



**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO**  
**SISTEMA DE GESTIÓN PARA CONTROLAR EL RIESGO DE COLAPSO DE UNA**  
**PRESA DE RELAVES EN LA UNIDAD MINERA CARAHUACRA, EN LA**  
**PROVINCIA DE YAULI EN EL AÑO 2019**

**Línea de investigación:**

**Biodiversidad, ecología y conservación**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de  
Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Gomez Gonzalez, Luis Alfredo

**Asesora:**

Hinojosa Pedraza, Karina Inés  
(ORCID: 0000-0003-1237-9110)

**Jurado:**

Estrada Lau, Manuel  
Valdivia Orihuela, Braulio Armando  
Miranda Jara, Angelica Ysabel

**Lima - Perú**

**2023**

# SISTEMA DE GESTIÓN PARA CONTROLAR EL RIESGO DE COLAPSO DE UNA PRESA DE RELAVES EN LA UNIDAD MINERA CARAHUACRA, EN LA PROVINCIA DE YAULI EN EL AÑO 2019.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | <a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a><br>Fuente de Internet                           | 4% |
| 2 | <a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | 3% |
| 3 | <a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a><br>Fuente de Internet         | 2% |
| 4 | <a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a><br>Fuente de Internet       | 1% |
| 5 | <a href="http://www.volcan.com.pe">www.volcan.com.pe</a><br>Fuente de Internet                     | 1% |
| 6 | <a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a><br>Fuente de Internet | 1% |
| 7 | <a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a><br>Fuente de Internet                   | 1% |
| 8 | <a href="http://s3-us-west-2.amazonaws.com">s3-us-west-2.amazonaws.com</a><br>Fuente de Internet   | 1% |



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

SISTEMA DE GESTIÓN PARA CONTROLAR EL RIESGO DE COLAPSO DE UNA  
PRESA DE RELAVES EN LA UNIDAD MINERA CARAHUACRA, EN LA PROVINCIA  
DE YAULI EN EL AÑO 2019.

Línea de investigación: Biodiversidad, ecología y conservación

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor**

Gomez Gonzalez, Luis Alfredo

**Asesor**

Hinojosa Pedraza, Karina Inés

ORCID: Código 0000-0003-1237-9110

**Jurado**

Estrada Lau, Manuel

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Miranda Jara, Angelica Ysabel

Lima – Perú

2023

## Índice

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN.....                                     | 4  |
| ABSTRACT.....                                    | 5  |
| I. INTRODUCCIÓN.....                             | 6  |
| 1.1. Trayectoria del autor.....                  | 7  |
| 1.2. Descripción de la empresa.....              | 10 |
| 1.2.1. Datos generales.....                      | 11 |
| 1.2.2. Visión y misión de la empresa.....        | 11 |
| 1.2.3. Actividades de la empresa.....            | 12 |
| 1.3. Organigrama de la empresa.....              | 13 |
| 1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....         | 14 |
| II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA..... | 15 |
| 2.1. Problema general.....                       | 15 |
| 2.2. Objetivos.....                              | 15 |
| 2.2.1. <i>Objetivo general</i> .....             | 15 |
| 2.2.2. <i>Objetivo específico</i> .....          | 15 |
| 2.3. Marco conceptual .....                      | 16 |

|   |    |
|---|----|
| 2.4. Metodología.....                                       | 20 |
| 2.4.1. <i>Diseño del sistema de gestión ambiental</i> ..... | 20 |
| 2.4.2. <i>Pilares del sistema de gestión</i> .....          | 21 |
| 2.4.3. <i>Herramientas Temáticas</i> .....                  | 22 |
| 2.4.4. <i>Riesgos Críticos Ambientales</i> .....            | 26 |
| 2.4.5. <i>Riesgo Crítico ruptura de relaveras</i> .....     | 27 |
| 2.4.5.1. Módulo Planificación.....                          | 27 |
| 2.4.5.2. Módulo Documentación.....                          | 31 |
| 2.4.5.3. Módulo Monitoreo.....                              | 32 |
| 2.4.5.4. Módulo Evaluación.....                             | 34 |
| 2.4.5.5. Módulo Información.....                            | 35 |
| 2.4.5.6. Módulo Entrenamiento.....                          | 36 |
| 2.4.5.7. Módulo Operación.....                              | 37 |
| 2.4.5.8. Módulo Riesgos.....                                | 40 |
| 2.4.5.9. Módulo Emergencias.....                            | 42 |
| 2.4.5.10. Módulo Legislación.....                           | 44 |
| III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....              | 45 |
| IV. CONCLUSIONES.....                                       | 46 |
| V. RECOMENDACIONES.....                                     | 47 |
| VI. REFERENCIAS.....  | 48 |

## RESUMEN

El presente informe de titulación por suficiencia profesional tiene como objetivo plasmar mi experiencia en la gestión de la seguridad, salud y ambiente de la unidad minera Carahuacra, esto se ha realizado mediante la implementación de herramientas temáticas y 08 riesgos críticos, los cuales fueron identificados tomando en cuenta las mejores prácticas ambientales del sector minero, con la finalidad de focalizar los controles operativos en las actividades que involucren estos riesgos. El informe se enfoca en uno de estos riesgos críticos, el de ruptura de presa de relaves, por ello se describirá el sistema de gestión de depósitos de residuos, que tiene como finalidad garantizar una operación segura de la presa de relaves, mediante la implementación de los 10 módulos que lo componen, los cuales son: planificación, documentación, monitoreo, evaluación, información, capacitación, operación, riesgos, emergencias y legislación. Lográndose determinar las responsabilidades de los líderes de área en la implementación de cada módulo, identificar los peligros, evaluar los riesgos y determinar controles, a los cuales se les realizara seguimiento mediante el monitoreo de la estabilidad físico química de la presa de relaves, evaluando estos resultados de manera periódica, por los principales actores involucrados en el proceso.

*Palabras Claves: Presa de relaves, riesgos críticos y sistema de gestión*

## ABSTRACT

The purpose of this report is to describe my experience in the management of safety, health and environment of the Carahuacra mining unit, this has been done through the implementation of thematic tools and 08 critical risks, which were identified taking into account the best environmental practices in the mining sector, in order to focus operational controls in the activities involving these risks. The report focuses on one of these critical risks, that of tailings dam rupture, therefore the tailings deposit management system will be described, which has as the implementation of the 10 modules that compose it, which are: planning, documentation, monitoring, evaluation, information, training, operation, risks, emergencies and legislation. The responsibilities of the area leaders in the implementation of each module will be determined, identifying hazards, evaluating risks and determining controls, which will be followed up by monitoring the physical and chemical stability of the tailings dam, evaluating these results periodically, by the main actors involved in the process.

*Keywords:* Tailings dam, critical risks and management system

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad minera es una de las actividades económicas más importantes en el país y asimismo, su operación presenta un alto riesgo de producir impactos ambientales significativos, uno de estos riesgos, es el colapso de la presa de relaves, del cual se tiene registros alrededor del mundo de cómo ha ocasionado lamentables pérdidas humanas y alterado la biodiversidad del entorno, sumado también a las cuantiosas sumas económicas que se requiere para la recuperación de las áreas impactadas o la compensación a las partes involucradas en estos sucesos.

Siendo la prevención de estos eventos, uno de los objetivos de una operación ambientalmente segura, se ha desarrollado un sistema de gestión de depósitos de residuos, el cual se ha implementado en la unidad económica administrativa de Carahuacra en el año 2019, compuesto por 10 módulos, los cuales son: Planificación, documentación, monitoreo, evaluación, información, capacitación, operación, riesgos, contingencias y legislación, estos están orientados a garantizar la operación segura de los depósitos.

Para describir este sistema de gestión específico, la estructura de los siguientes capítulos del presente informe se organizó de la siguiente manera, en el primer capítulo se menciona la trayectoria del autor, descripción de la empresa minera, el organigrama de la empresa y las funciones que el autor desempeño durante el tiempo laborado. En el segundo capítulo nos muestra el sistema de gestión de depósitos de residuos mediante sus 10 módulos. En el tercer capítulo se menciona los aportes más destacables a la empresa durante la implementación del sistema de gestión de depósitos de residuos y la actividad de supervisión del autor. En el cuarto capítulo se señala las conclusiones de la implementación del sistema de gestión del depósito de residuos para la presa de relaves en la unidad minera. En el quinto capítulo dan las recomendaciones para la mejora del sistema de gestión de depósito de residuos y finalmente en el sexto capítulo se presenta las referencias bibliográficas utilizadas para el presente informe.



## 1.1. Trayectoria del autor

A continuación, se detalla la trayectoria del autor:

### *1.1.1 Grado académico*

Universidad Nacional Federico Villarreal

Bachiller en ingeniería ambiental

Año 2016

### *1.1.1 Certificación profesional*

- Institución 1:

Nombre de la institución educativa: Universidad nacional de ingeniería

Curso: Diploma de especialización de sistema de gestión ISO 14001

Tiempo: Año 2012

- Institución 2:

Nombre de la institución educativa: Centro latinoamericano de postgrado

Curso: Diploma de especialización de sistema de gestión ISO 14001

Tiempo: Año 2017

- Institución 3:

Nombre de la institución educativa: Tecsup

Curso: Concentración de minerales.

Tiempo: Año 2017

- Institución 4:

Nombre de la institución educativa: Centro latinoamericano de postgrado

Curso: Diplomado de elaboración de EIA y remediación de pasivos ambientales mineros.

Tiempo: Año 2019

- Institución 5:

Nombre de la institución educativa: Amv consultores

Curso: Manejo y disposición de relaves mineros.

Tiempo: Año 2020

- Institución 6:

Nombre de la institución educativa: Cesap jurídico

Curso: Diplomado de derecho, regulación y fiscalización ambiental

Tiempo: Año 2022

### ***1.1.2 Área de experiencia***

- Institución 1:

Nombre de la empresa; Volcan compañía minera

Actividad de la empresa: Operación Minera.

Función laboral: Practicante pre profesional, Lima.

Actividad laboral: Apoyo del coordinador corporativo de medio ambiente realizando

los reportes a la gerencia de los resultados de monitoreo ambiental de las unidades mineras y recolección de la información para la gestión de permisos e instrumentos de gestión ambiental.

Tiempo laborado: Desde el abril del hasta agosto del 2015.

- Institución 2:

Nombre de la empresa; Volcan compañía minera

Actividad de la empresa: Operación Minera.

Función laboral: Practicante profesional, Ticlio.

Actividad laboral: Seguimiento y reporte a gerencia de la implementación del sistema de gestión ambiental, participación del proceso de auditoría interna del sistema de gestión ambiental y el reporte de indicadores ambientales a la gerencia de Asuntos ambientales de volcán.

Tiempo laborado: Desde setiembre 2015 hasta agosto del 2016.

- Institución 3:

Nombre de la empresa; Volcan compañía minera

Actividad de la empresa: Operación Minera.

Función laboral: Supervisor de asuntos ambientales.

Actividad laboral: Coordinar e implementar el sistema de gestión ambiental basado en riesgos críticos en la unidad, así como del control ambiental de los diversos componentes, entre ellos la presa de relaves, esto en cumplimiento de los compromisos ambientales asumidos en los diferentes instrumentos de gestión ambiental.

Tiempo laborado: Desde Setiembre del 2016 hasta junio del 2020.

- Institución 4:

Nombre de la empresa: Gestión minera integral.

Actividad de la empresa: Operación Minera.

Función laboral: Asistente de jefatura de medio ambiente.

Actividad laboral: Coordinar con los supervisores de campo las distintas actividades en los frentes de trabajo como, recrecimiento de relavera, mantenimiento de vías, almacén de residuos, relleno sanitario, vivero y tratamiento de agua residual en interior mina, soporte en el cumplimiento de las acciones de implementación del sistema de gestión ambiental ISO 14001 de Gestión Minera Integral y supervisar la ejecución del monitoreo ambiental de agua, de los 13 puntos ubicados en interior mina.

Tiempo laborado: Desde Octubre 2022 hasta la actualidad.

## **1.2. Descripción de la empresa**

La Unidad Económica Administrativa Carahuacra de la empresa Volcan Compañía Minera S.A.A., es un yacimiento polimetálico, se encuentra a 4 Km. del pueblo de Yauli, es accesible por la carretera central a partir de un ramal de 18 Km. desde Pachachaca. El centro metalúrgico de La Oroya dista 40 Km. de la planta. La Planta Concentradora Victoria, ubicada en esta unidad, empezó a operar en el año de 1960, procesando cantidades de mineral polimetálico acorde con las posibilidades de explotación de la mina Carahuacra y la cantidad de equipos mecánicos disponibles en la concentradora. Con el transcurrir del tiempo, se incrementó el proceso y se renovaron los equipos instalados inicialmente. El mineral económico se encuentra en vetas y cuerpos de sulfuros de Cu, Pb, Zn, Fe, asociados a ganga

de caliza y silicatos con presencia de pirita.

Volcan Compañía Minera S. A. A., en cumplimiento con las normas legales vigentes (D.S. N° 040-2014-EM Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero), elaboró el Plan Estratégico de Manejo Ambiental de la UEA Carahuacra.

La Gestión Ambiental de Carahuacra, esta direccionada por su política ambiental y por procedimientos, instructivos, manuales y protocolos que fijan los lineamientos a tener en cuenta para el manejo adecuado de los impactos ambientales que la operación genera, para ello contamos con el Sistema de Gestión Ambiental, herramienta empleada para gestionar los aspectos ambientales buscando mejorar el desempeño de los procesos, relacionándolos con sus condiciones iniciales de las operaciones, hasta mantener sus riesgos controlados y monitoreados. El sistema de gestión ambiental que desarrollamos en nuestras operaciones nos ha permitido la fijación de metas y el alcance de objetivos.

### ***1.2.1. Datos generales***

- Empresa: Volcan Compañía Minera S.A.A.
- Gerente General: Carlos Francisco Fernández Navarro
- RUC: 20383045267
- Dirección: Av. Manuel Olguin urb. los granados 375, Santiago de Surco - Lima

### ***1.2.2. Visión y misión de la empresa***

#### **Misión**

“Somos un grupo minero de origen peruano que persigue la maximización de valor a sus accionistas, a través de la excelencia operativa y de los más altos estándares de seguridad y manejo ambiental, contribuyendo al desarrollo de su personal y de su entorno” (Volcan compañía minera S.A.A.,2020, *Misión*).

**Visión**

“Al 2021, ser una de las principales empresas mineras diversificadas en metales base y preciosos, líder en crecimiento y excelencia operativa, actuando con responsabilidad social y con un equipo humano comprometido y altamente calificado” (Volcan compañía minera S.A.A.,2020, *Misión*).

**1.2.3. Actividades de la empresa**

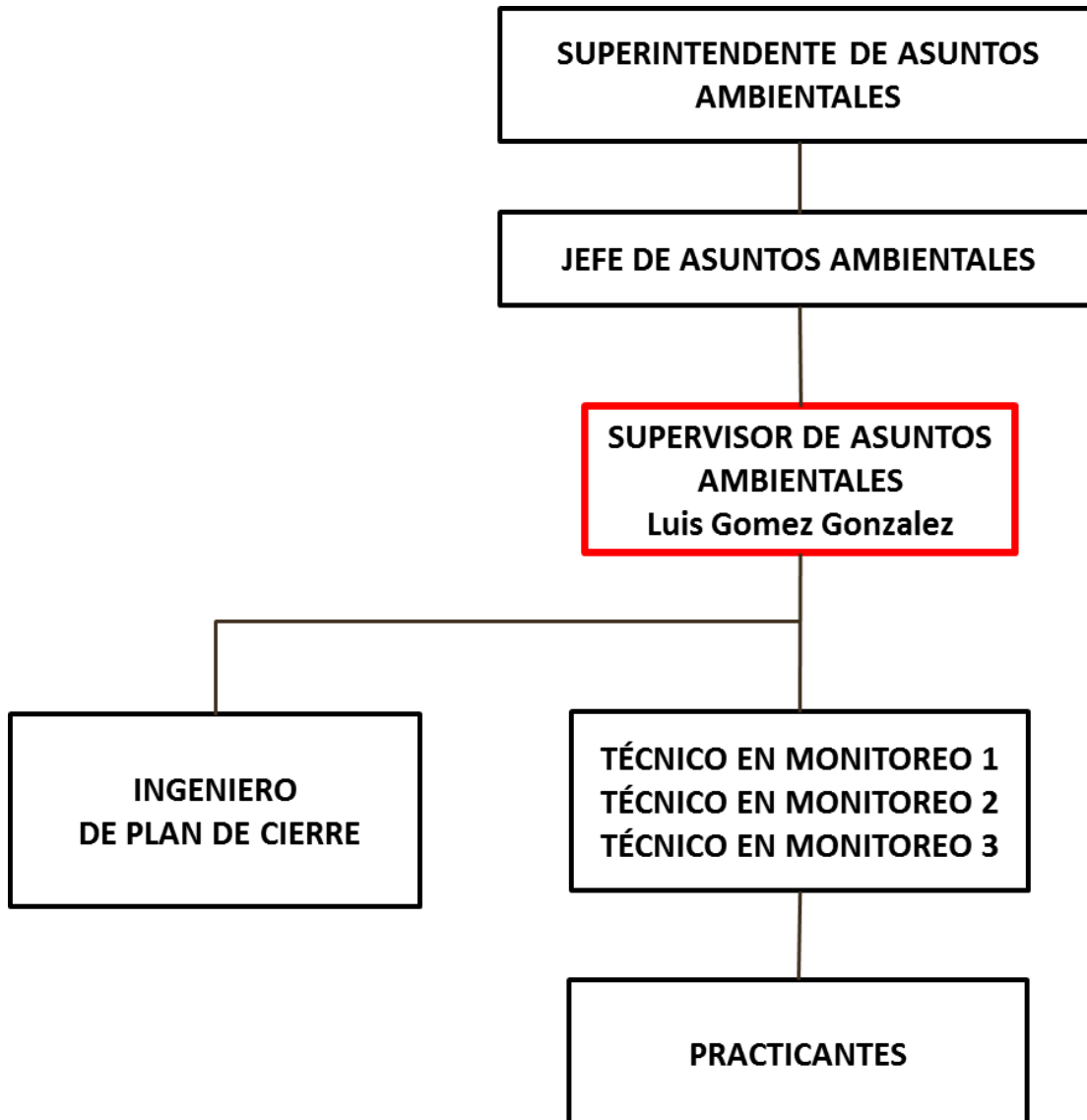
Los principales servicios que brinda la empresa son:

- Operaciones mineras ubicadas en la sierra central del Perú.
- Centrales hidroeléctricas ubicadas cerca de sus actividades mineras.
- Proyecto de complejo portuario y logístico de Chancay.

### 1.3. Organigrama de la empresa

Figura 1

*Organigrama del área de asuntos Ambientales*



#### 1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Área: Asuntos Ambientales

*Cargo: Supervisor de Asuntos Ambientales*

***Funciones:***

- Supervisión del personal operativo del almacén y relleno de residuos sólidos, 03 plantas de tratamiento de aguas residuales, asegurando el cumplimiento de los procedimientos y estándares de seguridad.
- Dar soporte a las áreas operativas en la identificación de aspectos ambientales, evaluación de riesgos en sus actividades rutinarias, nuevos proyectos y seguimiento de los indicadores de desempeño ambiental para su gestión según el modelo de mejora continua.
- Elaboración de informes de cumplimiento de los compromisos establecidos en los diferentes Instrumentos de Gestión Ambiental de las unidades mineras de Ticlio, San Cristobal, Carahuacra y Andaychagua.
- Acompañamiento durante las supervisiones realizadas por el OEFA y ANA, de igual manera la coordinación para la elaboración de informes de respuesta y cumplimiento de las medidas correctivas.



## II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

A continuación, se describirá la implementación del sistema de gestión para la prevención del riesgo de colapso de la presa de relaves en la unidad minera de Carahuacra:

### 2.1. Problema general

¿De qué manera un sistema de gestión puede controlar el riesgo de colapso de una presa de relaves?

### 2.2. Objetivos

#### 2.2.1 *Objetivo general:*

Describir el sistema de gestión para controlar el riesgo de colapso de una presa de relaves, en la unidad minera Carahuacra, en la provincia de Yauli, en el año 2019.

#### 2.2.2 *Objetivo específico:*

- Determinar la responsabilidad de los actores involucrados en el sistema de gestión de depósitos de residuos.
- Identificar los peligros y riesgos asociados a la operación de la presa de relaves.
- Describir el proceso de monitoreo de la estabilidad física y química de la presa de relaves.
- Describir el proceso de evaluación de la estabilidad física y química de la presa de relaves.

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 *Relaves***

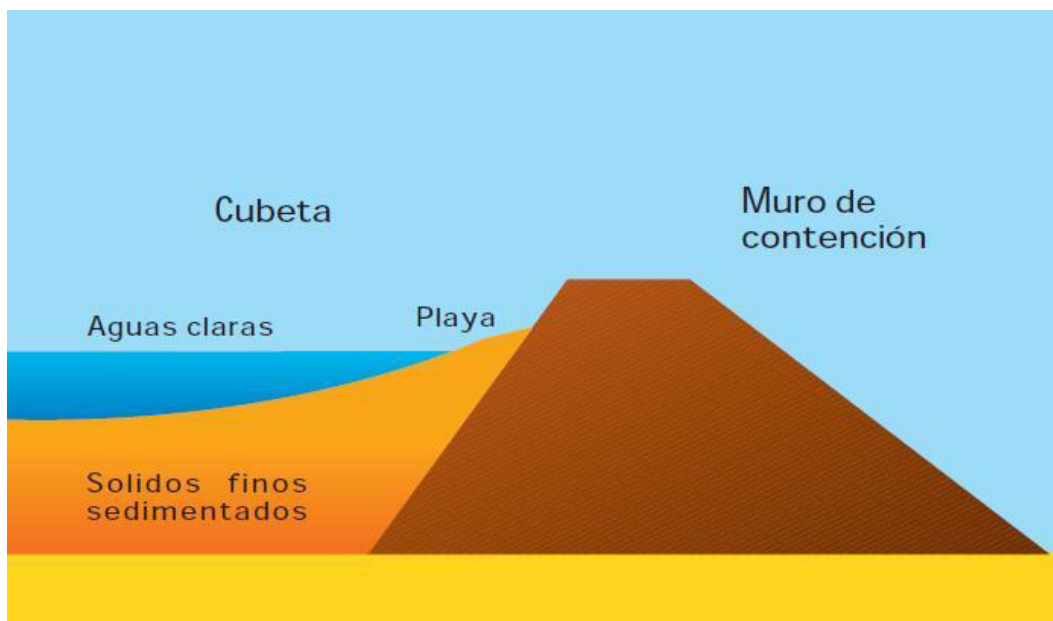
Se define como relave o colas a:

Los residuos producidos durante el proceso de flotación, estos contienen material arenoso constituido por sólidos que no presentan mayor interés económico tales como arenas de sílice, micas, feldspatos, óxidos, sulfuros, así como una variedad de sustancias de origen rocoso y otros. También contienen un porcentaje de agua y roca molida sedimentada, que puede presentarse en forma de pulpa líquida, semilíquida o en estado sólido una vez extraído el exceso de agua. (Tecsup, 2015, p.8)

### **2.3.2 *Presa de relaves***

La presa o también llamada tranque de relaves Soledad y Martínez (2003) señalan:

Es una obra que se construye para contener en forma segura los relaves que provienen de una planta, de beneficio de minerales, por flotación de relaves. Está formado por un muro de contención, construido con la fracción gruesa del relave y una cubeta. En la cubeta los sólidos finos se sedimentan y en la superficie va formando una laguna de aguas claras. (p.5)

**Figura 2***Presa de relaves*

Nota: Tomado de Rivas y Martínez, 2003, Guía de buenas prácticas ambientales para la pequeña minería. Construcción y operación de tranques de relaves.

### **2.3.3 Métodos de construcción de una presa de relaves**

Los métodos de construcción que se usan comúnmente en una presa de relaves son:

(a) Método de construcción aguas arriba: Ramírez (2007) indica:

El método aguas arriba consiste en un muro inicial construido con material de empréstito compactado sobre el cual se inicia la depositación de los relaves; en la que se utiliza clasificadores denominados "hidrociclones". La fracción más gruesa o arena se descarga por el flujo inferior del hidrociclón (underflow) y se deposita junto al muro inicial; mientras que la fracción más fina o lamas, que sale por el flujo superior del hidrociclón (Overflow), se deposita hacia el centro del tranque en un punto más alejado del muro, de modo tal que va formando una especie de playa al sedimentarse las partículas más pesadas de lamas. En este proceso, gran parte del agua escurre

formando el pozo de sedimentación o laguna de sedimentación, la que una vez libre de partículas en suspensión es evacuada mediante un sistema de estructura de descarga, que pueden ser las denominadas torres de evacuación, o bien se utilizan bombas montadas sobre una balsa flotante. Una vez que el depósito se encuentra próximo a llenarse se procede a levantar el muro desplazando los hidrociclones a una mayor elevación en dirección hacia aguas arriba. Con ello, se comienza una nueva etapa de descarga de arenas y peralte del muro. Este método es el que produce el tipo de muro menos resistente frente a eventos sísmicos. Por tanto, en la actualidad no está contemplado aprobar este tipo de proyectos de tranques de relaves. (p.9)

(b) Método de construcción aguas abajo. Ramirez (2007) menciona:

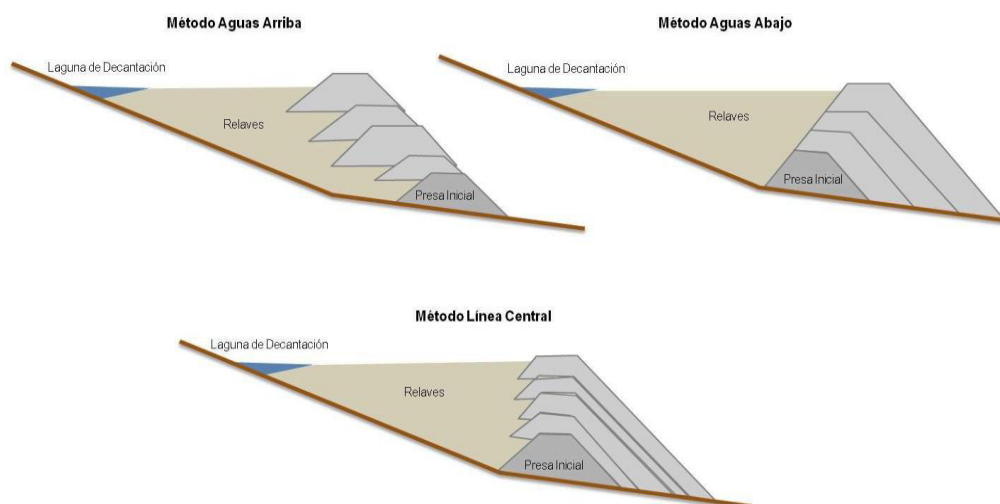
La construcción se inicia con un muro de material de empréstito compactado desde el cual se vacía la arena cicloneada al lado del talud aguas abajo de este muro y las lamas se depositan en el talud aguas arriba. Cuando el muro se ha peraltado lo suficiente (usualmente es 2 a 4 metros) se efectúa el levante de este, desplazando así los hidrociclones a una mayor elevación en dirección hacia aguas abajo, cuya operación inicia una nueva etapa de descarga de arenas y peralte del muro. A veces se dispone de un segundo muro preexistente aguas abajo. Las arenas se pueden disponer en capas inclinadas según el manto del talud del muro de partida, o bien, disponerlas en capas horizontales hacia aguas abajo del muro de partida. Este método de aguas abajo requiere de un gran volumen de arena, permite lograr muros resistentes más estables del punto de vista de la resistencia sísmica. (p.10)

(c) Método de construcción eje central o mixto. Para este método Ramirez (2007) señala:

El método eje central o mixto se inicia, igual que los métodos anteriores, con un muro de partida de material de empréstito compactado sobre el cual se depositan las arenas cicloneadas hacia el lado de aguas abajo y las lamas hacia el lado de aguas arriba. Una vez completado el vaciado de arenas y lamas correspondiente al muro inicial, se eleva la línea de alimentación de arenas y lamas, siguiendo el mismo plano vertical inicial de la berma de coronamiento del muro de partida. Lo que permite lograr un muro de arena: su eje se mantiene en el mismo plano vertical, el talud de aguas arriba es más o menos vertical y el talud de aguas abajo puede tener la inclinación que el diseño considera adecuado. Este método requiere disponer de un volumen de arenas intermedio entre los dos métodos anteriores y permite lograr muros suficientemente estables. (p.11)

### Figura 3

#### *Métodos de construcción de presas de relaves*



Nota: Tomado de Padrino, 2018, Lecciones sobre Fallas en Presas de Relaves y de Desechos Mineros.

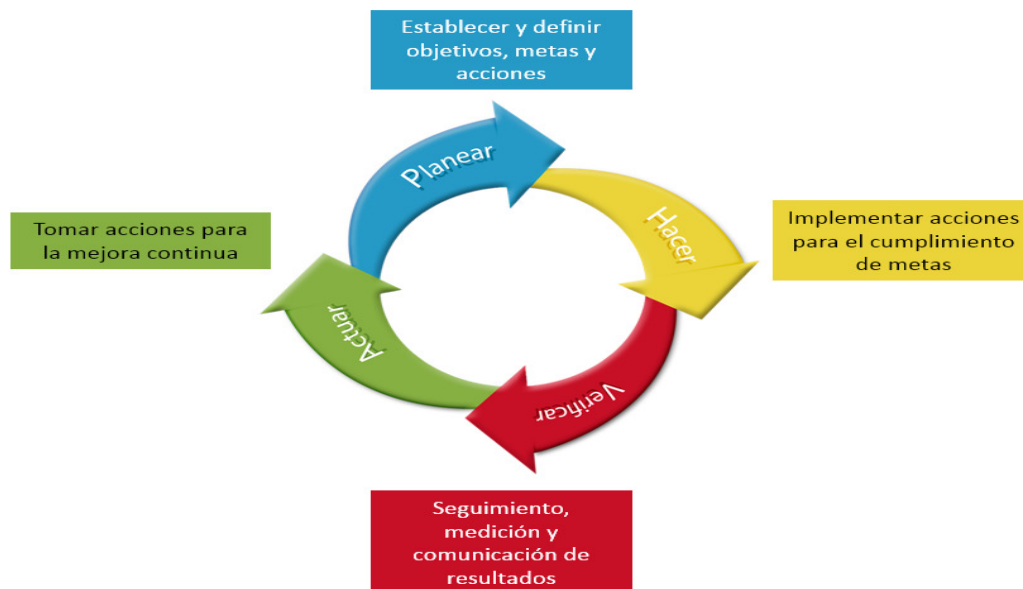
## 2.4 Metodología

### 2.4.1 Diseño del sistema de gestión ambiental

- Un sistema de gestión es “conjunto de elementos de una organización, interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, y objetivos y procesos para el logro de estos objetivos.” (Organización Internacional de Normalización, 2016).
- En la compañía minera, para que los proceso que involucren aspectos ambientales funcionen de manera conveniente, se realizara la implementación del sistema de gestión basado en el ciclo de Deming de mejora continua.

#### Figura 4

##### *Ciclo de mejora continua*



Nota: Tomado de Volcan compañía minera, 2018, Gestión ambiental.

## 2.4.2 Pilares del sistema de gestión

**Figura 5**

*Pilares del sistema de gestión*



Nota: Tomado de Volcan compañía minera, 2018, Gestión ambiental.

**A) Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles (IPERC Base).** “Es la metodología utilizada para identificar y evaluar los riesgos ambientales asociados a nuestras actividades, con el objetivo de proteger a personas, al medio ambiente y a las propiedades para asegurar la continuidad operacional” (Volcan compañía minera S.A.A., 2018, p.10).

**B) Querer (comportamiento).** “Factores motivacionales que permiten o no realizar los comportamientos esperados” (Desirée, 2020).

**C) Saber (Conocimiento).** “Habilidades que permiten poner en práctica los conocimientos que posee” (Desirée, 2020).

**D) Poder (Condiciones).** “Posibilidades reales de cada persona para alcanzar los objetivos” (Desirée, 2020).

### 2.4.3 Herramientas Temáticas

Sobre la base de los 04 pilares se han desarrollado las siguientes herramientas temáticas:

**Figura 6**

*Herramientas temáticas del sistema de gestión*



Nota: Tomado de Volcan compañía minera, 2018, Gestión ambiental.



**A) Política.** En este documento se encuentra los compromisos que la compañía asume en la gestión de seguridad, salud ocupacional, ambiental y calidad.


**Figura 7**


*Política del sistema de gestión*

**Volcan Compañía Minera S.A.A. y Subsidiarias** dedicadas a la exploración, explotación, tratamiento, beneficio de minerales y generación de energía, cumpliendo con los altos estándares de calidad en todas las etapas de sus procesos, está convencida de que las enfermedades ocupacionales y accidentes e incidentes con daño a las personas, ambiente, equipos o instalaciones son evitables.


Bajo este principio la Alta Gerencia lidera todas las actividades en Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, Ambiental y Calidad de manera segura y responsable, respetando a sus colaboradores, clientes, proveedores, visitas, contratistas y comunidades, comprometiéndose a:

- 1** *Identificar, evaluar, controlar los peligros, riesgos, aspectos ambientales y factores de riesgo en todas sus actividades*, estableciendo medidas preventivas y de respuesta a emergencias que garanticen la seguridad, salud de las personas, la integridad del patrimonio, el cuidado del ambiente y calidad.


- 2** *Gestionar y proveer* a toda la organización de los recursos requeridos para asegurar el cumplimiento de los compromisos de esta política.


- 3** *Educar, capacitar, concientizar y sensibilizar* a todos los colaboradores en el entendimiento de la política, cumplimiento de las normas, objetivos y metas establecidas por la Compañía en relación a la Gestión de Seguridad, Salud, Ambiental y Calidad en el trabajo.


- 4** *Buscar la mejora continua de sus procesos productivos, el desempeño en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad* mediante el monitoreo de indicadores y el Sistema de Gestión Integrado.


- 5** *Promover la participación y consulta* de los colaboradores y sus representantes en todos los elementos del Sistema de Gestión integrado.


- 6** *Cumplir o superar los requisitos legales* relacionados con las actividades de la Compañía en relación a la prevención en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad.



Lima, 28 de abril del 2017

Nota: Tomado de Volcan compañía minera, 2018, Gestión ambiental.

**B) Requisitos Legales.** Con esta herramienta temática se busca el cumplimiento de la normativa ambiental vigentes y de las obligaciones ambientales, técnicos y legales contempladas en los instrumentos de Gestión Ambiental y las resoluciones de aprobación (EIA, MEIA, Licencias de agua y vertimiento, CIRA).

**C) Objetivos y Metas.** Son establecidos por la compañía minera, en base a la política ambiental, proyectos y requisitos legales.

**D) Auditoria.** Esta herramienta temática gestiona las directrices para planificar, programar, ejecutar, y elaborar el informe de auditoría, así como también, el manejo de las acciones de mejora que se requieran. También, establece los criterios de calificación para la selección de auditores internos y los requisitos para mantener este nombramiento.

**E) Gestión de riesgos / Disciplina Operativa.** Herramienta temática que busca a través de sus herramientas de gestión, la adecuada administración de los riesgos en los procesos y/o actividades rutinarias y no rutinarias durante todo el ciclo de la actividad minera, así como garantizar que en la organización los estándares y procedimientos, se encuentren disponibles, sean de calidad, se comuniquen a todo el personal y se asegure su cumplimiento en todas las operaciones.

**F) Auditorías de comportamiento seguro.** Herramienta temática que gestiona las observaciones metódicas e interacción con los colaboradores, con énfasis en el comportamiento y actitudes de las personas durante la realización de cualquier actividad, a través de una técnica positiva de abordaje y enfocado en la concientización, feedback, motivación y compromiso del buen desempeño en SSOMAC.

**G) Investigación de incidentes.** Esta herramienta temática indica los lineamientos para clasificar los incidentes, así como también da las pautas para una adecuada investigación

y análisis de incidentes que sucedan durante las actividades desarrolladas, con la finalidad de prevenir su recurrencia u ocurrencia.

**H) Gestión de contratistas.** A través de esta herramienta se señala los requisitos que deben cumplirse en la contratación de servicios, contratación de obras, con el fin de asegurar una adecuada Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad.

**I) Condiciones sub estándar.** Mediante esta herramienta se gestiona cualquier condición que, por su sola existencia, podría originar un incidente con daño a la integridad física o salud de la persona, al medio ambiente o al patrimonio. Es toda condición en el entorno de trabajo que puede causar un accidente.

**J) Riesgos críticos de seguridad.** Esta herramienta temática establece cuales son aquellos riesgos más relevantes que pueden afectar a las personas, causándole la muerte o un daño severo, así como también el daño a los equipos o materiales ocasionando la paralización de las operaciones y gestiona a mediante un conjunto de lineamientos contenidos en estándares individuales por cada riesgo crítico, la manera de controlar estos riesgos durante el desarrollo de las operaciones mineras.

**K) Salud ocupacional.** Esta herramienta temática promueve la protección de la salud de los trabajadores de la compañía minera, mediante la prevención y el control de las enfermedades ocasionadas por la actividad laboral.

**L) Capacitación, comunicación y motivación.** Herramienta con la cual se prioriza la transmisión de conocimientos teóricos y prácticos para el desarrollo de aptitudes, conocimientos, habilidades y destrezas acerca del proceso de trabajo, la prevención de los riesgos, la seguridad y la salud ocupacional de los trabajadores.

#### 2.4.4 Riesgos Críticos Ambientales.

Esta herramienta tiene como objetivo focalizar esfuerzos para la prevención y control de los riesgos ambientales de las actividades de la unidad minera, para ello se seleccionaron 08 riesgos críticos, producto de los Riesgos puros ambientales identificados en las plantillas de IPERC Base de las unidades operativas, el histórico de accidentes ambientales de la industria minera y las tendencias de mercado.

**Figura 8**

#### *Riesgos Críticos Ambientales*



Nota: Tomado de Volcan compañía minera, 2018, "Gestión ambiental".

### **2.4.5 Riesgo Crítico ruptura de relaveras**

Este Riesgo Crítico Ambiental tiene como objetivo establecer directrices para garantizar una operación segura sobre la estabilidad física y química de los depósitos de relaves de acuerdo con mejores prácticas de ingeniería, respetando las premisas del proyecto y de acuerdo con los lineamientos de las mejores prácticas de mercado y la legislación aplicable. Tomando en cuenta el objetivo, se implementará el Sistema de Gestión de Depósitos de Residuos (SIGDERE), el cual cuenta con 10 módulos, los cuales se describirán a continuación, junto con los lineamientos para la implementación de cada uno de los módulos:

#### **2.4.5.1 Módulo Planificación**

**A. Directrices de diseño y construcción.** Para el desarrollo de los estudios de ingeniería y la ejecución de la construcción de depósitos de residuos pueden ser contratadas empresas o pueden ser ejecutados por el personal interno, siempre y cuando en ambos casos, se realicen con un equipo técnico Senior con experiencia específica comprobada.

- Las empresas que elaboren los estudios de ingeniería y las empresas que ejecuten la construcción de los mismos, deberán ser seleccionadas previa una evaluación, donde se consideren la validación de la experiencia y el conocimiento técnico como los criterios más importantes de esta evaluación.
- La empresa que elaboró los estudios de ingeniería no podrá ser la misma que ejecute la construcción de las mismas.
- Los estudios que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de proyectos para depósitos de relaves y presas son evaluaciones ambientales, evaluaciones geotécnicas y evaluaciones hidrotécnicas.
- Se debe asegurar que la ingeniería del proyecto, salvo recomendación contraria de los especialistas, cuente como mínimo con la siguiente instrumentación: (a) Medidor

del nivel de agua en el vaso (instalado con referencia en el punto más bajo de la corona) a nivel del cuerpo de la presa y a nivel de suelo de fundación, (b) Hitos topográficos superficiales, (c) Piezómetros Casagrande aguas arriba y aguas abajo del depósito, (d) Piezómetros de cuerda vibrante en el cuerpo de la presa, así como en la fundación, (e) Inclínometros, (f) Acelerógrafos.

- El desarrollo de estudios y proyectos para los depósitos de almacenamiento de residuos de relaves, deben cumplir con los requisitos legales vigentes y considerando como mínimo los criterios la indicados anteriormente.
- Cuando exista un conflicto entre los Estándars internos y los requisitos legales debe ser aplicado el más exigente.
- La conceptualización, planificación y construcción de depósitos de relaves, debe ser desarrollado tomando en cuenta la Gestión Ambiental en todas las fases del proyecto.
- Para el caso de cierre de depósitos de relave, se debe considerar que los diseños y criterios de cierre cumplan con los requisitos establecidos en la ingeniería del proyecto y el instrumento de gestión ambiental aprobado.

**B. Estructura y Organización.** El Gerente General de Operaciones / Gerente de Operaciones (GGO/GO) es el “Dueño” de los depósitos de relaves y presas de la unidad que administra. El GGO/GO es quien debe asegurar la operatividad del sistema de gestión de depósitos de residuos (SIGDERE) brindando los recursos humanos, físicos y financieros esenciales para su funcionamiento. Así mismo, debe aprobar un presupuesto específico para la construcción, modificación, operación, mantenimiento, respuesta a emergencias y cierre de depósitos de relaves.

- El GGO/GO debe designar y nombrar a un “Responsable” como Líder de la gestión de relaveras para el SIGDERE, sin perjuicio de sus actividades

inherentes al cargo desempeñado en la unidad. Estas personas son los responsables de la seguridad de los depósitos de relave, quienes deben tener las competencias y autoridad suficiente para tomar decisiones sobre la operación de las relaveras. Esta es la persona será la responsable de la operación y de la seguridad de los depósitos de relave y sobre las coordinaciones con todo el equipo SIGDERE específicamente con las áreas de operación, asuntos ambientales, ingeniería, proyectos, Ingeniero de registro y revisores independientes.

- El Ingeniero de Registro (EoR), es el profesional responsable de la revisión del diseño y control para el SIGDERE, quien deberá verificar que los depósitos de relaves estén diseñados, construidos y que operen de acuerdo con las mejores prácticas, las premisas de diseño, las Guías establecidas, normas y regulaciones aplicables alineados a los enfoques Ambientales y de Seguridad.
- El EoR designado deberá ser un profesional especializado en geotecnia con la experiencia suficiente en el diseño, construcción, evaluación y operación de depósitos de relave. Debe tener las competencias y habilidades requeridas para realizar la evaluación y análisis de las condiciones de seguridad (ICS) y redacción de informes técnicos.
- El Líder de la gestión de relaveras deberá definir la conformación de un equipo multidisciplinario y deberán establecer las funciones, responsabilidades y actividades necesarias para asegurar la operatividad de cada Módulo del SIGDERE. Estos responsables deberán ser conscientes de sus funciones y obligaciones sin perjuicio de sus actividades inherentes al cargo desempeñado en la unidad.

- La conformación del equipo multidisciplinario y las funciones y responsabilidades deben ser aprobados por la GGO/GO de la unidad.

**C. *Identificación e Información Técnica.*** Elaborar un inventario detallado y georreferenciado de todos los depósitos de relaves (operativos e inoperativos), incluyendo el uso y área ocupada y el entorno, sus componentes, tuberías, accesos, etc.

- Para cada depósito de relaves deberá ser elaborada una ficha técnica con su principal información, incluyendo el plano de localización, sección típica, foto de área actualizada y los principales datos y características de la relavera como son: (a) Tipo de residuo / clase de residuo, (b) Estado operacional, (c) Altura, (d) Área del reservorio, (e) Volumen de almacenamiento, (f) Volumen operacional de agua (g) Vida útil, (h) Sistema de bombeo o de conducción de agua, (i) Puntos de monitoreo y vigilancia e Instrumentación, (j) Consecuencia Máxima potencial, (k) Canales de manejo de agua y otra infraestructura de manejo de agua, (l) El medio ambiente a los alrededores y aguas abajo que podrían ser afectados en una posible falla.
- Deberá ser elaborado un mapa de localización y de accesos hacia la unidad, con las mejores alternativas de acceso y con la identificación de las rutas a ser recorridas (asfalto y tierra).
- Debe elaborarse un informe descriptivo la información de cada componente que es parte de los depósitos de relaves. Tales como: las estructuras lineales (tuberías, galerías, drenes, canales, etc.), instrumentación, puntos de monitoreo y otros componentes.
- Se debe documentar un Memorando base de diseño (DBM).
- Los depósitos de relave, las vías de acceso, la instrumentación, los puntos de monitoreo y medición, zonas de peligro y otros componentes de los depósitos,



deberán de ser identificados y señalizados in situ.

- Para el caso de las tuberías de relave, se debe tener una identificación y señalización por tramos.
- La unidad debe contar con planos para cada depósito de relave que especifique la ubicación georreferenciada de todos los componentes anteriormente mencionados.
- Se deben tener establecer controles y límites con barreas físicas para restringir y controlar el acceso del personal a los depósitos de relave. Se deben rotular y señalar los riesgos identificados para estos depósitos.

**2.4.5.2 Módulo Documentación.** Toda la documentación respecto a los depósitos de relave y presas debe contener como mínimo lo siguiente para cada Módulo:

- (a) Planificación: Diseño de la Construcción, Documentación referida al proyecto que incluyan secciones transversales representativas tal como están construidas o proyectadas que muestran las condiciones geotécnicas e informe de registro de diseño que sustenta la base del diseño, Informe de registro de investigaciones del sitio, pruebas de laboratorio, etc.
- (b) Monitoreo: Plan de monitoreo, informes y evaluación de resultados de monitoreo.
- (c) Evaluaciones: Informe de evaluaciones mensuales, trimestrales anuales y anuales.
- (d) Capacitación: Registros de entrenamientos, presentaciones, material de entrenamiento y evaluaciones de efectividad.
- (e) Operación: Manual de operación, mantenimiento y vigilancia (OMS), análisis de Vida Útil, balance de masa y agua.
- (f) Riesgos: Registros de evaluación de riesgos (IPERC, Bow Tie).

- (g) Emergencia: Procedimiento de respuesta a emergencias (ERP), Registro de Accidentes/incidentes y/o desvíos (cuando corresponda).
- (h) Legal/Social: Matriz de identificación y evaluación de requisitos legales asociados a relaveras. Informes de evaluación legal, registros de licencias, autorizaciones. Plan de participación de las partes interesadas que incluye aspectos de la gestión de Depósitos de relaves y presas.
- Toda la documentación debe ser clasificada y agrupada por depósito y por temas, tanto en medio digital como físico, estos documentos deben estar organizados en carpetas específicas, las cuales estarán dispuestas en una sola ubicación, de manera clara y lógica.
  - Un responsable designado debe asegurar la clasificación de toda la información y debe mantener actualizado una planilla de documentación que refleje la organización de las carpetas del archivo físico y digital de documentos. Para los requerimientos de consulta, copia y/o prestamos de documentos llevará un registro de las copias físicas.
  - El líder de la gestión de relaveras debe de mantener restricciones para el acceso y manejo de la información, asegurando que los involucrados con la gestión del SIGDERE, tengan un acceso autorizado.

**2.4.5.3 Módulo Monitoreo.** El Ingeniero de Registro (EoR), deberá realizar un análisis de la instrumentación existente en cada depósito de relave para compararla con la ingeniería aprobada del proyecto, si considera que son insuficientes, debe emitir un informe especificando los requerimientos necesarios.

- Debe elaborar un análisis de los niveles de alerta de la instrumentación existente, el cual debe ser documentado y también considerados en el Manual de Operación y

- Vigilancia y en los procedimientos de respuesta a emergencia.
- Para el caso de mediciones continuas con equipos electrónicos deberán de tomar lectura mínima de 2 – 3 veces por día, y estas deberán de tener un sistema temprana de lectura (lectura en tiempo real) y deberá de contar con un sistema de revisión y calibración anual.
  - Las actividades de monitoreo y vigilancia y su frecuencia deben ser registradas en un cronograma y validado por el EoR quien debe asegurar su cumplimiento en coordinación con las áreas involucradas y responsables de la información y se debe considerar como mínimo lo siguiente:
    - (a) Medición de la instrumentación.
    - (b) Ensayos geotécnicos y geoquímicos de residuos (Gradación, plasticidad, Densidad de sedimentación, granulometría, contabilidad ácido-base, mineralogía y propiedades de lixiviación estáticas, etc.).
    - (c) Monitoreo ambiental.
    - (d) Caracterización de residuos.
    - (e) Nivel de agua.
    - (f) Batimetría.
    - (g) Topografía.
    - (h) Mantenimiento y calibración de equipos.
    - (i) Mantenimiento de la infraestructura del depósito y otros componentes.
    - (j) Inspecciones de campo.
    - (k) Evaluación Rutinaria, Externa y Anual.
    - (l) Auditorias.
    - (m) Simulacros.
    - (n) Actualización de Manual de Operación, Monitoreo y Vigilancia.

- (ñ) Balance de agua.
- (o) Reuniones de equipo SIGDERE.
- (p) Envío de datos para evaluación.
- Toda información respecto al monitoreo y vigilancia debe estar actualizada y disponible según la frecuencia establecida.
- Los cambios para la frecuencia de ejecución de las actividades de monitoreo pueden ser modificados en base a los resultados de evaluaciones y recomendaciones de los especialistas.

**2.4.5.4 Módulo Evaluación.** La información de las evaluaciones realizadas a los de los depósitos de Relave, debe llevarse cabo en conformidad con las siguientes actividades:

- (a) Evaluación rutinaria (mensual): Informe preparado por el Ingeniero de Registro (EoR) donde en base a la evaluación de las actividades realizadas de Monitoreo y Vigilancia y otras evaluaciones cuando se tengan. El informe debe concluir en el resultado del Índice de Condiciones de Seguridad (ICS) incluyendo las recomendaciones y/o comentarios relevantes. El Líder de la gestión de relaveras debera presentar cada uno, un informe ejecutivo sobre la evaluación del ICS, resultados de otras las evaluaciones realizadas en el mes, las acciones planteadas y/o requerimiento de recursos de ser necesario. Este informe ejecutivo debe ser remitido mensualmente a la gerencia General de Operaciones y las Gerencias de las áreas involucradas en el proceso.
- (b) Evaluación Corporativa Trimestral: Informe preparado por la Gerencia Corporativa de Planeamiento e Ingeniería, elaborado por un profesional especializado en geotecnia con la experiencia suficiente en el diseño, construcción, evaluación y operación de depósitos de relave. Dicho informe se

elaborará en base a una visita realizada a la unidad e incluirá como mínimo: Inspección de campo, revisión de las evaluaciones de rutina, análisis de vida útil, acumulación de agua en el vaso del depósito de relaves (balance de masa y agua), situación de recomendaciones anteriores, hallazgos y nuevas recomendaciones. Al finalizar la visita, las conclusiones deben ser discutidas en una reunión con El Líder de la gestión de relaveras, el EoR y el GGO / GO de la Unidad. El informe deberá ser remitido hacia la unidad como máximo 07 días después de la visita.

- (c) Informe Anual Consolidado: El Ingeniero de Registro preparará una evaluación anual consolidada, que contenga al menos: Inspección física detallada del depósito de relaves; resumen de la revisión de los resultados de monitoreo y vigilancia y la estabilidad; resumen de la situación actual de cada módulo del sistema; resumen y conclusiones de la construcción/recrecimiento (QA/QC); Proyectos y “mejora de las prácticas” debidamente documentados; los principales eventos e incidentes del año; Resumen de las evaluaciones rutinarias, corporativas y externas; Estatus de las acciones preventivas y/o correctivas para el sistema; Requerimientos y oportunidades de mejora del sistema. Este informe ejecutivo debe ser remitido a la gerencia General de Operaciones y las Gerencias de las áreas involucradas en el proceso.

**2.4.5.4 Módulo Información.** Se debe implementar un panel de gestión con la principal información del SIGDERE, la cual estará en un lugar de fácil acceso para su consulta de la Gerencia General de Operaciones / Gerencia de Operaciones de la unidad y su línea de mando. Esta información deberá contener al menos el siguiente contenido:

- (a) Organigrama.
- (b) Plano inventario.

- (c) Planos de depósitos.
  - (d) Fichas Técnicas.
  - (e) Flujo de Respuesta a Emergencias.
  - (f) Resultados de Monitoreo y Vigilancia.
  - (g) Manual de Operación y Vigilancia.
  - (h) Gráficos de producción de residuos.
  - (i) Gráficos de Vida útil.
  - (j) ICS.
- Esta actualización deberá ser designada a un responsable para asegurar la actualización con una frecuencia mínima mensual y solicitar el cambio de estructura de la información cuando sea necesario.

**2.4.5.6 Módulo Entrenamiento.** El Líder de la gestión de relaveras debe de asegurar la ejecución de entrenamientos generales y específicos necesarios para todos los involucrados en el sistema para el adecuado cumplimiento de sus funciones.

- Se debe elaborar una matriz de entrenamientos donde se identifiquen los entrenamientos requeridos para todos los involucrados (empleado y contratistas) en la gestión y operación de los depósitos de relaves para mantener una programación y control de estos entrenamientos. (Esta identificación de necesidades de capacitación también deben estar documentados en el Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia).
- El material de entrenamiento general o específico deben estar actualizados y disponibles para todo el equipo SIGDERE.
- La unidad debe asegurar que cuando haya un cambio de responsables, los nuevos integrantes deberán ser concientizados sobre sus funciones y ser entrenados para

desarrollar sus actividades. El entrenamiento deberá ser desarrollado de preferencia durante la evaluación de campo. Los registros de estos entrenamientos deberán ser mantenidos en la unidad.

- La unidad debe programar entrenamientos externos sobre temas relacionados a seguridad de Presas y manejo de relaves, para que los profesionales responsables del sistema tengan acceso a información actualizada para el desarrollo del SIGDERE.
- El Líder de la gestión de relaveras debe participar en reuniones corporativas convocadas respecto al SIGDERE.

**2.4.5.7 Módulo Operación.** La unidad debe elaborar y mantener actualizado (Anualmente) un Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (OMS) para cada depósito de relave operativo y un Manual de mantenimiento y vigilancia para los depósitos no operativos. En estos manuales deben estar definidos las premisas de operación, controles, mantenimiento, monitoreo y vigilancia. Así mismo, deberán estar indicadas las respuestas requeridas en caso de ocurrencia de problemas operacionales. Este Manual debe incluir como mínimo lo siguiente:

- (a) Gestión de depósitos de relaves: Roles, responsabilidades y autoridad; Comunicaciones; Seguimiento de las actividades del Manual (OMS); Gestión de calidad; Informes y reportes; Formación y competencia; Planificación de la sucesión; Recursos y programación; Salud y seguridad ocupacional y Gestión Ambiental.
- (b) Evaluación de Riesgos: Registro de evaluación de riesgos; clasificación de Consecuencia de la presa y criterios clave de diseño geotécnico, la gestión del agua, el medio ambiente.; resumen de controles preventivos (IPERC, Bow Tie); y listado de Controles Críticos.

- (c) Memoria descriptiva de la infraestructura y componentes Descripción de la instalación de relaves.
- (d) Descripción del depósito de residuos, la tasa de producción, la vida del plan de mina (LOM), el tipo Deposito, recrementos realizados y planificados, etc.
- (e) Operación: Objetivos de rendimiento; Plan de deposición de relaves: ubicaciones de descarga, la gestión de playas (que maximicen el ancho de la playa aguas arriba de la presa), control de polvo, etc; Procedimientos operativos de Transporte y colocación de relaves, Construcción de componentes, Gestión del agua (incluye requisitos para la gestión de derivaciones, el tamaño del estanque / ubicación, recirculación y descargas, gestión de borde libre, volumen de agua máximo permitido, sistemas de decantación, barcazas de bombas. Controles ambientales: monitoreo de infiltración, las descargas de agua, control de polvo, monitoreo del agua subterránea y superficial. Etc.). Esta gestión también debe estar enfocada a la optimización de la recuperación de agua; Controles ambientales, como: recolección de filtraciones, descargas de agua, control de polvo, monitoreo de aguas superficiales y subterráneas, etc ; y acceso al lugar.
- (f) Mantenimiento: Descripción de las actividades de mantenimiento; documentación asociada con el mantenimiento; mantenimiento de controles críticos
- (g) Vigilancia: Consideraciones de diseño para un programa de vigilancia; memoria descriptiva de monitoreo de la instrumentación; cronograma de monitoreo y vigilancia; niveles de alerta de la instrumentación; actividades de vigilancia; observación e inspecciones del lugar; monitoreo de instrumentos; análisis de resultados de vigilancia, comunicaciones y toma de decisiones
- (h) Respuesta a Emergencias: Debe contener el resumen y vínculos del



Procedimientos de respuesta de emergencia; resumen de las partes relevantes del plan o planes de participación de las partes interesadas; el Plan de Activación de Acciones de Respuesta (TARP - Trigger Action Response Plan); alertas de escalamiento y acciones de control correctivo asociadas; recursos que pueden ser necesarios para responder a un incidente, como bombas, bulldozers, tuberías, arsenales, camiones; y la identificación de "incidentes desencadenantes" que requieren advertencias de la comunidad, incluidos procedimientos y mecanismos.

- El Líder de la gestión de relaveras deberá designar a un responsable que verifique la operatividad de todos los controles de operación y controles críticos para cada depósito de relaves.
- La unidad debe también contar con el balance de masa y de agua, actualizado para cada depósito de relave incluyendo también la capacidad de la Planta de tratamiento de efluentes industriales.
- Se debe establecer parámetros de medición y control de residuos (Densidad, granulometría, etc.) cuyo registro debe mantenerse actualizado. Los desvíos identificados deben ser tratados.
- Se debe mantener actualizada la curva de vida útil de los depósitos de relave.
- Establecer el planeamiento y programación de mantenimientos periódicos, preventivos y/o correctivos, para relaveras operativas y no operativas de sus infraestructura y principales componentes.
- Se deben ejecutar inspecciones de campo las cuales deben contemplar la verificación de la situación de los componentes más importantes de los depósitos y la operatividad de los controles establecidos. Estas inspecciones deben ser registradas y validadas por el ingeniero de registro.

- La persona o personas designadas para ejecutar la inspección de los depósitos de relave, debe informar de manera inmediata los hallazgos, observaciones y/o incidentes encontrados en la inspección al ingeniero de registro.
- El Líder de la gestión de relaveras debe acompañar, verificar e informar la situación de las observaciones y/o hallazgos generados en las inspecciones.

**2.4.5.8 Módulo Riesgos.** Los riesgos identificados en el análisis “dam break” para determinar el área de inundaciones aguas abajo y adoptar las medidas preventivas para minimizar el daño que puede provocarse en caso de emergencia deben ser considerados en este módulo.

- Se debe realizar una evaluación de riesgos y un Bow Tie elaborado por un equipo multidisciplinario que evalúe los riesgos para fallas en los depósitos de relave analizados con la Matriz de Riesgos. La evaluación del riesgo debe incluir la identificación de los controles críticos, y un proceso de verificación de estos controles.
- Complementando a la evaluación de riesgos se debe elaborar el un análisis de riesgos, siguiendo las pautas del método Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA de sus siglas en ingles) para cada depósito de relave y su infraestructura asociada. El FMEA debe contener como mínimo los siguientes modos de falla clave:
  - (a) La inestabilidad Fundación (cimentación).
  - (b) El fallo estructural.
  - (c) Fallas por turbidificación.
  - (d) Desbordamiento (Rebose).
  - (e) Fallas de decantación.
  - (f) Los peligros naturales y la erosión.

- (g) La falta de controles de infiltración (consecuencia del medio ambiente).
- (h) Fallas en las tuberías la tubería de residuos y/o transporte de agua y efluentes.
- El resultado del análisis debe concluir en matrices de riesgos para cada categoría de daños y la identificación de las fallas consideradas de riesgo aceptable y no aceptable. Así como, las recomendaciones de acciones de mitigación para traer estas fallas a la zona de riesgo aceptable. Estas matrices deben estar disponibles para consulta.
- Las categorías de daños a ser evaluados y el nivel de riesgo aceptable deberá estar alineadas a las Guías de Seguridad de las Presas (CDA).
- La evaluación de riesgos, deberá considerar los siguientes controles:
  - (a) La caracterización del sitio / investigaciones.
  - (b) Diseño de estabilidad estático y sísmico, Controles de tubidificación y drenaje, y controles de desbordamiento.
  - (c) QA / QC de la construcción y operación.
  - (d) Presión de poro y control de deformaciones.
  - (e) Las evaluaciones internas y revisión técnica independiente.
  - (f) Inspección y mantenimiento.
  - (g) Monitoreo de flujos y volúmenes de agua.
  - (h) Mitigación de drenaje de rocas lixiviación / agua ácida y controles de descarga de agua subterránea y superficial.
- Los controles críticos determinados deben ser considerados en el cronograma de Monitoreo y Vigilancia del SIGDERE. Adicionalmente estos controles deben estar vinculados con los Procedimientos de Preparación a Respuesta a Emergencia.
- Para el caso de depósitos de relave la evaluación de riesgos, deberán ser elaborado por un profesional especializado en la evaluación geotécnica de los depósitos y

puede ser un colaborador interno o un externo contratado.

- Se deben definir acciones para el control y mitigación a partir del análisis de riesgos.
- Siempre que una acción sea implementada, las matrices de riesgo deberán ser actualizadas.
- Para la evaluación de riesgos se deben considerar e identificar la posible afectación ambiental agua debajo de los depósitos, como comunidades, biota, biota, cuerpos de agua entre otros.
- El informe de análisis de riesgos elaborado, deberá ser actualizado y/o revisado cuando existan cambios en los componentes del depósito de relaves, o cuando el Ingeniero de Registro (EOR) lo requiera.
- Para todas las modificaciones o cambios requeridos en los Depósitos de relave, deben ejecutarse la Gestión de cambios o la gestión de proyectos correspondiente y asegurar su evaluación, validación y acompañamiento.

**2.4.5.9 Módulo Emergencias.** La unidad debe elaborar y mantener actualizado (Anualmente) un plan y procedimientos de respuesta a emergencias, el cual debe de contemplar las situaciones de riesgo y fallas identificados en el análisis FMEA.

- El Plan de respuesta a emergencia debe considerar como mínimo lo siguiente:
  - (a) Los roles y responsabilidades del personal
  - (b) Tabla resumen de las características de incidentes potenciales para los depósitos de relave que podría ser un precursor de la inestabilidad de la presa, así como también la respuesta para mitigar e investigar el incidente. Los ejemplos a considerar son grandes grietas en la presa, hundimiento significativo de la pendiente y las precipitaciones extremas con reducción del borde libre.
  - (c) Identificación de escenario de emergencia y la línea de comunicación a las

respuestas de emergencia.

- (d) El Plan de Activación de Acciones de Respuesta (TARP - Trigger Action Response Plan) que detalla los desencadenantes de la escalada, las advertencias y notificaciones de las partes interesadas y las respuestas y procedimientos de emergencia asociados para la evacuación, con los roles y responsabilidades claramente definidos del personal encargado y alertas de escalamiento.
  - (e) Identificación de las acciones y los recursos que puedan ser necesarios para responder para mitigar cada situación identificada, (por ejemplo, bombas, tractores, camiones, personal de notificaciones y advertencias etc).
  - (f) Identificación de los “incidentes desencadenantes” que requieren las advertencias de la comunidad, con procedimientos y mecanismos de alerta de comunicación.
  - (g) El flujo de comunicación de emergencias.
- Todo el equipo involucrado en la respuesta a emergencias debe estar entrenado en los procedimientos y sus funciones y se deben establecer simulacros para evaluar la efectividad de la respuesta.
  - La elaboración de los Procedimientos de Preparación a Respuesta a Emergencias para los depósitos de Relave, deberá ser desarrollado por un profesional especializado, calificado en esta modalidad.
  - El Coordinador de Respuesta a Emergencias de la unidad debe asegurar que los planes o procedimientos sean actualizados de forma anual o cuando cambie la clasificación de consecuencias o haya un cambio significativo en el proceso de respuesta. También debe asegurar el entrenamiento de todo el personal involucrado.
  - El ERP debe probarse mediante la realización de simulacros al menos una vez al año en un escenario de ruptura de presas para su efectividad e incluir la participación de los interesados externos.

- El Ingeniero de Registro, debe verificar e contenido de los ERP y documentar su opinión y sugerencias.
- Todos los incidentes relacionados con la seguridad de los depósitos de relave se deben informar de acuerdo con las pautas de la Gestión de accidentes e incidentes y deben ser documentados en este módulo.

**2.4.5.10 Módulo Legislación.** La unidad debe mantener un listado actualizado con la identificación de los requisitos legales, permisos y autorizaciones aplicables sobre sus depósitos de relaves. Este listado debe contar con una evaluación del cumplimiento una frecuencia anual, cuyos resultados deben ser comunicado a todo el equipo SIGDERE.

- Se debe establecer las acciones requeridas para el seguimiento y cumplimiento de requisitos legales, permisos y autorizaciones a aplicables a estos depósitos.
- Se debe mantener un informe actualizado donde se contemple una evaluación que considere los siguientes temas:
  - (a) Mapa de la propiedad.
  - (b) Límites de arrendamiento.
  - (c) Configuración definitiva de los depósitos de relaves.
  - (d) Limitaciones aguas abajo (arroyos, infraestructura, líneas eléctricas, servidumbres).
  - (e) "Límites Sociales " que son establecidos por las partes interesadas en el área que no necesariamente coinciden con los límites legales.

### III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

1. Implementación del sistema de gestión de depósitos de residuos, elaboración de las matrices de evaluación de riesgo IPERC línea base y Bow Tie.
  
2. Coordinar con las áreas de la unidad económica administrativa Carahuacra el desarrollo de sus indicadores ambientales y seguimiento de los resultados de indicadores de desempeño ambiental en las unidades, analizando oportunidades y priorizando acciones de mejora.
  
3. Apoyo en el desarrollo de proyectos incluyendo la variable ambiental para el análisis y establecimiento de controles en el ciclo de vida del proyecto con la finalidad de evitar contingencias ambientales y legales.
  
4. Establecimiento de un registro, estadística y evaluación de accidentes ambientales con el objetivo de implementar acciones correctivas y preventivas que eviten la recurrencia de estos accidentes.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Los líderes de las diferentes áreas involucradas en la operación de la presa de relaves, asumieron las funciones y se determinó su responsabilidad en la implementación de los módulos que componen el sistema de gestión de depósitos de residuos, mediante un documento de nombramiento, los cuales deberán ser validados por la gerencia de operaciones de la unidad minera.

2. Se realiza la identificación de los peligros mediante el formato IPERC línea base, en este formato se detalla los peligros, para la seguridad, salud y medio ambiente, así como también se utiliza la metodología Bow Tie, para identificar los controles críticos, los cuales cuya falla podrían ocasionar un evento de colapso o incrementar el daño una vez ocurrida esta contingencia.

3. El proceso de monitoreo de la estabilidad física de la presa de relaves se da mediante la instrumentación geotécnica como piezómetros de cuerda vibrante, medición de hitos topográficos e inclinómetros. La medición de la estabilidad química se realiza mediante la toma de muestras de agua en el vaso, cuerpos de agua superficiales, así como también del agua intersticial en el dique de la presa de relaves y el agua subterránea alrededor de la presa, esto mediante piezómetros tipo casa grande.

4. La evaluación del riesgo de colapso de la presa de relaves se realiza de manera periódica mediante evaluaciones rutinarias mensual, evaluaciones corporativas trimestrales, estas evaluaciones deberán ser consolidadas en un informe anual, el cual es remitido a las gerencias de las áreas involucrados en la gestión.



## V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, dentro de los nombramientos de los responsables de la implementación del sistema de gestión de depósitos de residuos, se tenga la designación del líder área de relaciones comunitarias, para que recoja las comunicaciones por parte de las poblaciones ubicadas en la zona de influencia del proyecto, ya que, si bien no están involucrados en la operación de la presa de relaves, estos son actores a tomar en cuenta durante la evaluación de riesgos asociados a la presa de relaves.

2. En cuanto a la evaluación de riesgos, es preciso realizar un estudio de Dam Break para determinar los controles adecuados a los ya establecidos en el IPERC línea base y el Bow Tie, para determinar la potencial área afectada en caso la presa de relaves colapse, tomando en cuenta los escenarios de día lluvioso y día soleado e incluir los mapas generados en el estudio dentro del módulo emergencias.

3. Respecto al programa de mantenimiento y calibración de los equipos de monitoreo, este deberá ser validado por la gerencia de operaciones a fin de que este sea tomado en cuenta en la programación de los gastos operativos, así como también la implementación de un sistema de respaldo de datos.

4. En lo que respecta a las evaluaciones programadas a los depósitos de relaves, se recomienda realizar una evaluación por un especialista externo a la compañía minera, el cual considere dentro de la misma las presas de relaves en operación y las que ya se encuentran en cierre.

## VI. REFERENCIAS

- Camarena, M. y Mejia, K. (2019). Herramientas temáticas de seguridad para disminuir los accidentes y enfermedades ocupacionales ocasionado por los trabajos de riesgo críticos de la Empresa ECOSEM Huayhuay. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5859?show=full>
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (21 de diciembre de 2017). Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-014-2017-minam/>
- Decreto Supremo N° 040-2014-EM. Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. (12 de noviembre de 2014). Ministerio de Energía y Minas. <https://minem.gob.pe/legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=8628>
- Desirée, N. (18 de Noviembre 2020). Saber, Querer y Poder Hacer. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/saber-querer-y-poder-hacer-desir%C3%A9e-navarro>
- Organización Internacional de Normalización (2016). Sistemas de gestión ambiental - Directrices generales sobre la implementación (ISO 14004). Traducción oficial. Tercera edición.
- Padrino, L. (22 de octubre 2018). Lecciones sobre Fallas en Presas de Relaves y de Desechos Mineros. LinkedIn. <https://es.linkedin.com/pulse/lecciones-sobre-fallas-en-presas-de-relaves-y-mineros-padrino->

- Ramirez, N. (2007). Guía técnica de operación y control de depósitos de relaves. Servicio nacional de geología y minería departamento de seguridad minera. <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GuiaTecOperacionDepRelaves.pdf>
- Soledad, M. y Martinez, C. (2003). Guía de buenas prácticas ambientales para la pequeña minería. Construcción y operación de tranques de relaves. SONAMI. <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/21.construccion-operacion-tranques.pdf>
- Tecsup (2015). “Descripción general de un tranque de relave” (unidad 1) en Técnicas de operación en tranque de relaves. Tecsup.
- Volcan compañía minera S.A.A. (30 de mayo del 2018). Gestión ambiental. <https://www.volcan.com.pe/wp-content/uploads/2018/01/Presentacion-Gestion-Ambiental-Volcan-UNALM.pdf>
- Volcan compañía minera S.A.A. (2020). Misión. <https://www.volcan.com.pe/nosotros/>
- Villanueva, A. (2022). Herramientas de gestión y riesgos críticos ambientales en las operaciones mineras de la Compañía Minera Volcán S.A.C. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2583>