÓN**

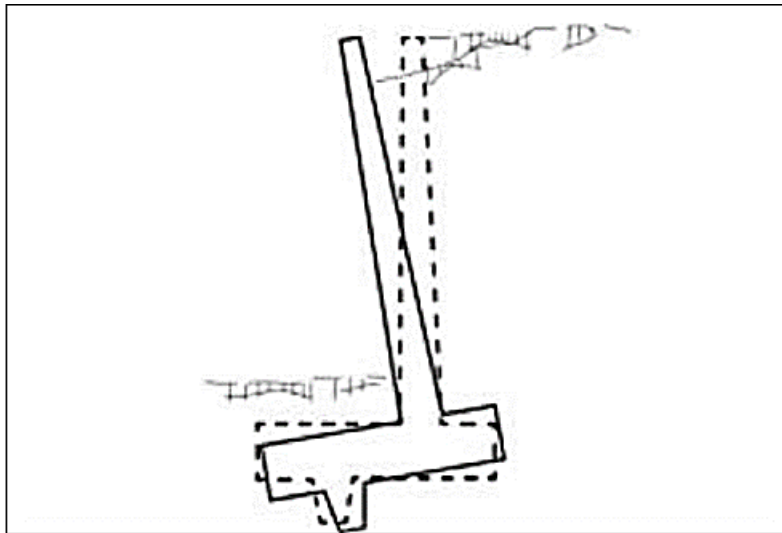
### **Tipos de Fallas**

Es importante conocer los distintos motivos por los cuales se producen las fallas. Según Harmsen (2002), el principal objetivo de un muro es soportar empujes laterales, a pesar de ello puede soportar cargas verticales adicionales; por lo que afirma que el colapso o la estabilidad del muro dependen especialmente del suelo, el cual tiene contacto directo sobre su base y el peso del muro.

A continuación, se expondrá los distintos tipos de fallas:

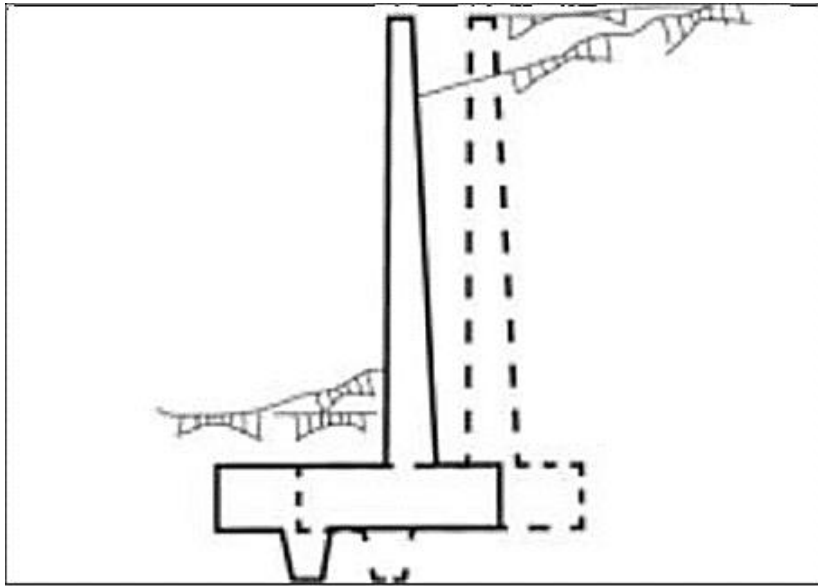
- **Falla por Volteo o Giro excesivo**

Se origina por momentos desestabilizantes, por los empujes producidos por la tierra y la sobrecarga de peso.



- **Deslizamiento lateral del muro**

Es una falla producida por un empuje excesivo de la tierra, el cual incrementa con la sobrecarga que se pueda presentar en el terreno, generando el deslizamiento del muro.



- **Asentamiento de la estructura**

Se presenta, debido al peso del muro y al relleno colocado en la parte superior de la zapata es posible que el muro sufra un asentamiento, pudiendo producir fisuras en la estructura o en algunos casos el colapso de la estructura.

- **Fallas de las estructuras de concreto**

Las fallas en las estructuras de concreto se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Fallas durante la concepción y diseño del proyecto

Por ausencia de cálculos o por no valorar las cargas y condiciones de servicio; Falta de diseño arquitectónico apropiado; El diseño estructural debe incluir los conceptos arquitectónicos y viceversa; Falta de drenajes apropiados; Falta de proyección de juntas, de contracción, de dilatación o de construcción; Por no calcular de manera apropiada los esfuerzos y/o confiarse en los programas de computador; Por no dimensionar apropiadamente los elementos estructurales y/o disponer apropiadamente el refuerzo; Por imprecisiones en los métodos de cálculos o en las normas; Por no especificar la resistencia y características apropiadas de los materiales que se emplean; Por falta de detalles constructivos en los planos.

- Fallas por materiales

Las fallas por materiales se presentan por selección inapropiada o falta de control de calidad de los ingredientes de la mezcla; por no diseñar o dosificar inadecuadamente la mezcla; por no respetar las tolerancias permisibles en el asentamiento de la mezcla; por utilizar agregados de tamaño equivocado; por utilizar exceso de aire incluido; por adicionar agua a pie de obra, sin control; por bajas resistencias en el concreto, que causa fatigas prematuras o detrimento de la durabilidad; por no hacer control de calidad del concreto, por lo que se desconoce su capacidad resistente y su comportamiento.

- Fallas por construcción

Por no calcular y diseñar la formaleta; por defectos o deformación de la formaleta; por no respetar las tolerancias dimensionales permisibles en los elementos; por no inspeccionar la formaleta antes del vaciado; por interpretar ineducadamente los planos; por malas prácticas de manejo, colocación y compactación del concreto y por picar y abrir huecos en la estructura para soportar o conectar instalaciones anexas a la estructura.

- Fallas por operación de las estructuras

La vida útil de servicio puede acabar antes del tiempo previsto por abuso de la estructura; por el incremento de las cargas permitidas o acción de fenómenos accidentales como impactos, explosiones, inundaciones, fuego u otras; o por el cambio de uso, como cambios de carga de servicio, cambios de condiciones de exposición.

- Fallas por falta de mantenimiento

Por no realizar inspecciones rutinarias para diagnosticar la necesidad de un mantenimiento, reparación, rehabilitación o refuerzo de la estructura; por no realizar inspección preliminar después de la puesta de servicio de la estructura y no elaborar el manual de mantenimiento, el cual puede ser preventivo, correctivo o curativo según el deterioro o defectos que exhiba la estructura.



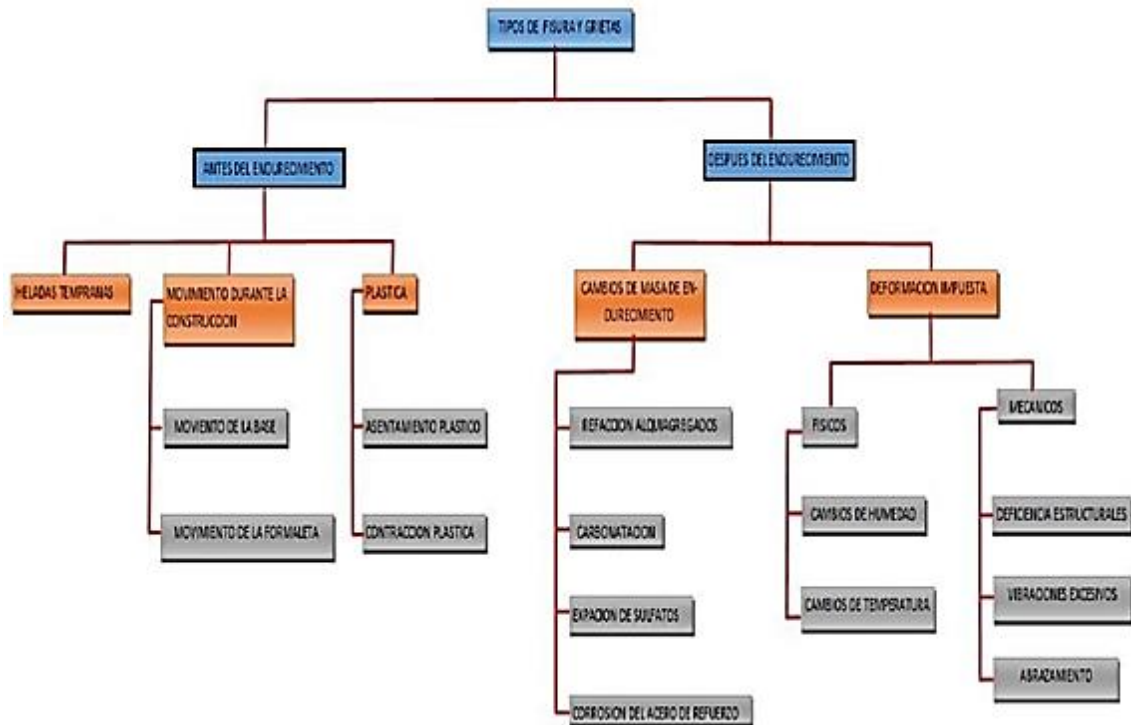
- Fisuras

Son aberturas alargadas que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo, tiene similitud a las grietas, pero su avance y su principio son bastante distintos. Muchas veces las fisuras son consideradas una etapa preliminar a la aparición de la grieta.

La fisuración puede deberse en su totalidad y casi exclusivamente a las siguientes causas:

- a. Curado deficiente
- b. Retracción
- c. Entumecimiento
- d. Variaciones de temperatura
- e. Ataques químicos
- f. Excesos de carga
- g. Errores de proyecto
- h. Errores de ejecución
- i. Asentamientos diferenciales o Grietas

Es una abertura más profunda de mayor dimensión que generalmente afecta todo el espesor del elemento, estructura o de cerramiento. (Enciclopedia Brito) En la siguiente ilustración se identifica los tipos de fisuras y grietas:



- Humedad en el concreto

Se produce cuando hay un mayor porcentaje de agua en el concreto que no es admisible para las condiciones físicas o mecánicas aptas del mismo. La humedad puede producir el cambio de las características físicas del concreto. Se conocen 5 causas de la humedad:

- Humedad capilar
- Humedad de filtración
- Humedad de condensación
- Humedad accidental
- Humedad de obra

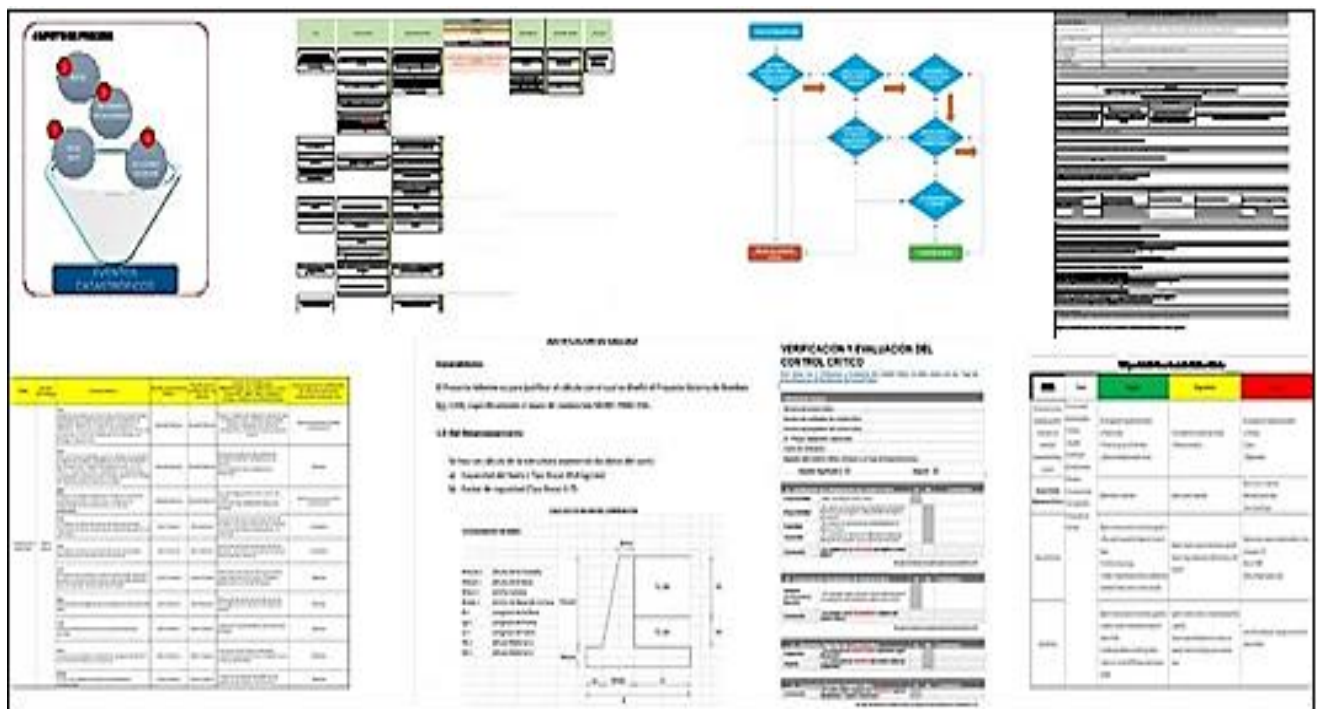
- Levantamiento topográfico

Es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, que examina la superficie, donde se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones, se denomina a este acopio de datos o plano que refleja al detalle y sirve como instrumento de planificación para edificaciones y construcciones.

### 4.1.3.3. Gestión del control crítico

#### Paso 1. planificación del proceso

- Nuestra prioridad es implementar la gestión de control crítico para los peligros mortales de HSEC (Gestión De Salud, Seguridad, Medio Ambiente Y Comunidad).
- El plan considera el contexto organizacional, los objetivos, responsabilidades del dueño del riesgo y el propietario del control crítico, los responsables de las áreas involucradas y la metodología según la guía ICMM.



#### Paso 2. identificar eventos materiales no deseados

- Según el lineamiento del estándar de Gestión de Riesgos de Glencore y un enfoque de amplio alcance, se consideró los eventos internos (Accidentes Mortales de la Unidad y del Sector Minero peruano) y externos (Accidentes Mortales y HPRI de Glencore) relacionados a

nuestras actividades para la identificación de los eventos no deseados con materiales (MUE). Identificándose un accidente mortal en la Minera Las Bambas S.A. en Perú y un HPRI en la Mina de Mopani en Glencore.

- En nuestras operaciones los eventos fueron evaluados en la Matriz de Evaluación de Riesgos definiendo como categoría 5 los relacionados al PPM Inundaciones y Desbordes.
- 01 MUES asociados a Inundaciones y Desbordes- HPRI Glencore

Año	Clasificación	Operation	Incident Description	PPM
03/04/2018	CAT 4	Mopani / Expansion Projects Synclinorium Shaft	El viernes 13 de abril de 2018, un equipo de inspección de tuberías de cinco personas estaba realizando una prueba de fugas estáticas en los rangos de tuberías número 500 y DN 500 (columna de retorno de agua. Luego bajaron el transporte hasta el nivel de carga y salieron de la cesta de inspección. Zambia y un empleado de Mopani. · A las	Inundaciones y Desbordes

			<p>13:05 habían alcanzado aproximadamente 30 m por encima de la posición del nivel de carga de 1230 metros, cuando observaron que el agua venía desde arriba e Murray y Roberts Cementación Murray y Roberts Cementación para la futura estación de bombeo al nivel de carga) en el eje Synclinorium. El equipo consistió de cuatro cuadrillas de</p>	
--	--	--	---	--

### Paso 3. identificar controles

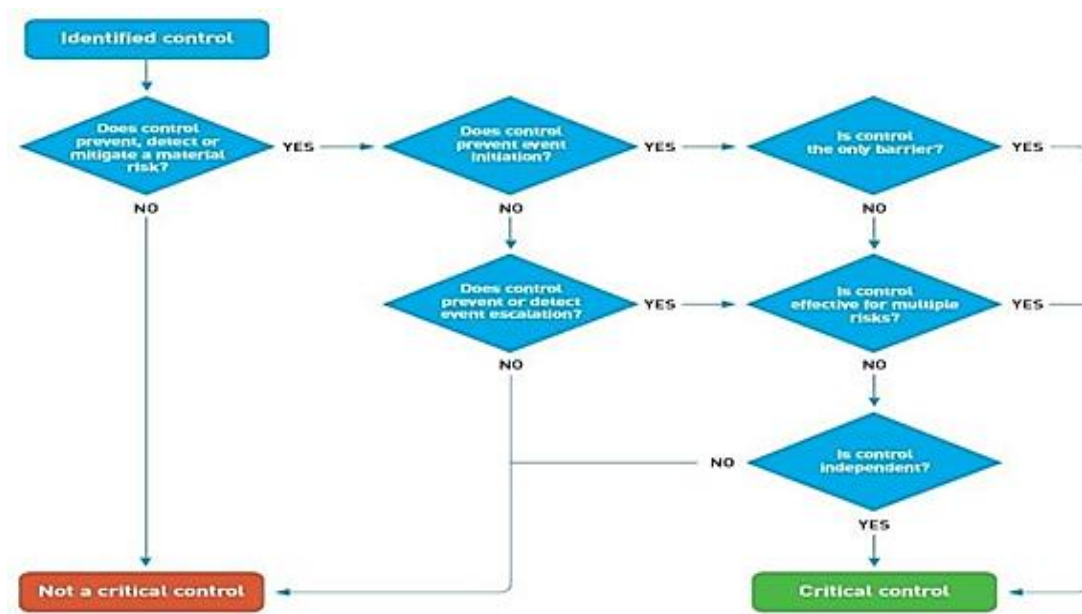
- Según la Guía ICMM incluida en el Estándar de Gestión de Riesgos de Glencore, se realizó el Bow Tie para identificar las causas, los controles preventivos y mitigantes, así como los implementados y por implementar necesarios para cada causa.
- El análisis Bow Tie está sostenido en la realidad de las operaciones del sistema de bombeo de la unidad, y el objetivo es contar con prácticas seguras necesarias para manejar peligro.
- El análisis Bow Tie y sus elementos como causas y controles se ingresan al Sistema de Glencore Risk Manager para el seguimiento de la gestión de seguridad de las operaciones del Sistema de Bombeo.

CAUSA	CONTROL PREVENTIVO	CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO	EVENTO TOP		CONTROL MITIGANTE	CONTROL CRÍTICO MITIGANTE	CONSECUENCIA			
			PMC - Potential Maximum							
			Categoría 4							
			Salud y Seguridad							
CRL - Current Risk Level										
Importante	C - Posible	18 (H)								
Salud y Seguridad										
Diseño e Ingeniería inadecuada de la estructura de los muros de contención, cámaras y sostenimiento del macizo rocoso (Alineado al Inundaciones y Desbordos Plan de Gestión - IOMP)	1	Mantener actualizado y cumplir el Inrush y Outburst Management Plan IOMP (Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordos)	1	<b>PÉRDIDA INTEMPESTIVA DE ESTABILIDAD DE MURO DE CONTENCIÓN DE FLUIDOS (Cámaras de Bombeo)</b>	Brigada de Respuesta a Emergencia entrenada en el TARP de Inundaciones y Desbordos	#	Habilitar cámaras de contingencia para casos de desborde	Muerte o lesiones graves (por apisonamiento, aplastamiento, ahogamiento, etc.)		
	2	Realizar auditoría en campo de verificación del cumplimiento del IOMP.	2			Para los muros existentes que no cuenten con el diseño e Ingeniería validado, establecido en el Plan de Gestión de Inundaciones y Desbordos deberá contar con los TARP y el plan de acción validado por un especialista competente y habilitado para la adecuación, con el V'B' del Gerente Operaciones de la Unidad.	Determinar planes de contingencia según los TARP's en casos de colapso de muros e inspecciones para asegurar la disponibilidad de la infraestructura involucrada en el plan de contingencia.		#	Mantener señalizadas y actualizadas las rutas de escape hacia zonas de refugio
	3	Contar con la Ingeniería de detalle para iniciar la construcción de los muros de contención (considerar memoria de cálculo, estudio hidrogeológico y estudio geomecánico)								
	4	Inspecciones de la estabilidad de la infraestructura de los muros: inclinación del muro (puntos topográficos), presencia de humedad / filtraciones, fisuras, presencia de agua en los hastiales y en la zapata. La frecuencia de las inspecciones dependerá de la evaluación de riesgos de los muros existentes.								
Incumplimiento del diseño durante el proceso constructivo y del muro.		3	Asegurar la calidad (inspección, medición y ensayos) durante el proceso constructivo, visado por el responsable de la construcción y un tercero especialista.							
Presencia de labores cercanas abandonadas no rellenadas	5	Mapear los espacios vacíos presentes en las zonas de influencia y asegurar su relleno oportuno	4	Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencias de labores abandonadas no rellenadas.						
Onda sísmica por voladura en la zona de influencia de los muros por encima de la capacidad de diseño.			5	Considerar la ubicación de las Cámaras de bombeo fuera de la zona de influencia de voladura.						
			6	Simulación de voladuras y cálculo de la carga operante en tajos y frentes para el cálculo del área de influencia para no disturbar las cámaras de bombeo.						

CAUSA	CONTROL PREVENTIVO	CONTROL CRÍTICO PREVENTIVO	EVENTO TOP		CONTROL MITIGANTE	CONTROL CRÍTICO MITIGANTE	CONSECUENCIA
			PMIC - Potential Maximum Categoría 4 Salud y Seguridad	CRL - Current Risk Level Importante C - Posible 18 (H) Salud y Seguridad			
Incremento de caudal en la poza de bombeo	6 Balance del aforo de agua en interior de mina	7 Cámara de contingencia para la recepción del reboso de agua.					
Falla de muro de Cámara de bombeo	7 Programa de Inspección visual de muro de cámara de bombeo (fisura)	8 Medición de la fisura en el muro de la cámara de bombeo.					
	8 Programa de limpieza de cámaras de sedimentación y bombeo						
	9 Monitoreo de puntos de topográficos al muro de contención para verificar si el muro está desplazándose						
Falla mecánica en los equipo del sistema principal de bombeo	# Programa de mantenimiento de bombas estacionarias y sumergibles	9 Contar con bombas en stand by en proporción de 3 a 1, con stock de tuberías y accesorios.					
	# Programa de Inspección del circuito de bombeo						
Ruptura de tuberías en el circuito de bombeo por fatiga de material		# Contar con equipo de medición de espesores de tuberías de bombeo (ultrasonido).					

#### Paso 4. seleccione los controles críticos

- El árbol de decisiones es aplicado para determinar los controles críticos establecidos en el Análisis Bow Tie de los eventos no deseado por material (MUE).
- Cabe resaltar que este proceso es iterativo e implica la revisión de varios aspectos de un control antes de decidir si cumple con los criterios de un control crítico.
- Los controles Críticos son Objeto, Acto o Sistema que es la combinación de acto (s) y objeto (s). El control debe ser específico, medible y auditable.



El árbol de decisiones es aplicado para determinar los controles críticos

De la aplicación del Árbol de Decisiones y del apéndice B de la Guía de Gestión del Control Crítico ICMM. Se determinó diez controles críticos:

- CC1. Asegurarse que todos los muros de contención de fluidos existentes en la operación cuenten con diseños de ingeniería visados



por un personal competente y habilitado. Para los proyectos nuevos deberán incluir las pruebas de control de calidad del muro previas a la entrega a operaciones. (Control Preventivo Crítico - Por implementar)

- CC2. Para los muros existentes que no cuenten con el diseño e ingeniería validado, establecido en el plan de gestión de inundaciones y desbordes deberá contar con los TARP- Plan de Respuesta a Acción Desencadenante, y el plan de acción validado por un especialista competente y habilitado para la adecuación, con el Visto Bueno del gerente operaciones de la unidad. (Control Preventivo Crítico - Por implementar)
- CC3. Asegurar la calidad (inspección, medición y ensayos) durante el proceso constructivo, visado por el responsable de la construcción y un tercero especialista. (Control Preventivo Crítico - Por implementar).
- CC4. Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencias de labores abandonas no rellenadas. (Control Preventivo Crítico – Implementado).
- CC5. Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencia de voladura. (Control Preventivo Crítico – Implementado).
- CC6. Simulación de voladuras y cálculo de la carga operante en tajos y frentes para el cálculo del área de influencia para no disturbar las cámaras de bombeo. (Control Preventivo Crítico – Implementado).
- CC7. Cámara de contingencia para la recepción del rebose de agua. (Control Preventivo Crítico – Implementado).

- CC8. Medición de la fisura en el muro de la cámara de bombeo. (Control Preventivo Crítico - implementado).
- CC9. Contar con bombas en Stand by en proporción de 3 a 1, con stock de tuberías y accesorios. (Control Preventivo Crítico - Implementado).
- CC10. Contar con equipo de medición de espesores por ultrasonido. (Control Preventivo Crítico - Implementado).

### **Paso 5. definir los requisitos de rendimiento e informe**

Se desarrolla usando la plantilla de Glencore para definir el objetivo y los requisitos de rendimiento para cada control crítico y para especificar cómo se verifica el rendimiento en la práctica.

Incluye el detalle y la especificación de las expectativas de funcionalidad, confiabilidad y disponibilidad y sustentabilidad del control crítico, y qué, quién, cómo y cuándo se llevan a cabo y se informan las actividades de verificación.

El objetivo es detallar las expectativas de desempeño de los controles críticos y entender que desencadenaría una acción inmediata para detener o cambiar la operación.

CC1. Asegurar que todos los muros de contención de fluidos existentes en la operación cuenten con diseños de ingeniería visados por un personal competente y habilitado. Para los proyectos nuevos deberán incluir las pruebas de control de calidad del muro previas a la entrega a operaciones (Control Preventivo Crítico - Por implementar):

- Se establece un Estándar de Diseño Estructural para Muros de Contención para los proyectos Nuevos.
- Se elaborará un TDR (Términos de Referencia) para la verificación Estructural de los muros que no cuenten con la información completa.

- La Autorización para la ejecución del Proyecto será previamente con la aprobación de validación del Diseño de Ingeniería por parte de las áreas involucradas.
- Los responsables son las áreas de Proyectos, Servicios Minas y Seguridad.

CC2. Para los muros existentes que no cuenten con el diseño e ingeniería validado, establecido en el plan de gestión de inundaciones y desbordes deberá contar con los TARP- Plan de Respuesta a Acción Desencadenante, y el plan de acción validado por un especialista competente y habilitado para la adecuación, con el Visto Bueno del gerente operaciones de la unidad. (Control Preventivo Crítico - Por implementar)

- Se elaborará un TDR (Términos de Referencia) para la verificación Estructural de los muros que no cuentan con diseño Estructural.
- Se implementará el TARP para el control.
- Se realizará Inspecciones Anuales por un Ingeniero Estructuralista para la verificación de los muros.
- Los responsables son el área de Proyectos, Servicios Mina y Seguridad.

CC3. Asegurar la calidad (inspección, medición y ensayos) durante el proceso constructivo, visado por el responsable de la construcción y un tercero especialista. (Control Preventivo Crítico - Por implementar).

- Se establece un manual de aseguramiento de Calidad para la construcción de Muros de Contención.
- Se establecen protocolos de Calidad para el control del proyecto.
- El área responsable es Proyectos.

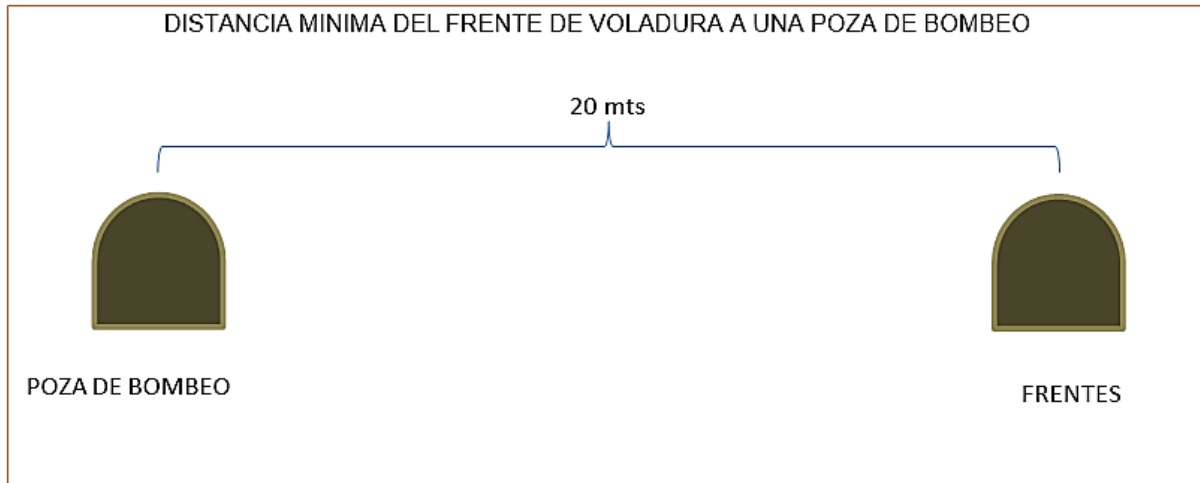
CC4. Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencias de labores abandonadas no rellenadas. (Control Preventivo Crítico – Implementado).

- Liberar (firmar) el Plan de Minado teniendo en consideración la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la influencia de labores abandonadas no rellenadas. - Fotografía de la carátula del plan de minado.
- Planos topográficos.
- Tapones y rellenado de labores vacías.
- El responsable es el área de Planeamiento
- Realización de simulaciones con el área de Geomecánica a fin de tener certeza de la influencia de labores abandonadas no rellenadas respecto a las cámaras de bombeo.
- Informes.
- Programas.
- Fotografías.
- El responsable es el área de Geomecánica.

CC5. Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencia de voladura. (Control Preventivo Crítico – Implementado).

- ✓ Liberar (firmar) el Plan de Minado una vez establecido la distancia mínima de la cámara respecto a las zonas de influencia producto de la voladura.
- Fotografía de la carátula del plan de minado.
- Planos topográficos.
- ✓ El área de responsable es Planeamiento
- ✓ El área de Perforación y Voladura validará el vale de explosivos dando énfasis en las labores mineras cercanas a las cámaras de bombeo. –
- Visto bueno en los vales de explosivos.

- Distancias mínimas a partir de una zona de voladura.
- ✓ Responsable: Jefe de Mina Volcan



CC6. Simulación de voladuras y cálculo de la carga operante en tajos y frentes para el cálculo del área de influencia para no disturbar las cámaras de bombeo. (Control Preventivo Crítico – Implementado).

- Establecer pruebas de simulación y su respectivo informe del radio de influencia respecto a las cámaras de bombas. Responsable: Jefe de Mina
- Informes
- Fotografías
- Planos.

CC7. Cámara de contingencia para la recepción del rebose de agua. (Control Preventivo Crítico – Implementado).

- Establecer excavaciones que permitan albergar el agua producto de un rebose, en un caso extremo del caudal promedio del flujo total. - Planos de ubicación.
- Dimensionamiento.
- Fotografías.

- Realizar inspecciones mensuales hacia las cámaras de contingencia.
- Programa de inspecciones mensuales.
- Rellenar el check list del estado de cámaras de contingencia.
- Check list de cámaras de contingencia.

CC8. Medición de la fisura en el muro de la cámara de bombeo. (Control Preventivo Crítico - implementado).

- Cumplir con el programa mensual del check list de muro de contención y la inspección visual de los muros de contención
- Programa mensual de check list.
- Check list de muro de contención.
- Cumplir con el programa de mediciones de fisuras en los muros de las cámaras de bombeo.
- Programa de mediciones de fisuras.
- Fotografías.

CC9. Contar con bombas en Stand by en proporción de 3 a 1, con stock de tuberías y accesorios. (Control Preventivo Crítico - Implementado).

- A través del plan de minado mensual establecer el requerimiento de bombas sumergibles para luego solicitar el número de bombas en stand by.
- Plan de minado firmado, donde indica las zonas de posibles zonas de irrupción.

CC10. Contar con equipo de medición de espesores por ultrasonido. (Control Preventivo Crítico - Implementado).

- Cumplir con el programa de mediciones de espesores de paredes de tuberías.
  - Programa de mediciones de espesores.
  - Fotografías.
- Inspecciones de las infraestructuras del sistema de bombeo orientados a las tuberías principales de conducción.
  - Formatos de inspecciones.
  - Registro de inspecciones en el SSOMAC.

### **Paso 6. asignar responsabilidad**

El propietario del Riesgo (Guardián) tiene la función de gestionar el proceso de control crítico, incluidas las inspecciones, verificaciones e informes para ese peligro en particular dentro de una operación. Esta persona revisará los informes periódicos de los propietarios del control crítico.

Cada control crítico se le asignará un propietario (Propietario del Control Crítico); este debe ser un gerente/ jefe de línea que tenga conocimiento de los requisitos de gestión del peligro. Esta persona gestionará la aplicación de los controles críticos, su verificación y el informe de los resultados al propietario del evento material no deseado.

·La actividad de verificación debe asignarse a una persona con experiencia técnica en el control, responsable de realizar o administrar directamente las verificaciones programadas e informar los resultados al propietario.

PPM	Dueño del Riesgo	Control Crítico	Dueño del Control Crítico	Dueño de la verificación de eficacia	Acción de verificación (Metodología de verificación, como Inspección, OPT, ACS, auditoria campo,	Frecuencia de la verificación de eficacia (semanal, quincenal, mensual, etc.
Inundaciones Y Desbordes	Walter Celestino	CC1: Asegurar que todos los muros de contención de fluidos existentes en la operación cuenten con diseños de ingeniería visados por un personal competente y habilitado. Para los proyectos nuevos deberán incluir las pruebas de control de calidad del muro previas a la entrega a operaciones	Jorge Lozano	Walter Celestino	Planos, Diseños de ingeniería de Muros de Contencion para Camaras de Bombas, visados y validados por personal competente y habilitado para proyectos nuevos.	Diario- proceso constructivo
		CC2: Para los muros existentes que no cuenten con el diseño e ingeniería validado, establecido en el plan de gestión de inundaciones y desbordes deberá contar con los TARP- Plan de Respuesta a Acción Desencadenante, y el plan de acción validado por un especialista competente y habilitado para la adecuación, con el Visto Bueno del gerente operaciones de la unidad	Aldo Villegas	Walter Celestino	Muros de contencion de camara de Bombas existentes validados por un tercero. Plan de gestion de Inundaciones y Desbordes.	Mensual
		CC3: Asegurar la calidad (inspección, medición y ensayos) durante el proceso constructivo, visado por el responsable de la construcción y un tercero especialista.	Aldo Villegas	Walter Celestino	Guia de aseguramiento del control de calidad. Protocolos de Calidad Aprobados por terceros	Diario- proceso constructivo
		CC4: Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencias de labores abandonas no rellenadas.	Jorge Lozano	Walter Celestino	Planos de ubicación de las Camaras de Bombeo que esten fuera de las zonas de influencias de labores abanadonas no rellenadas.	inmediato
		CC5: Considerar la ubicación de las cámaras de bombeo fuera de la zona de influencia de voladura.	Jorge Lozano	Walter Celestino	Planos de ubicación de las Camaras de Bombeo que esten fuera de las zonas de influencias de voladuras. Informe de simulacion del calculo de la carga operante para tajos y frentes y determinar la zona de influencia	Mensual
		CC6: Simulación de voladuras y cálculo de la carga operante en tajos y frentes para el cálculo del área de influencia para no disturbar las cámaras de bombeo.				
		CC7: Cámara de contingencia para la recepción del rebose de agua.	Jorge Lozano	Walter Celestino	Planos de ubicación de las Camaras de Contingencia que recepcionan agua por rebose.	Mensual
		CC8 :Medición de la fisura en el muro de la cámara de bombeo.	Josmel Bardales	Walter Celestino	Inspeccion Visual del Muro de camara de Bombas.	Mensual
		CC9: Contar con bombas en Stand by en proporción de 3 a 1, con stock de tuberías y accesorios.	Edgar Gonzales	Walter Celestino	Inventario de Bombas en Stand By Inventario de accesorios y Tuberias en la camaras de Bombeo	Mensual
		CC10. Contar con equipo de medición de espesores por ultrasonido.	Aldo Villegas	Walter Celestino	Inspección de espesores de tuberías (ultra sonido)	Anual



## Paso 7. implementación específica del sitio

Las áreas responsables considerarán y desarrollarán la gestión de controles críticos y garantizarán su implementación en los sistemas de bombeo de la unidad.

Las áreas de alcance y los propietarios del control crítico revisarán el control crítico y su aplicación adecuada.

La implementación específica del sitio incluye el liderazgo, comunicación y el desarrollo apropiado de una capacitación y entendimiento del control crítico según el público objetivo de alcance.

Se desarrolla un programa de verificación de los controles críticos según el registro de control crítico.

## Paso 8. verificación e informes

La verificación del control crítico seguirá los criterios establecidos en la especificación de desempeño del Paso 5 por la persona asignada a verificar el control crítico según el programada establecido en el Paso 6.

Cuando se alcanza el umbral identificado en la hoja de especificación del desempeño, se deben tomar las medidas adecuadas, como detener inmediatamente la operación para permitir la rectificación.

The image shows three pages of a Glencore document titled "VERIFICACION Y EVALUACION DEL CONTROL CRITICO".

- Page 1:** Header with Glencore logo and title. It includes a section for "Información General" and "Datos del Control Crítico".
- Page 2:** Contains a section titled "SE REALIZA REVISIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CUERPO CONTROL". It includes a table with columns for "SEMPRE EN CONTROL", "ALGO FUERA DE CONTROL", and "FUERA DE CONTROL". The table has rows for "Control de la velocidad de bombeo" and "Control de la presión de bombeo".
- Page 3:** Contains the "CONCLUSIONES" section. It includes a table titled "Detalle de la Faltas" with columns for "Detalle de la Faltas", "Fecha", "Descripción", and "Fecha".

### **Paso 9. respuesta al desempeño inadecuado de los controles críticos**

Un control crítico con falla o con un desempeño inadecuado debe considerarse un evento grave y dar lugar a una investigación.

Se deben establecer las causas de la falla y aplicar las correcciones adecuadas, incluida la consideración de reemplazar el Control Crítico por uno más adecuado. Las acciones tomadas deben incluirse en informes resumidos y comunicarse a los trabajadores según corresponda.

Para prevenir y mitigar las fallas o un desempeño inadecuado del control crítico se estableció un Plan de Respuesta de Acción Desencadenantes – TARP para el Control Crítico según el análisis del equipo multidisciplinario constituido por el propietario del riesgo, propietario del control crítico y los especialistas necesarios.

		<b>TARP para evitar la falla del muro de contención de la Cámara de Bombeo</b>		
<b>TRIGGER</b>	<b>Normal</b>	<b>Riesgo bajo</b>	<b>Riesgo moderado</b>	<b>Riesgo Alto</b>
<i>(En esta columna, enumere las posiciones que estarán involucradas en las condiciones de funcionamiento normales y anormales)</i>	<i>El muro en condición normal se caracteriza:</i> 1. Sin fisuras 2. Sin grietas 3 Sin filtraciones 4. Sin desplazamientos 5. Sin roturas 6. Sin presencia de lodos 7. Sin Craquelamiento 8. Volumen dentro del límite diseño	<i>El muro después de la inspección visual presenta: a) Presencia de lodos Volumen de agua fuera del límite diseño Labores con actividades de voladura cercanas</i>	<i>El muro después de la inspección visual presenta: a) Presencia de microfisuras</i>	<i>El muro después de la inspección visual presenta: a) Filtraciones b) Grietas c) Desplazamientos</i>
<b>Operador de bombas (Mantenimiento Eléctrico)</b>		<i>Reportar evento a la supervisión</i>	<i>Registrar el evento y comunica al área de mina y seguridad. Informa el riesgo inmediatamente al Jefe de Servicios y al Jefe de guardia.</i>	<i>Reportar evento a la supervisión Retirarse de la zona de trabajo Colocar cordón Registrar evento y comunica a su jefe de inmediato y a Central de Emergencia 7911. Realiza el bloqueo rígido de la zona</i>
		<i>Registrar el evento y comunica al área de mina y seguridad, y: a) Hace cumplir la ejecución de la limpieza de la cámara de bombeo Controla el volumen de agua</i>		
<b>Supervisor de Servicios Jefe de servicios</b>		<i>Notifica a la Superintendencia de Mina la prohibición de las actividades de Voladura próximo a la Cámara de bombeo.</i>	<i>Registrar el evento y comunica a la Superintendencia de Mina y Seguridad. Convoca al equipo multidisciplinario para realizar una inspección, analizar los hallazgos y generar</i>	<i>Activa el Plan de Respuesta a Emergencia de una falla del sistema de bombeo</i>
		<i>Registrar el evento y comunica al área de mina y seguridad, y: a) Establece y verifica el cumplimiento del programa de limpieza de lodos b) Coordina para establecer el caudal de agua óptimo. c) Informa en la reunión GCOM de</i>		

#### **4.1.3.4. Plan de acción de respuesta a emergencia por inundación en mina**

##### **OBJETIVOS:**

Responder en forma rápida y eficaz ante cualquier emergencia de inundaciones.

- ❖ Asegurar el área de peligro existente y potencial.
- ❖ Evacuar al personal de mina en el mínimo tiempo posible.
- ❖ Recuperar con vida al personal de mina que pudiera quedar atrapado.
- ❖ Reducir al mínimo el riesgo de daño de los activos de la empresa.
- ❖ Recuperar el área de trabajo y el proceso de producción.

##### **Riesgos y consecuencias potenciales:**

- ❖ Exposición a ahogamiento.
- ❖ Exposición a electrocución.
- ❖ Daños a la propiedad.
- ❖ Pérdidas humanas.
- ❖ Inundación de labores por falla del suministro energía eléctrica.
- ❖ Inundación de labores por falla mecánica y eléctrica de las bombas.
- ❖ Inundación de labores por daño a las tuberías del sistema principal de bombeo.

##### **Procedimiento**

###### **Antes de la emergencia**

Para prevenir la ocurrencia del riesgo, se deberá tener en cuenta los siguientes puntos para controlar el riesgo:

- ❖ Se debe contar con planos de ubicación de las zonas con potencial de inundación y estos a su vez deben de ser de fácil acceso para los responsables de la zona y área de trabajo.
- ❖ Capacitar a todos los líderes, supervisores, trabajadores de compañía y empresas contratistas sobre los aspectos más relevantes del plan de evacuación en caso de emergencia por inundación.
- ❖ Señalización de zonas de irrupción ante posibles inundaciones.
- ❖ Capacitación a los trabajadores que estén laborando dentro de la zona de irrupción respecto de los peligros y riesgos asociadas al área.
- ❖ Preparación de brigadas de respuesta a emergencias para casos de esta naturaleza.
- ❖ Se contará con un organigrama definido con delegación de funciones.
- ❖ Se contará con planos actualizados.
- ❖ Implementación de sistemas de alarmas y protocolos de comunicación para interior mina para casos de respuesta a emergencia (Líneas con anexos telefónicas).
- ❖ Se pondrá en práctica el plan de contingencias para evacuación en casos de emergencias a través de simulacros periódicos.

**Durante de la emergencia:**

Se activa el NIVEL DE ALERTA II: Comité de Operaciones de Emergencia

- ❖ Líder: Gerente de Operaciones Unidad Ticlio
- ❖ Sub Líder: Superintendente de Seguridad y Salud Ocupacional
- ❖ Sub Líder: Superintendente de Mina
- ❖ Sub Líder: Jefe de servicios Mina

### **Acciones a seguir.**

- Al recibir el llamado de emergencia desde interior mina, solicitar la siguiente información:
  - ❖ Lugar del evento,
  - ❖ Características
  - ❖ Magnitud del evento
  - ❖ Posibles rutas de escape.
- Instruir al personal informante para que actúe en beneficio del personal involucrado en el evento: indicar dirigirse a las zonas de evacuación de personal.
- El personal involucrado deberá hacer el uso de la cámara de refugio cuando se agoten las medidas usando de las rutas de escape
- La Superintendencia de seguridad comunicará de la ocurrencia a la Gerencia de Operaciones de la Mina y Gerente corporativo de Seguridad y salud ocupacional.
- Activar el procedimiento de emergencia de evacuación de mina: activar la alarma de evacuación minera (en estudio).
- Organizar los vehículos de transporte de personal para la correspondiente evacuación del personal de mina.
- Los integrantes del Dpto. de Seguridad ingresan a mina para notificar a los Jefes de Guardia y Capataces el control de personal para evacuación.
- El Superintendente de Seguridad dispone la Verificación del Personal Evacuado, haciendo uso del conteo de Fotocheks, por parte de Vigilantes de Garita Mina "PUMA 9".

- Luego de los primeros 20 minutos se contará el personal y se declarará desaparecidos al personal que no logró salir de mina.
- El Gerente de Operaciones, solicita se active el Comité de Crisis (CC).
- El COE se activa, declara desaparecidos al personal de mina que no logró salir y convoca a la Brigada de Rescate Minero.
- El COE conjuntamente con todos los profesionales involucrados revisarán y verificarán los planos para ver en qué áreas de trabajo se encontraban los trabajadores desaparecidos y el posible camino escogido para evacuar.
- Se establecerán las posibles causas del evento ocurrido y posible recurrencia del evento.
- Se determinarán las áreas probables de ubicación de los trabajadores desaparecidos.
- Se establecerán las rutas de acceso que adoptará la Brigada de Rescate Minero para la búsqueda del personal desaparecido.
- El COE convoca a los miembros de la Brigada de Respuesta a Emergencias de superficie para dar soporte a la Brigada de Rescate Minero, se establece como primera Estación de Aire Fresco la bocamina.
- El Líder del COE coordinará con otras unidades para el apoyo con sus Brigadas de Mina si fuera necesario.
- Personal Supervisor de Mina analiza los planos del área inundada a fin de determinar los accesos y rutas a seguir en la búsqueda del personal desaparecido.
- Se determinará zonas en donde se puedan ubicar equipos de bombeo para bombear parte del agua.

- Se inicia la búsqueda del personal desaparecido liderado por el Coordinador de Respuesta a Emergencias de unidad Ticlio. La Operación se divide en Periodos Operativos de 4 horas por 4 horas de descanso; El Coordinador de Respuesta a Emergencias al retornar de la Búsqueda reporta al Líder del COE.
- La Brigada de Superficie se mantiene en espera en campamento, cerca al container de Rescate.
- El Líder del COE informa al Líder del Comité de Crisis el estado del cumplimiento y los resultados obtenidos de las acciones realizadas. Si considera solicitará el levantamiento de la crisis y dará por terminada la emergencia.
- Ubicados los trabajadores desaparecidos se les brindará atención en caso de lesionados, se determinará si hubieron trabajadores fallecidos y se procederá a la evacuación de los trabajadores con lesiones graves y menores con ayuda de los trabajadores no lesionados.
- De haber trabajadores fallecidos se activará el Procedimiento de Accidentes con Fatalidad que incluye la notificación a las autoridades locales como la PNP. El Jefe de Gestión Humana realizará la coordinación.
- Se cumplirá con el levantamiento de cadáveres y las investigaciones correspondientes.
- Notificación de Aviso de accidente con fatalidad a la Dirección General de Minería con sede en Lima y a la Dirección Regional de Energía y Minas en la localidad de Yauli la Oroya.
- El Coordinador de Respuesta a Emergencias apoyará al Superintendente de Seguridad y Salud Ocupacional en la elaboración del informe de la emergencia para la Gerencia de Operaciones de Unidad Ticlio.



- En secuencia el Líder del COE informa el estado de emergencia controlada, sugiere que el Líder del Comité de Crisis declare el término de la Emergencia de manera oficial y el levantamiento de la crisis.

## CONCLUSIONES

- ❖ Con respecto a la investigación, se pudo demostrar que con el mejoramiento del sistema de bombeo se logra los objetivos del control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.
- ❖ Con estudios básicos para el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022 será posible continuar con la operación minera, desde el punto de vista del agua subterránea por mucho tiempo no habrá problemas con la inundación de la operación subterránea el mundo, ya que el sistema está diseñado para un caudal alto de 140 litros por segundo.
- ❖ Con el control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022, el bombeo de agua está garantizado si el agua contiene partículas en suspensión y partículas sólidas en la cantidad de 300 ppm. Esto asegura agua regular en el ciclo de bombeo.
- ❖ Con respecto a los beneficios con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022. Esto resulta muy útil para monitorear la presión de carga, el caudal y los sensores que indican la limpieza de los depósitos; todo esto significa que la electrobomba es compatible con la tecnología que permite la rotación del sistema de bombeo.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda continuar con el monitoreo del caudal de aguas subterráneas de niveles inferiores para determinar el requerimiento de un sistema de bombeo.
- ❖ Se recomienda analizar los costos de operación para sacar conclusiones de eficiencias en cuanto a costos.
- ❖ Evaluar algún cambio posible dentro de los componentes del sistema de bombeo para que esta implementación sea sostenible en el tiempo.
- ❖ Se recomienda utilizar instrumentos de última generación, mantenimiento adecuado y programado para que con estos tener más posibilidades en el tiempo de vida del sistema de bombeo.
- ❖ Fomentar el estudio donde se aborde el estudio e investigaciones de sistemas de bombeo utilizando distintos enfoques para poder crear modelos matemáticos efectivos de predicción de resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Espinoza Montes, C. A. 1 ed. (2010) Metodología de investigación tecnológica. Pensando en sistemas. Huancayo, Perú: Imagen Gráfica SAC..
- Caludio Mataix. 2 ed. Abril 1986. Mecanica de fluidos y Maquinas Hidraulicas Madrid, España. Ediciones del Castillo S.A.
- Karassik Igor J., William C. Krutzch, Warren H. Fraser, Joseph P. Messina. Manual de Bombas. Los Avestruzes 455, Callao, Perú. Editorial MgDRAW-HILL Latinoamericana S.A. (Hector Hurtado Rep. Regional).
- Tyler G. Hicks. 1 ed en español. (1960). Bombas, su selección y aplicacion. Calz. De Tlalpan Num 4620, Mexico22, C.F: Comañia Editorial Continental S.A.
- Antoni Luszczewski. 1 ed. 1999. Redes Industriales de tuberia, bombas para agua, ventiladores y compresores, diseño y construccion. San Luis Potossi, S.L.P. Reverte Ediciones S.A. de C.V.
- Manual de Motores Eléctricos. WEG MOTORES LTDA.
- Hidrostal, Manual de Información Técnica. 70
- Cesar Augusto Mendez Davila. 2012. Sistema de bombeo de agua de mina para un caudal de 1000 l/s altura estatica de 150 mts. en el nv. 3990 U.E.A. Uchucchacua de la Cia. de Minas Buenaventura S.A.A. [Tesis Profesional] Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Rudy Huaroc Huaman. 2011. Sistema de drenaje, para reducir las aguas subterranas en el area de trabajo Unidad Animon-Cerro de Pasco. [Tesis Profesional] Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Blanco, E., Velarde, S., & Fernández, J. (1994). Sistema de Bombeo. México:
- Gijón. Campos, B. (2018). Análisis Técnico-Económico para optimización del Sistema de Recuperaión de Agua por bombeo en una presa de relave. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
- Castro, A. (2015). Rehabilitación del Sistema Eléctrico de generación para la planta de bombeo de aguas negras KM 11+600 del Sistema Gran Canal mediante el cambio y suministro de un transformador de 2500 KVA nominales a 440V/4160V. Tesis de pregrado, Universidad Nacinal Autónoma de México, Bosques de Aragón.
- Chuquin, S. & Murminacho, E. (2013). Optimización de la producción de crudos pesados mediante bombeo electrosumergible de cavidad progresiva del campo Fanny 18B. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Corral, Y. (2019, 03 24). Confiabilidad y validez de instrumentos de investgación. Retrieved from <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-6->

Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf De Azevedo, J. & Acosta, A. (1975).

Manual de Hidráulica. Sao Paulo: Harla. De las Heras, S. (2011). Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas. Barcelona: La Factoria de Recursos Docentes. Diario Oficial El Peruano. (2018, 04 19). El Peruano. Retrieved from Aporte de la minería al PBI: <https://elperuano.pe/noticia-aporte-de-mineria-al-pbi-65726.aspx>

Dueñas, V. (2017). Modificación del impulsor y eje de la bomba centrífuga RPH-250 KSB para incrementar su disponibilidad en la empresa administradora Cerro S.A.C. - 2017. Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas.

Franco, J. (2015). Optimización del Sistema de Bombeo de agua subterránea, para satisfacer su demanda volumétrica, en Volcan Compañía Minera S.A.A - Unidad minera Chungar. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Guerrero, O. (2016). Diseño Hidráulico de un Sistema de bombeo y distribución para el abastecimiento de agua potable de la urbanización Venezuela de la parroquia. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador, Quito.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación . México: Mc Graw-Hill.

Herrera, J. & Ortiz de Urbina, F. (2007). Elementos de Minería. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Ilaya, A. (2010). Ingeniería Sanitaria II. Bolivia: Pearson.

Leon, J. (2018). Sistema de bombeo de agua en dos etapas para reducir costos en la mina Animon - unidad operativa Chungar de la. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco. Maletta, H. (2009).

Epistemología Aplicada: Metodología y técnica de la producción científica. ima: Nova Print S.A.C. Marroquin, R. (2014). Confiabilidad y validez de instrumentos de investigación. Retrieved from <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-6-Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>

Rey, W. (2013). Crecimiento no es desarrollo: Cómo lograr una sociedad con mayor bienestar y menor desigualdad. Huancayo: Acerva Ediciones.

Rodriguez, Y. (2014). Mejoramiento del Sistema de Bombeo para evacuación eficiente de aguas subterráneas en Volcan Compañía Minera S.A.A - Unidad San Cristobal. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Soto, C. (2012). Técnica de Control Autónomo de un Sistema de Bombeo de agua potable para una mayor eficiencia en su servicio en la unidad Doe Run Perú - Cobriza. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

Tamayo, C., y Silva, I. (n.d.). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Chimbote: Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Triola, M. (2009). Estadística. México: Pearson Educación.

# ANEXOS

## Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>	<b>V. INDEPENDIENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gestion del sistema de bombeo</li> <li>➤ Estudios basicos</li> </ul>
¿Cómo se realizará el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?	Realizar el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.	Es posible realizar el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.	Mejoramiento del sistema de bombeo	
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</b>	<b>V. DEPENDIENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Condiciones geológicas</li> </ul>
¿Cuáles son los estudios básicos que permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?	Elaborar los estudios básicos que permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.	Los estudios básicos permitirán el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.	Control de inundaciones y desbordes	
¿Cómo se analizará las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?	Analizar las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas en la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.	Las mejoras y control del funcionamiento de las bombas de las aguas beneficiaran a la unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.		
¿Qué beneficios se obtendrán con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022?	Conocer los beneficios con el mejoramiento del sistema de bombeo para el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.	El mejoramiento del sistema de bombeo permitirá el control de inundaciones y desbordes unidad minera Ticlio- Volcán S.A.A. 2022.		

## Anexo 2: Permisos y aprobación de plan de minado

# CARGO

Sumilla:

Adjunta ~~Acta de Aprobación del Plan de~~  
Minado para el año 2020 de UEA TICLIO

24/10/2019

Nº Registro : 2989418

Caja : MICOPIG Hora : 15:35

La escopeta de documento es el señal de confidencial

AL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS  
A LA DIRECCIÓN GENERAL DE MINERÍA

SEÑOR DIRECTOR:

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A., con RUC 20383045267, representada por el señor Ruben Rojas Manrique, identificado con DNI N° 09763181, inscrito en la partida 11363057 del Registro de Personas Jurídicas, con domicilio en la Av. Manuel Olguín 375, Santiago de Surco, atentamente decimos:

Que en cumplimiento a lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 024-2016-EM, y su modificatoria el Decreto Supremo N° 023-2017-EM, remitimos a su Despacho:

- El Acta de Aprobación del Plan de Minado para el año 2020 de UEA TICLIO

**POR TANTO:**

Solicitamos a usted, señor Director General de Minería, tener por cumplida la obligación y proveer con arreglo a Ley.

Lima, 24 de octubre 2019

VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

  
.....  
ROSEN ROJAS MANRIQUE  
APODERADO



**ACTA DE APROBACIÓN DEL PLAN ANUAL DE MINADO 2020**  
**UNIDAD MINERA TICLIO**

Yo, John Casimiro Quispe Loayza, identificado con DNI N° 40996000, y en mi calidad de GERENTE DE OPERACIONES de la UEA TICLIO, y en cumplimiento a lo establecido en el artículo 29° del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 024-2016-EM, y su modificatoria Decreto Supremo N° 023-2017-EM, mediante el presente documento y en atención a las normas antes mencionados, se da la **APROBACIÓN DEL PLAN ANUAL DE MINADO PARA EL AÑO 2020 DE LA UEA TICLIO**, el mismo que ha sido elaborado por el Ing. Roberto Jesus Leon Padilla con CIP N° 120672 conforme a las disposiciones del ANEXO I del Decreto Supremo N° 024-2016-EM, modificado por el Decreto Supremo N° 023-2017-EM.

Lima, 14 de octubre 2019

  
VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A.  
JOHN QUISPE LOAYZA  
GERENTE DE OPERACIONES  

---

John Casimiro Quispe Loayza  
DNI N° 40996000







## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

### **ACTA N° 007-2023-FIMGC**

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 058-2023-FIMGC-D**, siendo los treinta y un días del mes de enero del 2023, a horas 8:00 am.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, Jurado el **Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**, Jurado el **Mg. Ing. Amílcar TACURI GAMBOA**, Jurado - Asesor el **MSc. Ing. José Agustín ESPARTA SANCHEZ** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada **“MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y DESBORDES UNIDAD MINERA TICLIO VOLCAN S.A.A. 2022”**, presentado por el/la Sr./Srta., **Kukin MUÑOZ MALLQUI**, Bachiller en **Ciencias de la Ingeniería Minas**.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **15 (quince)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.



Firmado digitalmente por  
Efraín Elías Porras Flores  
Fecha: 2023.02.02 19:42:46  
-05'00'

**Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**  
Presidente



Firmado digitalmente  
por Dr. Johnny Henry  
Ccatamayo Barrios  
Fecha: 2023.02.01  
22:18:09 -05'00'

**Dr. Ing. Johnny Henry CCATAMAYO BARRIOS**  
Jurado



Firmado digitalmente por Mg.  
Ing. José Agustín Esparta  
Sánchez  
Fecha: 2023.02.01 11:25:27  
-05'00'

**MSc. Ing. José Agustín ESPARTA SANCHEZ**  
Jurado Asesor



Firmado digitalmente por  
Ing. Amílcar Tacuri Gamboa  
Fecha: 2023.01.31 16:11:57  
-05'00'

**Mg. Ing. Amílcar TACURI GAMBOA**  
Jurado

Firmado  
digitalmente por  
**LEZAMA CUELLAR  
CHRISTIAN**

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**  
Secretario del Proceso



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### CONSTANCIA N° 011-2023-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 281-2022-FIMGC- UNSCH-D**, deja constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : MUÑOZ MALLQUI, Kukin  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA DE MINAS  
**Título de la Tesis** : MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y DESBORDES UNIDAD MINERA TICLIO- VOLCAN S.A.A., 2022  
**Evaluación de la Originalidad** : 25 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 2000348931

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 27 de enero del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
**SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Firmado digitalmente  
por LEZAMA  
CUELLAR CHRISTIAN

**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado

# MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y DESBORDES UNIDAD MINERA TICLIO- VOLCAN S.A.A., 2022

*por* Kukin Muñoz Mallqui

---

**Fecha de entrega:** 27-ene-2023 12:05a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2000348931

**Nombre del archivo:** Tesis\_MU\_OZ\_MALLQUI,\_KUKIN\_EPIM.pdf (3.88M)

**Total de palabras:** 17674

**Total de caracteres:** 98018

# MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y DESBORDES UNIDAD MINERA TICLIO-VOLCAN S.A.A., 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repository.uniminuto.edu">repository.uniminuto.edu</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="https://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="https://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
6	<a href="https://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
7	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
10	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://safetyclub.cl">safetyclub.cl</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://aleph.org.mx">aleph.org.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.powtoon.com">www.powtoon.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://prepaenlineaweb.blogspot.com">prepaenlineaweb.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://sistemaderiego.mx">sistemaderiego.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a>	

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía      Activo