



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

**CONSTANCIA**

El que subscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL EN UN DEPÓSITO DE REACTIVOS DE UNA PLANTA DE CIANURACIÓN DE MINERALES AURÍFEROS”

Presentado por:

BACH. RAMOS CARDENAS FREDDY DANIEL

Autor de Tesis del nivel de PREGRADO de la Facultad de INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA. El Resultado obtenido es 2% (PORCENTAJE DE SIMILITUD) por lo cual, se otorga el calificativo de: APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

El porcentaje de similitud es menor del 20%, establecido como máximo por Reglamento de Evaluación de originalidad.

Ica, 23 de febrero de 2026

Nº de Recibo: 20174921

 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
  
Dr. FERNANDO ESTUARDO CAMACHO LEGUA  
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**



**TESIS**

**“INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD Y SALUD  
LABORAL EN UN DEPÓSITO DE REACTIVOS DE UNA PLANTA DE  
CIANURACIÓN DE MINERALES AURÍFEROS”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. FREDDY DANIEL RAMOS CARDENAS**

**ASESOR: Dr. MIGUEL RAMOS GAMARRA**

**ICA - PERÚ**

**2026**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación, con profundo amor y gratitud, a mi madre, Fani Rosa Cárdenas Guevara, por su entrega incondicional, su paciencia infinita y por ser mi mayor fortaleza en cada etapa de mi vida. Su apoyo y confianza fueron esenciales para no rendirme y seguir adelante.

A mi padre, Fredy Sabino Ramos Sairitupac, por su ejemplo de esfuerzo, perseverancia y responsabilidad, y por enseñarme con su vida el valor de la constancia y el trabajo honesto. Su guía y motivación fueron fundamentales para alcanzar este objetivo.

Finalmente, dedico este logro a mi familia, por su amor, comprensión y apoyo incondicional, quienes estuvieron presentes en cada momento, dándome fuerza para culminar esta importante meta profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por brindarme salud, fortaleza y perseverancia para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

De igual manera, agradezco a los docentes de la carrera, quienes contribuyeron a mi formación académica y profesional a lo largo de mis años de estudio.

Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante, que fueron un pilar fundamental para alcanzar este logro.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	Págs.
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de contenido .....</b>	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>x</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Formulación del Problema.....	2
1.1.1. Problema general .....	2
1.1.2. Problemas específicos.....	2
1.1.3. Justificación .....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivo específico .....	3
1.3. Hipótesis .....	3
1.2.1. Hipótesis general .....	3
1.2.2. Hipótesis Específicas.....	3
1.4. Variables.....	4
1.4.1. Variable dependiente (VD).....	4
1.4.2. Variable independiente (VI) .....	5
1.5. Tratamiento de variables .....	6
<b>II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Tipo y enfoque de la investigación.....	7
2.2. Nivel de Investigación .....	7
2.3. Población y muestra .....	7
2.3.1. Población .....	7

2.3.2.	Muestra .....	7
2.3.3.	Justificación de tamaño.....	7
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	8
2.4.1.	Técnicas a utilizar .....	8
2.4.2.	Descripción de los Instrumentos.....	8
2.5.	Marco teórico.....	9
2.5.1.	Cianuración de minerales auríferos .....	9
2.5.2.	Etapas de la cianuración .....	9
2.5.3.	Diagrama de flujo de cianuración por Merrill Crowe.....	11
2.5.4.	Reactivos peligrosos en la cianuración.....	12
2.5.5.	Riesgos generales del proceso .....	12
2.5.6.	Medidas de seguridad (a nivel general) .....	12
2.6.	Marco conceptual .....	13
2.6.1.	Seguridad en el trabajo .....	13
2.6.2.	Salud Ocupacional .....	13
2.6.3.	Prevención de riesgos .....	14
2.6.4.	Incidentes .....	14
2.6.5.	Accidente .....	14
2.6.6.	Higiene Ocupacional .....	14
2.6.7.	Comité de seguridad y salud ocupacional .....	14
2.6.8.	Medio ambiente .....	14
2.6.9.	Auditor .....	15
2.6.10.	Impacto ambiental .....	15
2.6.11.	Sistema de Gestión Ambiental (SGA).....	15
2.6.12.	Desempeño ambiental.....	15
2.6.13.	Empresas asesoras en prevención de riesgos laborales .....	15
2.6.14.	Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional.....	15
2.7.	Sistemas de gestión de seguridad y salud laboral.....	16
2.8.	Normas internacionales de seguridad y salud laboral .....	16
2.8.1.	Organización Internacional del Trabajo (OIT) .....	16
2.8.1.1.	Normas más reconocidas a nivel mundial de la OIT .....	16
2.8.2.	Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (ISO 45001:2018).....	16
2.8.3.	Normas OSHA (Estados Unidos) .....	17

2.9.	Normas de Seguridad y Salud Laboral en el Perú.....	17
2.9.1.	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783).....	18
2.9.1.1.	Normas complementarias de la Ley N°29783 .....	19
2.10.	Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo para el cianuro .....	22
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
3.1.	Empresa Minera Colibrí S.A.C. ....	25
3.2.	Descripción general de los resultados .....	25
3.3.	Descripción general de los resultados bajo metodología cuantitativa– mixta.....	25
3.4.	Tamaño de la muestra.....	26
3.5.	Resultados del diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral	26
3.5.1.	Nivel de cumplimiento de la normativa del Sistema Seguridad y Salud Laboral (análisis cuantitativo) .....	26
3.5.2.	Tabla de diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral	29
3.5.3.	Fórmula de cálculo .....	31
3.5.4.	Criterio de interpretación sugerido .....	32
3.5.5.	Consolidados del diagnóstico del SSSL de la Empresa Minera Colibrí S.A.C .....	32
3.5.6.	Estado de la infraestructura del depósito de reactivos (análisis cuantitativo) .....	33
3.5.7.	Identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC – análisis cuantitativo) .....	33
3.5.8.	Resultados de la evaluación del personal (cuantitativo).....	34
3.5.8.1.	Nivel de conocimiento en Seguridad y Salud Laboral	34
3.5.9.	Uso de Equipos de Protección Personal (EPP).....	34
3.5.10.	Resultados sobre la gestión de emergencias (enfoque mixto)..	35
3.5.11.	Resultados globales del sistema evaluado .....	35
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
4.1.	Análisis de los resultados .....	37
4.2.	Discusión del cumplimiento de la normativa de Seguridad y Salud Laboral.....	37
4.3.	Discusión de condición de la infraestructura del depósito de reactivos	38

4.4.	Discusión de la identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC) .....	38
4.5.	Discusión de los resultados relacionados con el personal .....	38
4.6.	Discusión de la gestión de emergencias químicas .....	39
4.7.	Implicancias de los resultados para la investigación .....	39
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización simplificado.....	6
Tabla 2. Diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral .....	29
Tabla 3. Criterio de interpretación sugerido .....	32
Tabla 4. Consolidado .....	32
Tabla 5. Identificación (IPERC) .....	33
Tabla 6. Uso de equipo de protección.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la cianuración .....	10
Figura 2. Diagrama de flujo de cianuración por Merrill-Crowe .....	11
Figura 3. Nivel de cumplimiento de la normativa de SSST .....	32
Figura 4. Nivel de cumplimiento de la normatividad.....	34
Figura 5. Uso de equipo de protección.....	35

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza el sistema de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO) a fin diseñar y proponer un **Sistema de Seguridad y Salud Laboral (SST)** implementado en un depósito de reactivos perteneciente a una planta de cianuración de minerales auríferos. Dado que el manejo del cianuro de sodio, ácidos, floculantes y otros reactivos representa un riesgo significativo para los trabajadores.

Se evaluó el cumplimiento normativo, la identificación de peligros y los controles existentes mediante la aplicación de la metodología IPERC.

La metodología utilizada fue de tipo descriptiva – aplicada, utilizando técnicas como observación directa, entrevistas al personal, análisis documental y la identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC).

En consecuencia, se elaboró una propuesta de sistema de **SST** que incluye: rediseño del depósito, señalización y control de accesos, plan de respuesta a emergencias químicas, programa de capacitación, selección y uso adecuado de EPP, registro y monitoreo de exposición, y un plan de inspecciones periódicas. La implementación del sistema permitiría reducir los riesgos críticos en un **80%**, mejorando la seguridad operacional y protegiendo la salud del personal.

## **ABSTRACT**

This research analyzes the Occupational Health and Safety (OHS) system in order to design and propose an Occupational Health and Safety (OHS) system for a reagent storage facility at a gold ore cyanidation plant. The handling of sodium cyanide, acids, flocculants, and other reagents poses a significant risk to workers.

Regulatory compliance, hazard identification, and existing controls were evaluated using the Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA) methodology.

The methodology employed was descriptive-applied, utilizing techniques such as direct observation, staff interviews, document analysis, and HIRA.

Consequently, an OHS system proposal was developed that includes: redesign of the storage facility, signage and access control, a chemical emergency response plan, a training program, proper selection and use of personal protective equipment (PPE), exposure monitoring and recording, and a plan for periodic inspections. Implementing the system would reduce critical risks by 80%, improving operational safety and protecting the health of personnel.

## I. INTRODUCCION

La industria minera aurífera representa uno de los pilares económicos de diversos países de la región andina, siendo la cianuración uno de los métodos más empleados para la recuperación de oro debido a su alta eficiencia y bajo costo operativo. Sin embargo, este proceso requiere el manejo y almacenamiento de reactivos químicos altamente peligrosos, tales como cianuros, cal, metabisulfito de sodio, carbón activado y otros insumos que representan riesgos significativos para la salud de los trabajadores y la integridad ambiental. En este contexto, el depósito de reactivos constituye un área crítica dentro de la planta, donde una gestión inadecuada puede generar incidentes, intoxicaciones, derrames, contaminación y afectaciones severas a la seguridad laboral.

A pesar de la importancia de estos riesgos, muchas operaciones mineras presentan deficiencias en su sistema de seguridad y salud laboral, especialmente en procedimientos de almacenamiento, manipulación, señalización, transporte interno y control de emergencias relacionados con los reactivos químicos. La falta de capacitación adecuada, la ausencia de controles ingenieriles eficientes y la limitada cultura preventiva incrementan la probabilidad de accidentes laborales y eventos que comprometan la continuidad operativa y el bienestar de los trabajadores.

En este marco, resulta fundamental realizar una investigación que evalúe, diagnostique y proponga mejoras para el sistema de seguridad y salud laboral en el depósito de reactivos de una planta de cianuración de minerales auríferos. El estudio permitirá identificar los peligros presentes, valorar los riesgos asociados y determinar el nivel de cumplimiento de la normativa vigente, tanto nacional como internacional (ISO 45001, estándares de seguridad química, lineamientos de almacenamiento de sustancias peligrosas, entre otros). Asimismo, contribuirá a la implementación de medidas preventivas y correctivas que fortalezcan el desempeño organizacional y reduzcan la probabilidad de incidentes.

La presente investigación se desarrolla con el propósito de establecer un sistema integral de seguridad y salud laboral que garantice condiciones adecuadas para los trabajadores, minimice los riesgos químicos y operativos asociados al depósito de reactivos, y promueva una cultura de seguridad sostenible. Con ello, se busca no solo cumplir con la normativa legal, sino también optimizar la gestión minera en términos de eficiencia, responsabilidad social y protección del recurso humano.

## **1.1. Formulación del Problema**

### **1.1.2. Problema general**

¿En qué medida el sistema de seguridad y salud laboral implementado en el depósito de reactivos de una planta de cianuración garantiza la protección adecuada de los trabajadores y el cumplimiento de la normatividad vigente?

### **1.1.3. Problemas específicos:**

- ¿Qué peligros y riesgos se generan durante el almacenamiento y manipulación de reactivos?
- ¿En qué medida se cumple la normativa nacional e internacional de SSO?
- ¿Qué mejoras pueden implementarse para optimizar la gestión del riesgo químico?

### **1.1.4. Justificación**

La investigación es relevante debido al alto riesgo asociado al manejo de reactivos en procesos de cianuración, especialmente el cianuro de sodio, sustancia extremadamente tóxica que puede causar daños mortales por inhalación, ingestión o contacto. La falta de un sistema robusto de seguridad y salud laboral no solo aumenta la probabilidad de accidentes, sino que compromete la producción, la reputación institucional y el cumplimiento con regulaciones medioambientales y laborales.

El estudio permitirá mejorar la integridad física de los trabajadores, reducir incidentes, optimizar la gestión del depósito

de reactivos y asegurar operaciones sostenibles conforme a estándares internacionales como OSHA, NIOSH, MSHA e IFC.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el sistema de Seguridad y Salud Laboral implementado en el depósito de reactivos de una planta de cianuración de minerales auríferos.

### **1.2.2. Objetivo específico**

- Identificar los peligros presentes en las actividades de almacenamiento y manipulación de reactivos.
- Determinar el nivel de cumplimiento normativo.
- Proponer un sistema de mejora.

## **1.3. Hipótesis**

### **1.3.1. Hipótesis general**

Un sistema de seguridad y salud laboral diseñado específicamente para la gestión de reactivos empleados en la cianuración aurífera incrementa el cumplimiento normativo y reduce los niveles de exposición ocupacional a agentes químicos de alta peligrosidad.

### **1.3.2. Hipótesis Específicas**

- **Identificación y evaluación de riesgos**

La utilización de una metodología estructurada de identificación y evaluación de riesgos (IPER, análisis HACCP, HAZOP u otra) permite identificar con mayor precisión los peligros críticos asociados al almacenamiento y manipulación de reactivos.

- **Controles operacionales**

El establecimiento de controles de ingeniería (ventilación, contención, señalización) y administrativos (procedimientos, permisos de trabajo) reduce la frecuencia de incidentes relacionados con derrames, fugas y exposición directa a reactivos químicos.

- **Capacitación**  
La capacitación continua y especializada del personal sobre manejo seguro de reactivos mejora el nivel de cumplimiento de protocolos de seguridad y disminuye errores humanos durante las operaciones.
- **Equipos de protección personal (EPP)**  
El uso adecuado y continuo del EPP especializado reduce la exposición del personal a niveles por debajo de los límites permisibles establecidos para los reactivos utilizados en la cianuración.
- **Monitoreo y seguimiento**  
La implementación de un sistema de monitoreo y auditoría interna incrementa la eficiencia del sistema de seguridad, permitiendo una detección temprana de condiciones subestándar.

#### **1.4. Variables**

##### **1.4.1. Variable dependiente (VD)**

Condiciones de Seguridad y Salud de los Trabajadores

##### **Extensiones**

##### **1. Exposición a riesgos laborales**

- Químicos (cianuro, ácido, cal, etc.)
- Físicos (ruido, temperatura)
- Ergonómicos
- Mecánicos

##### **2. Incidentes y accidentes laborales**

- Tasa de accidentes
- Incidentes reportados
- Enfermedades ocupacionales

##### **3. Condiciones de salud**

- Síntomas por exposición a reactivos
- Evaluaciones médicas ocupacionales

#### **4. Comportamiento seguro**

- Cumplimiento de procedimientos
- Uso adecuado de EPP

#### **5. Percepción de riesgos**

- Nivel de conocimiento sobre peligros
- Cultura de seguridad

### **1.4.2. Variable independiente (VI)**

Sistema de Seguridad y Salud Laboral.

#### **Extensiones**

##### **1. Gestión de riesgos**

- Identificación de peligros
- Evaluación y control de riesgos

##### **2. Condiciones de seguridad**

- Señalización
- Equipos de protección personal (EPP)
- Equipos de emergencia (extintores, duchas de seguridad, lavaojos)
- Ventilación y almacenamiento adecuado

##### **3. Gestión de sustancias peligrosas**

- Manipulación de cianuro y reactivos
- Fichas MSDS (Hojas de Datos de Seguridad)
- Control de inventarios

##### **4. Capacitación y formación**

- Inducciones
- Entrenamiento para manejo de químicos
- Simulacros de emergencia

##### **5. Normativas y cumplimiento**

- Cumplimiento del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería
- Cumplimiento de estándares internacionales (ISO 45001, Código Internacional del Cianuro).

## 1.5. Tratamiento de las variables

**Tabla 1. Operacionalización simplificado**

<b>Variable</b>	<b>Extensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Condiciones de seguridad y salud de los trabajadores (VD)	Exposición a reactivos	Medición de exposición, reportes de síntomas, monitoreos
	Accidentes laborales	Tasa de accidentes, incidentes reportados
	Uso de EPP	Porcentaje de cumplimiento
	Salud ocupacional	Evaluaciones médicas, ausentismo
Sistema de seguridad y salud laboral (VI)	Gestión de riesgos	Existencia de IPERC, actualización de matrices, controles implementados
	Capacitación	Nº de capacitaciones, asistencia, evaluaciones
	Gestión de sustancias peligrosas	Disponibilidad de MSDS, almacenamiento adecuado
	Cumplimiento normativo	Auditorías internas, hallazgos, niveles de cumplimiento

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. Tipo y enfoque de la investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que busca proponer un sistema de seguridad y salud laboral que solucione un problema real en un entorno minero.

La investigación presenta un enfoque mixto, datos cuantitativos y cualitativos para evaluar las condiciones de seguridad y salud laboral en el depósito de reactivos.

- **Cuantitativo:** permite medir niveles de riesgo, frecuencia de incidentes, condiciones físicas del ambiente y cumplimiento normativo.
- **Cualitativo:** permite comprender percepciones, actitudes y prácticas del personal respecto a la manipulación de reactivos químicos.

### 2.2. Nivel de Investigación

El nivel es:

- **Descriptivo:** identifica y describe las condiciones actuales del depósito de reactivos.
- **Explicativo – Diagnóstico:** analiza causas de los riesgos presentes.
- **Propositivo:** diseña un sistema de seguridad y salud laboral acorde a las necesidades del depósito.

### 2.3. Población y muestra

#### 2.3.1. Población

Todo el personal que interactúa con el depósito: operarios, supervisores, equipo de SSOMA, almaceneros.

#### 2.3.2. Muestra

La muestra fue determinada mediante el método de muestreo probabilístico estratificado, aplicándose la fórmula estadística correspondiente para poblaciones menores a 100 000 elementos.

#### 2.3.3. Justificación de tamaño

El tamaño de la muestra se calculó considerando los recursos disponibles y el nivel de confianza establecido para el estudio; para el análisis estadístico simple, se consideró suficiente una participación

igual o superior a 30 sujetos, lo cual permitió realizar estimaciones básicas con adecuada confiabilidad.

#### **Formula**

$$n_0 = \frac{Z^2 \times N \times p \times q}{e^2 \times (N+1) + Z^2 \times p \times q} \dots (1)$$

#### **Sabiendo que:**

P: Probabilidad de éxito (50%)

q: Probabilidad de fracaso (50%)

Z: Estadístico Z, a un 95% de confianza (1.96)

N = Tamaño de la población (100 trabajadores)

e = Precisión o error máximo admisible (5%)

n = Tamaño de la muestra

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

#### **2.4.1. Técnicas a utilizar**

Las técnicas a utilizar serán las siguientes:

- **Encuestas.**

Se aplicó con el objetivo de obtener información sobre los aspectos relacionados con la seguridad y salud ocupacional en el trabajo.

- **Análisis documental.**

Se utilizó para analizar las normas, información bibliográfica y otros aspectos relacionados con la investigación.

#### **2.4.2. Descripción de los Instrumentos**

Para lograr cumplir los objetivos de la tesis, se utilizará el siguiente instrumento:

- **Hoja de recolección de datos:**

Titulada hoja de registro, sirvió para reunir y clasificar la información. Este instrumento ayudó a registrar toda la información obtenida de las diversas corridas experimentales.

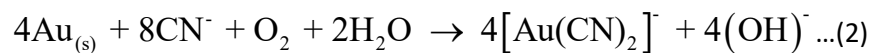
## 2.5. Marco teórico

### 2.5.1. Cianuración de minerales auríferos

La cianuración es un proceso hidrometalúrgico ampliamente utilizado para extraer oro (Au) de minerales auríferos.

El oro presente en el mineral se disuelve selectivamente en una solución que contiene cianuro en presencia de oxígeno, formando un complejo soluble de oro. Luego, ese oro disuelto se recupera de la solución por métodos físico-químicos.

La reacción global- ecuación de Elsner:



Producto principal:  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  complejo dicianuroaurato(I)

### 2.5.2. Etapas de la cianuración

#### 1. Trituración

- El mineral extraído se desintegra en fragmentos pequeños.
- Facilita que el metal quede expuesto.

#### 2. Molienda

- El mineral se pulveriza hasta obtener partículas muy finas.
- Aumenta la superficie de contacto con la solución de cianuro.

#### 3. Preparación de la pulpa

- El mineral molido se mezcla con agua.
- Se forma una pulpa adecuada para la lixiviación.

#### 4. Lixiviación con cianuro

- Se añade una solución de cianuro de sodio (NaCN).
- El oro y/o la plata se disuelven formando complejos solubles.

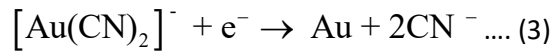
#### 5. Adsorción o recuperación

El metal disuelto se recupera:

- Con carbón activado (método CIP o CIL), o
- Por precipitación con zinc (proceso Merrill-Crowe).

#### 6. Desorción y electroobtención

- El oro se separa del carbón activado.
- Se recupera en forma metálica mediante electricidad.



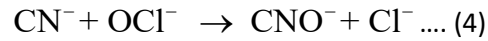
### 7. Fundición

- El metal recuperado se funde.
- Se obtienen lingotes de oro.

### 8. Tratamiento de residuos

- Las soluciones con cianuro se neutralizan.

Reacción de neutralización:



El cianuro se transforma en cianato, que es mucho menos tóxico.

- Se manejan los relaves para reducir impacto ambiental.

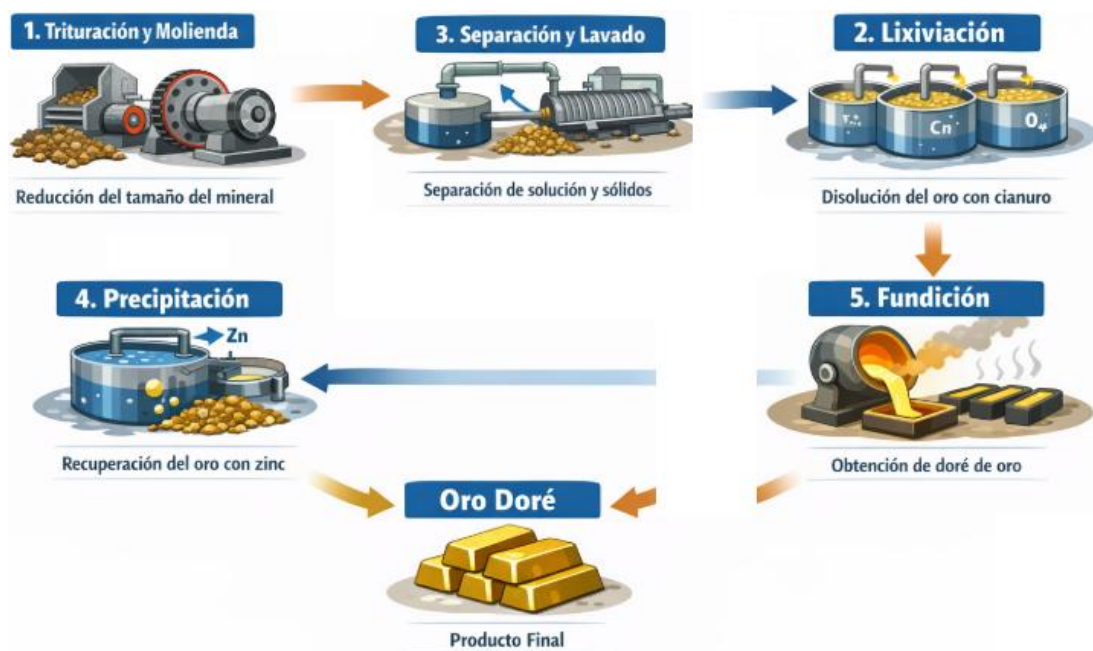


Figura 1. Etapas de la cianuración

Fuente: 911 Metallurgist

### 2.5.3. Diagrama de flujo de cianuración por Merrill-Crowe

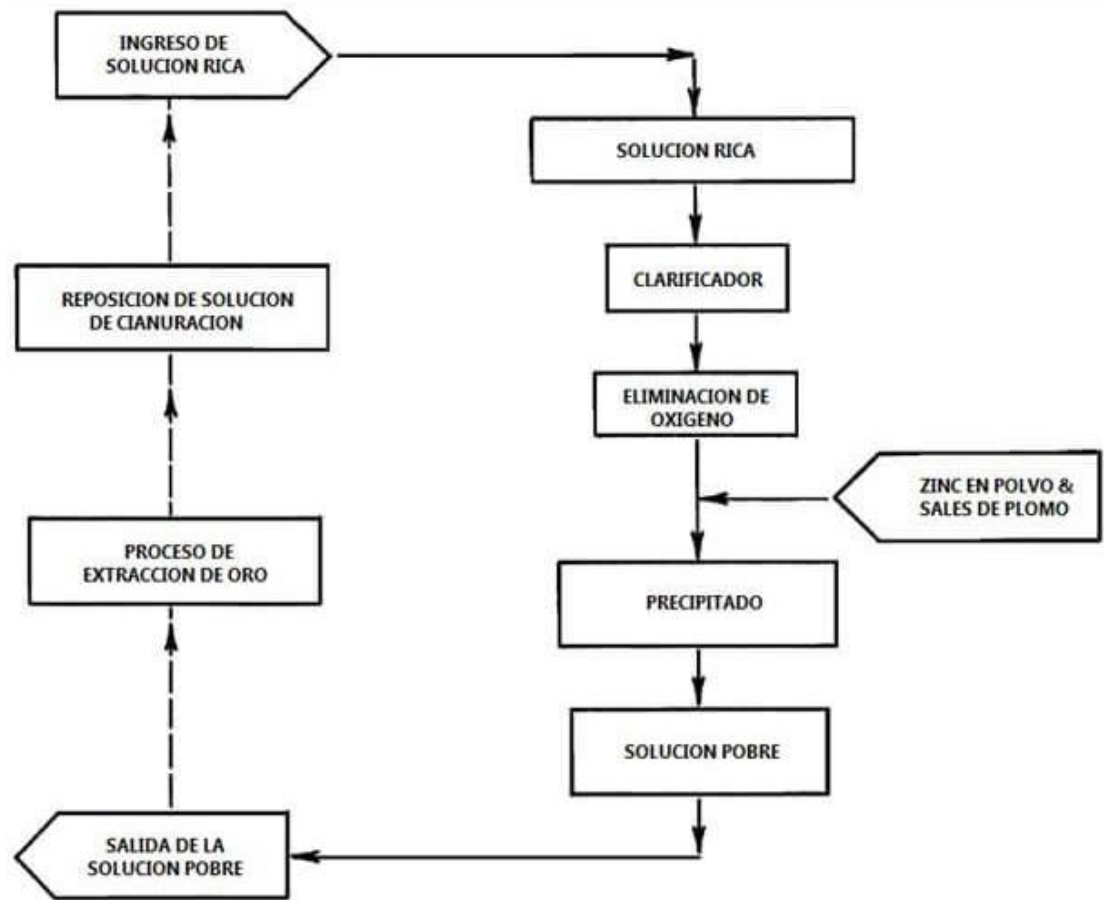


Figura 2. Diagrama de flujo de cianuración por Merrill-Crowe

Fuente: 911 Metallurgist

### 2.5.4. Reactivos peligrosos en la cianuración

En la cianuración, se utilizan varios reactivos peligrosos por su toxicidad, reactividad y riesgos ambientales.

#### 1. Cianuro de sodio (NaCN) y cianuro de potasio (KCN)

**Riesgo principal:** Extremadamente tóxicos.

**Peligros:**

- Inhalación, ingestión o contacto con la piel puede ser mortal.
- En contacto con ácidos libera gas cianuro de hidrógeno (HCN), que es letal.

**Impacto ambiental:** Muy peligroso para la fauna, especialmente peces y aves.

## 2. Cianuro de hidrógeno (HCN) – gas

**Riesgo principal:** Altamente letal incluso a bajas concentraciones.

**Peligros:**

- Gas incoloro, olor tenue a almendras (no siempre detectable).
- Puede causar pérdida de conciencia y muerte en minutos.

**Origen:** Se forma cuando el cianuro entra en contacto con ácidos o por mala ventilación.

## 3. Cal viva (óxido de calcio, CaO)

**Riesgo principal:** Corrosivo.

**Peligros:**

- Reacciona violentamente con agua liberando calor.
- Puede causar quemaduras en piel y ojos.

**Uso en cianuración:** Mantener el pH alto para evitar la formación de HCN.

## 4. Zinc en polvo

**Riesgo principal:** Reactivo y peligroso en polvo fino.

**Peligros:**

- Riesgo de incendios o explosiones de polvo.
- Inhalación dañina.

**Uso:** Precipitación del oro (proceso Merrill–Crowe).

## 5. Ácidos fuertes (como ácido sulfúrico o clorhídrico)

**Riesgo principal:** Corrosivos.

**Peligros:**

- Al reaccionar con cianuros pueden liberar HCN.
- Causan quemaduras graves.

### 2.5.5. Riesgos generales del proceso

- **Riesgo humano:** Intoxicaciones agudas.
- **Riesgo ambiental:** Contaminación de agua, suelo y vida silvestre.
- **Riesgo químico:** Reacciones peligrosas si no se controla el pH.

#### 2.5.6. **Medidas de seguridad (a nivel general)**

- Control estricto del pH.
- Uso de equipos de protección personal adecuados.
- Sistemas de ventilación y detección de gases.
- Manejo y disposición responsable de residuos.
- Planes de emergencia y capacitación constante.

### 2.6. **Marco conceptual**

[1] Las bases teóricas aluden al desarrollo conceptual general del tema de estudio; integran un conjunto organizado de conceptos, principios y proposiciones que conforman un enfoque específico, orientado a interpretar y fundamentar el fenómeno o problema objeto de investigación.

#### 2.6.1. **Seguridad en el trabajo**

[2] Constituye una disciplina de carácter técnico que reúne métodos, normas y procedimientos destinados a prevenir o reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes laborales. En este contexto, se consideran los diversos factores de riesgo asociados a las condiciones de seguridad que pueden generar perjuicios a los trabajadores, principalmente en forma de accidentes de trabajo.

Asimismo, los riesgos específicos y los agentes materiales más relevantes derivados de dichas condiciones se organizan en subtemas, en los cuales se sistematiza información esencial relacionada con definiciones generales, factores de riesgo predominantes, medidas preventivas, prácticas operativas y procedimientos de trabajo.

#### 2.6.2. **Salud Ocupacional**

[3] Es una disciplina de enfoque multidisciplinario cuya finalidad es fomentar y preservar el máximo nivel posible de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en su entorno laboral; prevenir daños a la salud derivados de enfermedades o accidentes ocasionados por las condiciones de trabajo; y proteger a los trabajadores frente a los riesgos asociados a la exposición a agentes nocivos presentes en el ambiente laboral.

### 2.6.3. **Prevención de riesgos**

[4] Conjunto de acciones, estrategias y disposiciones orientadas a evitar o disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados y, en caso de que estos se produzcan, a reducir al mínimo sus consecuencias sobre las personas, los bienes y el entorno laboral.

### 2.6.4. **Incidentes**

Acontecimiento que se presenta durante el desarrollo de una actividad y que modifica su curso normal, pudiendo generar situaciones de riesgo sin necesariamente ocasionar daños inmediatos.

### 2.6.5. **Accidente**

Hecho inesperado que interrumpe el desarrollo habitual de una actividad y que puede ocasionar daños a las personas, a los materiales o a las instalaciones.

### 2.6.6. **Higiene Ocupacional**

Conjunto de acciones técnicas y organizativas destinadas a identificar, evaluar y controlar los agentes físicos, químicos o biológicos presentes en los ambientes laborales que pueden provocar enfermedades en los trabajadores.

### 2.6.7. **Comité de seguridad y salud ocupacional**

Instancia integrada por representantes del empleador y de los trabajadores, cuya función es participar en procesos de capacitación, evaluación, supervisión, promoción, difusión y asesoría orientados a la prevención de riesgos en el ámbito laboral.

### 2.6.8. **Medio ambiente**

Sistema conformado por elementos naturales y sociales que rodean a los seres vivos e influyen en su desarrollo, comportamiento y actividades, incluyendo tanto los componentes naturales como las interacciones humanas con ellos.

#### 2.6.9. **Auditor**

Profesional debidamente capacitado y competente para llevar a cabo procesos de auditoría, conforme a criterios y procedimientos previamente establecidos.

#### 2.6.10. **Impacto ambiental**

Alteración o modificación del entorno, ya sea positiva, negativa o de carácter sinérgico, como resultado de las actividades desarrolladas por una organización.

#### 2.6.11. **Sistema de Gestión Ambiental (SGA)**

Componente del sistema de gestión empresarial que permite planificar, implementar, controlar y mejorar la política ambiental y los objetivos ambientales establecidos por la organización.

#### 2.6.12. **Desempeño ambiental**

Resultados alcanzados por la gestión ambiental de una organización en relación con sus objetivos ambientales, los cuales pueden ser evaluados y medidos mediante indicadores específicos.

#### 2.6.13. **Empresas asesoras en prevención de riesgos laborales**

Organizaciones especializadas en la identificación, evaluación y control de riesgos presentes en los centros de trabajo, abarcando aspectos de seguridad, higiene, ergonomía y planes de evacuación, con la finalidad de mejorar el clima laboral y el rendimiento organizacional.

#### 2.6.14. **Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional**

Conjunto de acciones y medidas organizativas implementadas por el empleador en todas las etapas de la actividad empresarial, orientadas a prevenir o reducir los riesgos derivados del trabajo y a proteger la integridad de los trabajadores.

[5] En el contexto laboral contemporáneo, la seguridad ocupacional trasciende la mera protección física, integrando el bienestar personal, condiciones adecuadas de trabajo, optimización de costos y una imagen organizacional moderna, vinculándose a enfoques amplios como la calidad de vida en el trabajo.

2.7. **Sistemas de gestión de seguridad y salud laboral.**

Los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Laboral (SGSSL) son estructuras organizadas que permiten a una empresa prevenir accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales y riesgos laborales, garantizando condiciones seguras y saludables para los trabajadores, además del cumplimiento legal.

2.8. **Normas internacionales de seguridad y salud laboral**

Las normas de Seguridad y Salud Laboral (SSL) son disposiciones legales, técnicas y organizativas designadas a prevenir accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales y salvaguardar la integridad física, mental y social de los recursos humanos.

2.8.1. **Organización Internacional del Trabajo (OIT)**

[5]La Organización Internacional del Trabajo (OIT) es un organismo especializado de la **ONU** que promueve la justicia social y los derechos humanos y laborales, buscando el trabajo decente para todos, mediante un modelo tripartito único que integra a gobiernos, empleadores y trabajadores para establecer normas laborales, formular políticas y brindar asistencia técnica; su sede está en Ginebra y trabaja para mejorar condiciones laborales y crear empleo a nivel mundial.

**2.8.1.1. Normas más reconocidas a nivel mundial de la OIT**

- **Convenio N.º 155:** Seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo.
- **Convenio N.º 161:** Servicios de salud en el trabajo.
- **Convenio N.º 187:** Marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo
- **Recomendación N.º 164:** Prevención de riesgos laborales

2.8.2. **Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (ISO 45001:2018)**

[6]La ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación de alcance mundial integrada por organismos nacionales de normalización. La elaboración de las Normas Internacionales se desarrolla, principalmente, a través de comités técnicos especializados,

en los cuales cada organismo miembro con interés en una determinada materia tiene el derecho de participar y estar representado. Asimismo, organizaciones internacionales de carácter público y privado intervienen en estos procesos en coordinación con la ISO. En el ámbito de la normalización electrotécnica, dicha organización mantiene una estrecha cooperación con la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), con la finalidad de asegurar la armonización y coherencia de los estándares técnicos. Reemplaza a OHSAS 18001.

**Orientación en:**

- Identificación de peligros.
- Evaluación y control de riesgos.
- Participación de los trabajadores.
- Mejora continua.

**2.8.3. Normas OSHA (Estados Unidos)**

[7] Conjunto de regulaciones federales y lineamientos de carácter obligatorio, emitidos por la OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos), orientados a garantizar que los empleadores ofrezcan ambientes de trabajo seguros y saludables. Estas disposiciones establecen exigencias destinadas a reducir la exposición a riesgos físicos y químicos, incorporando criterios sobre el uso de equipos de protección personal, prevención de caídas, manejo de sustancias peligrosas y programas de capacitación. Su aplicación abarca la mayoría de los sectores productivos, organizándose según el tipo de industria, como la general, la construcción, la marítima y la agrícola.

**Orientación en:**

- Control de sustancias peligrosas
- Uso de equipos de protección personal (EPP)
- Señalización de seguridad
- Manejo de maquinaria y electricidad.

**2.9. Normas de Seguridad y Salud Laboral en el Perú**

[8] En el contexto peruano, la sigla SST hace referencia a la Seguridad y Salud en el Trabajo, entendida como un marco de disposiciones técnicas, legales y organizativas orientadas a proteger la integridad de los trabajadores dentro de

sus centros laborales. Estas disposiciones tienen como finalidad prevenir la ocurrencia de accidentes de trabajo, reducir la incidencia de enfermedades ocupacionales y promover condiciones laborales adecuadas que favorezcan el bienestar general del personal. En el ámbito nacional, la gestión de la seguridad y salud en el trabajo se encuentra regulada mediante un conjunto de normas legales de cumplimiento obligatorio.

#### 2.9.1. **Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N.º 29783)**

[9] Marco legal que establece los principios, obligaciones y lineamientos fundamentales destinados a garantizar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en el entorno laboral. Dicha norma fue promulgada el 20 de agosto de 2011 y entró en vigencia el 18 de febrero de 2012, siendo de aplicación obligatoria para todas las empresas que operan en el territorio peruano, independientemente de su tamaño o actividad económica.

Asimismo, dispone la implementación de un Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, el cual debe adecuarse a las características y necesidades específicas de cada organización, incorporando medidas preventivas orientadas a la reducción de riesgos laborales, así como planes de respuesta ante emergencias en el lugar de trabajo. De igual forma, establece la obligación de brindar capacitación permanente a los trabajadores en materia de seguridad y salud laboral, abarcando el uso seguro de maquinarias y equipos, la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales, y la correcta actuación frente a situaciones de emergencia o incidentes.

##### **Establece:**

- Prevención de riesgos laborales
- Obligaciones del empleador
- Derechos y deberes del trabajador
- Comité o Supervisor de SST.

##### **Ámbito de aplicación**

- Empresas públicas y privadas
- Trabajadores dependientes, independientes, practicantes y contratistas

- Todos los sectores: minería, industria, construcción, comercio, servicios, entre otros.

### **Derechos de los trabajadores**

- A trabajar en un ambiente seguro y saludable
- A recibir capacitación e información sobre riesgos laborales
- A ser protegidos contra represalias por reportar riesgos
- A participar en el Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo
- A atención médica en caso de accidente o enfermedad ocupacional

### **Obligaciones del empleador**

- Implementar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST).
- Identificar peligros y evaluar riesgos (**IPERC**).
- Proporcionar **Equipos de Protección Personal (EPP)**.
- Capacitar periódicamente al personal.
- Investigar accidentes y enfermedades laborales.
- Garantizar vigilancia de la salud ocupacional.
- Constituir un **Comité o Supervisor de SST**.

### **Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo**

- Obligatorio en empresas con 20 o más trabajadores
- Integración paritaria (empleador – trabajadores)
- Funciones: supervisar, proponer mejoras, investigar accidentes.

### **Fiscalización y sanciones**

- A cargo de **SUNAFIL**
- Sanciones administrativas, multas económicas y responsabilidades civiles o penales según la gravedad.

#### **2.9.1.1. Normas complementarias de la Ley N.º 29783**

La Ley N.º 29783 – Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Perú) se complementa con un conjunto de normas reglamentarias y técnicas que permiten su aplicación práctica. A continuación, se indica

las principales normas complementarias, muy usadas en trabajos académicos.

**1) Reglamento de la Ley N.º 29783**

**Decreto Supremo N.º 005-2012-TR.** - Aprueba el Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Establece:

- Implementación del Sistema de Gestión de SST.
- Funciones del empleador y del trabajador.
- Comité o Supervisor de SST.
- Identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC).
- Capacitación, vigilancia médica y auditorías.

**2) Modificatoria del Reglamento**

**Decreto Supremo N.º 006-2014-TR.** - Modifica diversos artículos del D.S. N.º 005-2012-TR.

Precisa:

- Fiscalización y sanciones.
- Responsabilidad del empleador.
- Adecuación para MYPE.
- Mejora de la gestión preventiva.

**3) Norma sobre Comités de Seguridad y Salud en el Trabajo**

**Resolución Ministerial N.º 148-2012-TR**

Regula:

- Conformación del Comité de SST
- Elección de representantes
- Funciones y responsabilidades
- Actas y reuniones periódicas

**4) Norma Básica de Ergonomía y Riesgo Disergonómico**

**Resolución Ministerial N.º 375-2008-TR**

Establece:

- Evaluación de riesgos ergonómicos.
- Posturas forzadas.

- Manipulación manual de cargas.
- Aplicable a labores operativas e industriales

**5) Protocolos de Exámenes Médicos Ocupacionales.**

**Resolución Ministerial N.º 312-2011-MINSA**

Define:

- Exámenes médicos de ingreso, periódicos y de retiro
- Vigilancia de la salud del trabajador
- Enfoque preventivo de enfermedades ocupacionales

**6) Registro y Notificación de Accidentes de Trabajo**

**Resolución Ministerial N.º 050-2013-TR**

Regula:

- Registro obligatorio de accidentes, incidentes y enfermedades ocupacionales
- Reporte al MTPE
- Uso del sistema de información SST.

**7) Fiscalización en Seguridad y Salud en el Trabajo**

**Ley N.º 28806 – Ley General de Inspección del Trabajo.**

**Decreto Supremo N.º 019-2006-TR**

Establece:

- Competencias de **SUNAFIL**
- Infracciones leves, graves y muy graves en SST.
- Multas y sanciones administrativas

**8) Normas Sectoriales (Minería)**

**Decreto Supremo N.º 024-2016-EM. - Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.**

Incluye:

- Manejo de sustancias químicas peligrosas (cianuro)
- Almacenamiento de reactivos
- Control de riesgos físicos, químicos y biológicos
- Procedimientos de emergencia en plantas metalúrgicas.

## 2.10. Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo con los Riesgos del Cianuro

Las normas complementarias de la Ley N.º 29783 constituyen el soporte legal y técnico para la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados al manejo de cianuro en depósitos de reactivos de plantas de cianuración, permitiendo prevenir intoxicaciones, accidentes graves y daños a la salud de los trabajadores mediante un enfoque sistemático de gestión preventiva.

### 1) Ley N.º 29783.- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo

Riesgos del cianuro:

- Intoxicación aguda por inhalación de ácido cianhídrico (HCN).
- Intoxicación por contacto dérmico o ingestión accidental.
- Riesgo de muerte súbita por exposición no controlada.

Aplicación:

La Ley N.º 29783 establece la obligación del empleador de prevenir los riesgos laborales, priorizando la eliminación y control de peligros químicos altamente tóxicos como el cianuro, mediante la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (IPERC), capacitación continua y provisión de equipos de protección personal adecuados.

### 2) Decreto Supremo N.º 005-2012-TR – Reglamento de la Ley SST

Riesgos del cianuro relacionados:

- Emisión de gases tóxicos por reacciones del cianuro con ácidos
- Derrames durante la recepción, almacenamiento o dosificación
- Exposición crónica a bajas concentraciones de cianuro.

**Aplicación:**

Este reglamento exige la implementación de controles operacionales, procedimientos escritos, señalización, ventilación adecuada, almacenamiento seguro y planes de emergencia para la manipulación de sustancias químicas peligrosas, reduciendo la probabilidad de exposición al cianuro.

### 3) Decreto Supremo N.º 006-2014-TR – Modificatoria del Reglamento

Riesgos del cianuro relacionados:

- Deficiencias en el control del riesgo químico.

- Incumplimiento de medidas de seguridad en áreas críticas.

Aplicación:

Refuerza la responsabilidad legal del empleador frente a accidentes e intoxicaciones por cianuro, estableciendo sanciones y promoviendo la mejora continua del sistema de gestión de SST en instalaciones de alto riesgo químico.

#### **4) Resolución Ministerial N.º 148-2012-TR – Comité de SST**

Riesgos del cianuro relacionados:

- Falta de supervisión en áreas de almacenamiento de cianuro.
- Uso inadecuado de EPP especializado.

Aplicación:

El Comité de SST participa en la vigilancia del cumplimiento de procedimientos de manejo seguro del cianuro, investigación de incidentes por derrames o fugas y promoción de prácticas seguras entre los trabajadores del depósito de reactivos.

#### **5) Resolución Ministerial N.º 375-2008-TR – Norma Básica de Ergonomía**

Riesgos del cianuro relacionados:

- Manipulación manual de sacos de cianuro sólido
- Fatiga física que incrementa la probabilidad de derrames.

Aplicación:

Establece medidas para reducir riesgos disergonómicos durante el transporte y apilamiento de cianuro, minimizando errores operativos que puedan generar liberación accidental del reactivo.

#### **6) Resolución Ministerial N.º 312-2011-MINSA – Exámenes Médicos Ocupacionales**

Riesgos del cianuro relacionados:

- Efectos sistémicos por exposición crónica (cefaleas, mareos, alteraciones respiratorias).
- Intoxicaciones subclínicas no detectadas

Aplicación:

Dispone la vigilancia médica periódica del personal expuesto a cianuro, permitiendo la detección temprana de alteraciones compatibles con intoxicación y la adopción de medidas preventivas oportunas.

**7) Resolución Ministerial N.º 050-2013-TR – Registro de Accidentes**

Riesgos del cianuro relacionados:

- Derrames con liberación de vapores tóxicos
- Exposición accidental durante operaciones de emergencia

Aplicación:

Obliga al registro y notificación de incidentes y accidentes relacionados con cianuro, generando información clave para la mejora de los controles y la prevención de eventos mayores.

**8) Decreto Supremo N.º 024-2016-EM – Reglamento de Seguridad y Salud**

Ocupacional en Minería

Riesgos del cianuro relacionados:

- Almacenamiento inadecuado de reactivos químicos
- Fallas en contención secundaria.
- Emergencias químicas de alto impacto

**Aplicación:**

Regula específicamente el manejo, almacenamiento, transporte interno y respuesta a emergencias con cianuro en operaciones mineras, exigiendo planes de contingencia, capacitación especializada y cumplimiento de estándares técnicos internacionales.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. **Empresa Minera Colibrí S.A.C.**

Para evaluar los resultados se ha tomado los datos proporcionados por la Empresa Minera Colibrí S.A.C. que tiene su planta de procesamiento de minerales auríferos ubicada en los distritos de Cháparra y Achanizo, en la provincia de Caraveli, departamento de Arequipa.

##### **Ubicación Principal (Planta de Procesamiento):**

- **Distrito:** Cháparra - Achanizo.
- **Provincia:** Caraveli.
- **Departamento:** Arequipa.
- **País:** Perú.

#### 3.2. **Descripción general de los resultados**

El presente capítulo presenta los resultados obtenidos en la investigación del Sistema de Seguridad y Salud Laboral (SSSL) en el depósito de reactivos de una planta de cianuración de minerales auríferos. Los resultados se derivan de la aplicación de instrumentos de recolección de datos como listas de verificación, observación directa, encuestas al personal operativo y entrevistas al responsable de seguridad, así como del análisis documental del cumplimiento normativo vigente.

El análisis permitió evaluar el nivel de cumplimiento legal, identificar los principales peligros y riesgos asociados al almacenamiento y manipulación de reactivos químicos peligrosos, y determinar la eficacia de las medidas de control implementadas.

#### 3.3. **Descripción general de los resultados bajo metodología cuantitativa–mixta**

La investigación se desarrolló bajo un **enfoque metodológico mixto**, con predominio **cuantitativo**, complementado con técnicas **cualitativas** que permitieron profundizar en la interpretación de los resultados numéricos. El enfoque cuantitativo se aplicó mediante encuestas estructuradas, listas de verificación y matrices de evaluación (IPERC), mientras que el enfoque

cualitativo se sustentó en la observación directa y entrevistas semiestructuradas.

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante análisis estadístico descriptivo (frecuencias absolutas, porcentajes y promedios), lo que permitió medir el nivel de cumplimiento del Sistema de Seguridad y Salud Laboral (SSSL), el grado de conocimiento del personal y la magnitud de los riesgos laborales existentes en el depósito de reactivos.

### 3.4. **Tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra es la siguiente:

$$n_0 = \frac{(1.96^2 \times 100 \times 0.5 \times 0.5)}{\left[0.05^2 \times (100 + 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5\right]} = 79 \text{ colaboradores}$$

**Muestra ajustada:**

$$n = \frac{n_0}{\left(1 + \frac{n_0}{N}\right)}$$

$$n = \frac{79}{\left(1 + \frac{79}{100}\right)} = 44 \text{ encuestados}$$

### 3.5. **Resultados del diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral**

El diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral (SSSL) en el depósito de reactivos de una planta de cianuración de minerales auríferos se realizó mediante listas de verificación basadas en la Ley N.º 29783 y sus normas complementarias, observación directa de las condiciones de trabajo, revisión documental y entrevistas al personal operativo y de supervisión. A continuación, se presentan los principales resultados.

#### 3.5.1. **Nivel de cumplimiento de la normativa del Sistema Seguridad y Salud Laboral (análisis cuantitativo)**

La evaluación del cumplimiento normativo se realizó mediante una lista de verificación estructurada basada en la Ley N.º 29783 y su reglamento, aplicada a un total de 50 ítems evaluables.

Esta lista de verificación permite evaluar de manera sistemática el grado de cumplimiento del Sistema de Seguridad y Salud Laboral conforme a la Ley N.º 29783.

**A. Política y compromiso de la empresa (5 ítems)**

1. Existe una política de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) aprobada por la alta dirección.
2. La política de SST está difundida y visible para todos los trabajadores.
3. La política es coherente con la naturaleza de los riesgos del depósito de reactivos.
4. La política se revisa y actualiza periódicamente.
5. La empresa asigna recursos para la implementación del SSSL.

**B. Organización del Sistema de SST (5 ítems)**

6. Existe un responsable o comité de SST formalmente designado.
7. El comité o supervisor de SST cumple con sus funciones establecidas.
8. Se cuenta con un reglamento interno de SST.
9. Las funciones y responsabilidades en SST están definidas por escrito.
10. Se promueve la participación de los trabajadores en temas de SST.

**C. Identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC) (8 ítems)**

11. Se ha elaborado un IPERC específico para el depósito de reactivos.
12. El IPERC incluye riesgos químicos asociados al cianuro y otros reactivos.
13. El IPERC está actualizado.
14. Se consideran escenarios normales y de emergencia.
15. Los riesgos están jerarquizados según su nivel.
16. Se han definido medidas de control para cada riesgo identificado.

17. El IPERC es conocido por los trabajadores.
18. Se revisa el IPERC cuando ocurren cambios en el proceso.

**D. Procedimientos operativos y control operacional (8 ítems)**

19. Existen procedimientos escritos para recepción de reactivos.
20. Existen procedimientos para almacenamiento seguro de reactivos químicos.
21. Se cuenta con procedimientos para manipulación de cianuro.
22. Los procedimientos están disponibles en el área de trabajo.
23. El personal cumple los procedimientos establecidos.
24. Se controla el ingreso de personal autorizado al depósito.
25. Se cuenta con hojas de datos de seguridad (MSDS/ SDS) actualizadas.
26. Se aplican medidas de control ante derrames menores.

**E. Equipos de Protección Personal (EPP) (6 ítems)**

27. La empresa proporciona EPP adecuado para riesgos químicos.
28. Los EPP cumplen con normas técnicas reconocidas.
29. Existe registro de entrega de EPP.
30. El personal utiliza correctamente el EPP.
31. Se realiza mantenimiento o reposición oportuna de EPP.
32. Se capacita al personal en el uso de EPP.

**F. Capacitación y entrenamiento (6 ítems)**

33. Existe un programa anual de capacitación en SST.
34. Se capacita al personal en manejo seguro de sustancias peligrosas.
35. Se capacita en respuesta ante emergencias químicas.
36. Se registran las capacitaciones realizadas.
37. El personal demuestra conocimiento básico de los riesgos del área.
38. Se evalúa la efectividad de las capacitaciones.

**G. Preparación y respuesta ante emergencias (6 ítems)**

39. Existe un plan de emergencia específico para el depósito de reactivos.

- 40. El plan contempla derrames de cianuro.
- 41. Existen rutas de evacuación señalizadas.
- 42. Se cuenta con duchas de emergencia y lavaojos operativos.
- 43. Se realizan simulacros de emergencia.
- 44. El personal conoce los procedimientos de emergencia.

**H. Vigilancia de la salud y monitoreo (4 ítems)**

- 45. Se realizan exámenes médicos ocupacionales.
- 46. Los exámenes consideran exposición a agentes químicos.
- 47. Se realizan monitoreos ambientales periódicos.
- 48. Se mantienen registros de vigilancia de la salud.

**I. Evaluación y mejora continua (2 ítems)**

- 49. Se realizan inspecciones internas de SST.
- 50. Se implementan acciones correctivas y de mejora continua.

**Escala de evaluación sugerida:** Cumple (1) – Cumple parcialmente (0.5) - No cumple (0).

**3.5.2. Tabla de diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral**

**Tabla 2. Diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral**

Ítem		C	CP	NC
1	Existe una política de SST aprobada por la alta dirección			
2	La política de SST está difundida y visible			
3	La política es coherente con los riesgos del depósito			
4	La política se revisa periódicamente			
5	Se asignan recursos para el SSSL			
6	Existe comité o responsable de SST			
7	El comité/responsable cumple sus funciones			
8	Existe reglamento interno de SST			
9	Funciones y responsabilidades definidas			

10	Participación de los trabajadores en SST			
11	IPERC específico del depósito			
12	IPERC incluye riesgos por cianuro			
13	IPERC actualizado			
14	IPERC considera emergencias			
15	Riesgos jerarquizados			
16	Medidas de control definidas			
17	IPERC difundido al personal			
18	IPERC revisado ante cambios			
19	Procedimiento de recepción de reactivos			
20	Procedimiento de almacenamiento seguro			
21	Procedimiento para manipulación de cianuro			
22	Procedimientos disponibles en el área			
23	Cumplimiento de procedimientos			
24	Control de acceso al depósito			
25	Hojas de datos de seguridad (SDS)			
26	Control de derrames menores			
27	EPP adecuado para riesgos químicos			
28	EPP con normas técnicas			
29	Registro de entrega de EPP			
30	Uso correcto de EPP			
31	Reposición y mantenimiento de EPP			
32	Capacitación en uso de EPP			
33	Programa anual de capacitación			

34	Capacitación en manejo de sustancias peligrosas			
35	Capacitación en emergencias químicas			
36	Registro de capacitaciones			
37	Conocimiento de riesgos por el personal			
38	Evaluación de la capacitación			
39	Plan de emergencia específico			
40	Plan contempla derrames de cianuro			
41	Rutas de evacuación señalizadas			
42	Duchas y lavaojos operativos			
43	Simulacros de emergencia			
44	Conocimiento de procedimientos de emergencia			
45	Exámenes médicos ocupacionales			
46	Exámenes por exposición química			
47	Monitoreo ambiental			
48	Registros de vigilancia de la salud			
49	Inspecciones internas de SST			
50	Acciones de mejora continua			

**C=Cumple CP= Cumple Parcialmente NC = No Cumple**

Instrucciones de aplicación: Marcar con una “X” en la columna correspondiente (Cumple /Cumple Parcialmente / No Cumple) y consignar observaciones técnicas cuando aplique.

**3.5.3. Fórmula de cálculo**

$$\text{Porcentaje}(\%) = \left( \frac{\text{Número de ítems}}{50} \right) \times 100$$

### 3.5.4. Criterio de interpretación sugerido

**Tabla 3. Criterio de interpretación sugerido**

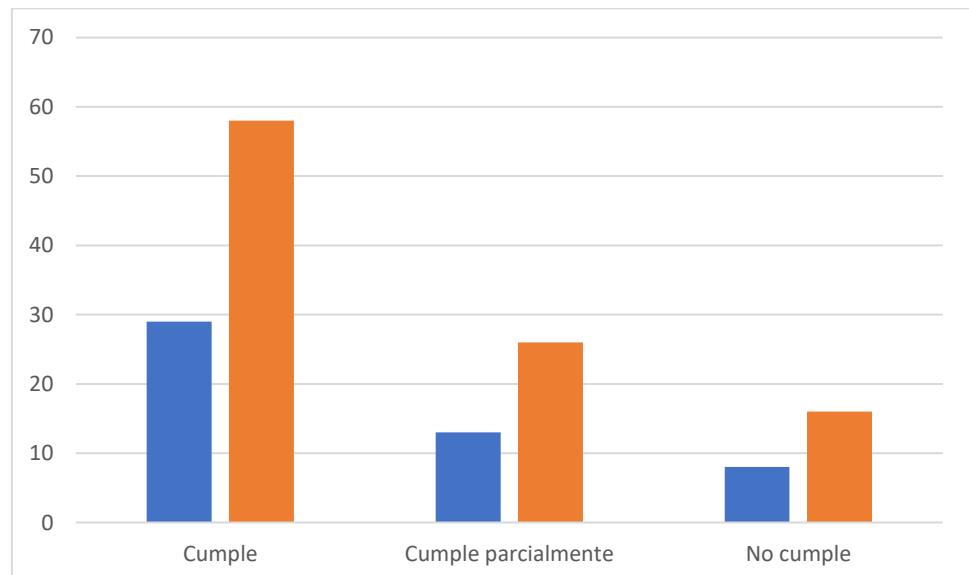
Porcentaje de cumplimiento	Nivel de implementación del SSSL
0 – 50 %	Deficiente
51 – 70 %	Básico
71 – 85 %	Intermedio
86 – 100 %	Adecuado

### 3.5.5. Consolidados del diagnóstico del SSSL de la Empresa Minera Colibrí S.A.C

**Tabla 4. Consolidado**

Resultado	Número de ítems	Porcentaje (%)
Cumple	29	58
Cumple parcialmente	13	26
No cumple	08	16
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

Estos valores evidencian un nivel de cumplimiento medio, lo que indica la existencia de brechas significativas en la implementación efectiva del SSSL.



**Figura 3. Nivel de cumplimiento de la normativa de SSST**

### 3.5.6. Estado de la infraestructura del depósito de reactivos (análisis cuantitativo)

El estado de la infraestructura fue evaluado mediante inspección técnica, considerando 20 criterios de seguridad relacionados con pisos, ventilación, almacenamiento, drenaje y contención de derrames.

- 13 criterios (65 %) fueron calificados como adecuados.
- 07 criterios (35 %) fueron calificados como inadecuados.

Los principales incumplimientos cuantificados se relacionan con la ausencia de cubetos de contención (100 % de incumplimiento en este ítem) y deficiencias en ventilación forzada (60 % de incumplimiento).

### 3.5.7. Identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC – análisis cuantitativo)

Mediante la aplicación de la matriz IPERC se identificaron 20 peligros laborales, los cuales fueron evaluados en función de probabilidad y severidad.

Los resultados cuantitativos indican que:

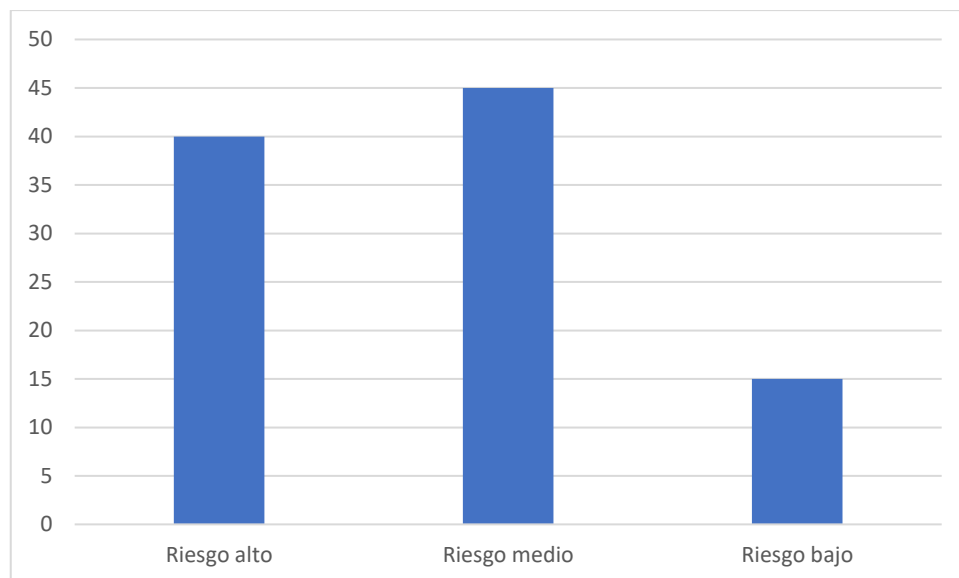
- 8 riesgos (40 %) se clasifican como riesgo alto,
- 9 riesgos (45 %) como riesgo medio, y
- 3 riesgos (15 %) como riesgo bajo.

Los riesgos químicos asociados a la manipulación de cianuro de sodio representan el 100 % de los riesgos clasificados como altos, lo que evidencia su criticidad dentro del proceso de cianuración.

**Tabla 5. Identificación (IPERC)**

<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Porcentaje</b>
Riesgo alto	40
Riesgo medio	45
Riesgo bajo	15

Nivel de cumplimiento de la normativa de Seguridad y Salud en el Trabajo



**Figura 4. Nivel de cumplimiento de la normatividad**

La figura muestra que el 40 % de los riesgos identificados en el depósito de reactivos corresponde a riesgos altos, el 45 % a riesgos medios y solo el 15 % a riesgos bajos, lo que evidencia una elevada exposición a peligros significativos, principalmente de tipo químico asociados al manejo de cianuro de sodio.

### 3.5.8. Resultados de la evaluación del personal (enfoque cuantitativo)

#### 3.5.8.1. Nivel de conocimiento en Seguridad y Salud Laboral

La encuesta fue aplicada a una muestra de 20 trabajadores del depósito de reactivos. Los resultados estadísticos muestran que:

- 11 trabajadores (55 %) presentan un nivel básico de conocimiento en seguridad y salud laboral.
- 06 trabajadores (30 %) presentan un nivel adecuado de conocimiento específico sobre manipulación de cianuro.
- 03 trabajadores (15 %) presentan un nivel deficiente.

### 3.5.9. Uso de Equipos de Protección Personal (EPP)

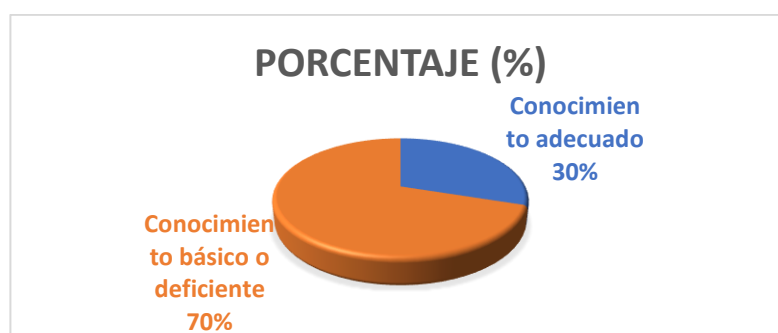
El análisis cuantitativo del uso de EPP evidenció que:

- 14 trabajadores (70 %) utilizan EPP de manera adecuada,
- 4 trabajadores (20 %) lo utilizan de forma incompleta, y
- 2 trabajadores (10 %) no cumplen con el uso obligatorio.

Los EPP con mayor índice de incumplimiento fueron los respiradores con filtros para gases tóxicos (40 %) y los trajes de protección química (35 %).

**Tabla 6. Uso de equipo de protección**

Nivel de conocimiento	Porcentaje (%)
Conocimiento adecuado	30
Conocimiento básico o deficiente	70



**Figura 5. Uso de equipo de protección**

### 3.5.10. Resultados sobre la gestión de emergencias (enfoque mixto)

Desde el enfoque cuantitativo, se evaluaron 10 criterios de preparación y respuesta ante emergencias químicas, obteniéndose los siguientes resultados:

- 04 criterios (40 %) cumplen,
- 06 criterios (60 %) no cumplen.

Desde el enfoque cualitativo, las entrevistas y la observación directa permitieron identificar que la falta de simulacros, señalización insuficiente y ausencia de duchas de emergencia son percibidas por el personal como factores críticos que incrementan la probabilidad de accidentes graves.

### 3.5.11. Resultados globales del sistema evaluado

De manera global, los resultados indican que el Sistema de Seguridad y Salud Laboral del depósito de reactivos se encuentra en un nivel de desempeño moderado, con importantes brechas en:

- Cumplimiento normativo.

- Gestión de riesgos químicos.
- Capacitación del personal.
- Preparación y respuesta ante emergencias.

Estos resultados justifican la necesidad de implementar un Sistema de Seguridad y Salud Laboral integral y específico para el depósito de reactivos de la planta de cianuración, orientado a la prevención de accidentes, protección de la salud de los trabajadores y cumplimiento de la normativa vigente.

## IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis de los resultados

La discusión de los resultados se establece en el análisis estadístico de porcentajes obtenidos en el diagnóstico del Sistema de Seguridad y Salud Laboral (SSSL) del depósito de reactivos de una planta de cianuración de minerales auríferos. Los resultados cuantitativos se basaron de acuerdo a la norma vigente (Ley N° 29783 y su reglamento) y del sustento teórico relacionado con la gestión de riesgos químicos en el sector minero.

En lo general, los indicadores estadísticos evidencian un nivel de desempeño medio del SSSL, caracterizado por un cumplimiento normativo parcial, deficiencias estructurales en la infraestructura del depósito, alta proporción de riesgos químicos críticos y una preparación insuficiente del personal frente a emergencias.

### 4.2. Discusión del cumplimiento de la normativa de Seguridad y Salud Laboral

El análisis estadístico del cumplimiento normativo mostró que el 58 % de los requisitos evaluados cumple, mientras que el 42 % presenta cumplimiento parcial o incumplimiento, lo cual se evidencia claramente en el gráfico de barras correspondiente. Este resultado revela que la empresa ha implementado medidas básicas de seguridad; sin embargo, estas no se encuentran plenamente alineadas con un SSSL formal y sistemático.

Desde una perspectiva normativa, el porcentaje de incumplimiento identificado representa una condición de riesgo legal y operativo, especialmente en aspectos relacionados con la gestión de sustancias químicas peligrosas y la planificación de emergencias. Estos resultados coinciden con estudios realizados en depósitos de reactivos mineros, donde se reporta que el cumplimiento parcial limita la eficacia preventiva de los sistemas de seguridad.

### 4.3. Discusión de condición de la infraestructura del depósito de reactivos

Los resultados estadísticos indican que el 65 % de la infraestructura del depósito es adecuada, mientras que el 35 % es inadecuada, Si bien el porcentaje de adecuación es mayoritario, la existencia de más de un tercio de condiciones

inadecuadas resulta crítica debido a la naturaleza peligrosa de los reactivos almacenados.

Las principales deficiencias estructurales como la ausencia de los estancos de contención y ventilación deficiente, incrementan significativamente el riesgo de exposición química y derrames, contraviniendo los principios de prevención y control establecidos en la jerarquía de controles de seguridad. Estos resultados son consistentes con la literatura técnica, que identifica a la infraestructura deficiente como uno de los principales factores desencadenantes de accidentes químicos en plantas de procesamiento de minerales.

#### 4.4. **Discusión de la identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPERC)**

La evaluación cuantitativa mediante la matriz IPERC evidenció que el 40 % de los riesgos identificados corresponde a riesgos altos, el 45 % a riesgos medios y solo el 15 % a riesgos bajos, tal como se observa en el gráfico de barras de clasificación de riesgos.

La elevada proporción de riesgos altos, asociados principalmente al manejo de cianuro de sodio, confirma que el riesgo químico es el peligro predominante en el depósito de reactivos. Este resultado demuestra que las medidas de control existentes no son suficientes para reducir los riesgos a niveles aceptables, lo cual coincide con investigaciones previas realizadas en plantas de cianuración que reportan alta criticidad cuando no se implementan controles de ingeniería específicos.

#### 4.5. **Discusión de los resultados relacionados con el personal**

El análisis estadístico del nivel de conocimiento del personal muestra que solo el 30 % presenta un nivel adecuado, mientras que el 70 % posee conocimientos básicos o deficientes. Este hallazgo evidencia una diferencia importante en los programas de capacitación y entrenamiento especializado en el manejo de cianuro y otros reactivos peligrosos.

En relación con el uso de Equipos de Protección Personal, el 70 % del personal utiliza EPP de manera adecuada, mientras que el 30 % presenta incumplimiento parcial o total.

#### 4.6. **Discusión de la gestión de emergencias químicas**

Los resultados estadísticos indican que solo el 40 % de los criterios de respuesta ante emergencias químicas cumple, mientras que el 60 % no cumple, lo cual refleja una preparación insuficiente del sistema frente a eventos críticos. Este resultado se traduce en una alta vulnerabilidad ante derrames, fugas o intoxicaciones por cianuro.

Desde el enfoque cualitativo, las percepciones del personal refuerzan los resultados cuantitativos, evidenciando una sensación de inseguridad y falta de entrenamiento práctico mediante simulacros. La literatura especializada señala que la ausencia de planes de contingencia y equipos de emergencia incrementa significativamente la severidad de los accidentes químicos, lo cual concuerda con los hallazgos de la presente investigación.

#### 4.7. **Implicancias de los resultados para la investigación**

Los resultados discutidos demuestran la necesidad de implementar un Sistema de Seguridad y Salud Laboral específico y formalizado para el depósito de reactivos de la planta de cianuración, orientado al control de riesgos químicos, cumplimiento normativo y protección integral de la salud de los trabajadores. La discusión de los resultados valida la hipótesis de la investigación y justifica la propuesta de mejora del SSSL que se desarrolla en el capítulo siguiente, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión de seguridad en el sector minero.

## V. CONCLUSIONES

1. La investigación consintió en diagnosticar el estado del Sistema de Seguridad y Salud Laboral (SSSL) en una planta de cianuración de minerales auríferos, evidenciándose un nivel de desempeño medio, caracterizado por un cumplimiento normativo parcial y la ausencia de un sistema integral formalmente implementado.
2. Los resultados estadísticos demostraron que solo el 58 % de los requisitos normativos cumple con lo establecido en la Ley N.º 29783 y su reglamento, mientras que el 42 % presenta cumplimiento parcial o incumplimiento, lo que representa un riesgo legal, operativo y preventivo para la empresa.
3. La matriz IPERC evidenció que el 40 % de los riesgos identificados son de nivel alto y el 45 % de nivel medio, confirmando que el riesgo químico constituye el peligro predominante en el área evaluada y que las medidas de control existentes no son suficientes para reducir los riesgos a niveles aceptables.
4. En relación con el personal, se determinó que el 70 % presenta conocimientos básicos o deficientes en Seguridad y Salud Laboral, y que el 30 % no utiliza adecuadamente los Equipos de Protección Personal, lo cual evidencia debilidades en los programas de capacitación, supervisión y cultura preventiva.
5. En conclusión, los resultados obtenidos confirman la necesidad de implementar y fortalecer un Sistema de Seguridad y Salud Laboral específico para el depósito de reactivos, orientado al control de riesgos químicos, al cumplimiento normativo y a la protección integral de la salud y seguridad de los trabajadores, validando así los objetivos planteados en la presente investigación.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda diseñar e implementar un Sistema de Seguridad y Salud Laboral específico para el depósito de reactivos, debidamente documentado, aprobado por la alta dirección y alineado con los requisitos de la Ley N.º 29783, su reglamento y normas técnicas aplicables al manejo de sustancias químicas peligrosas.
2. Se debe establecer un plan de cierre de brechas normativas, priorizando los requisitos que actualmente presentan cumplimiento parcial o incumplimiento, mediante auditorías internas periódicas, indicadores de desempeño y asignación clara de responsabilidades.
3. Se recomienda mejorar la infraestructura del depósito de reactivos, incorporando cubetos de contención, sistemas adecuados de ventilación forzada, señalización de seguridad normalizada y condiciones físicas que reduzcan el riesgo de derrames, fugas o exposiciones accidentales.
4. Es necesario fortalecer la gestión de emergencias químicas, elaborando e implementando planes de contingencia específicos, realizando simulacros periódicos y dotando al depósito de reactivos de equipos de emergencia como duchas, lavajos y kits para derrames químicos.
5. Finalmente, se recomienda fomentar una cultura preventiva en Seguridad y Salud Laboral, promoviendo la participación activa de los trabajadores, la supervisión continua y el compromiso de la dirección, con el fin de garantizar la sostenibilidad y mejora continua del sistema implementado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Orihuela, «Prezi,» [En línea]. Available: <https://prezi.com/p/3-gihdm0ytpb/bases-teoricas/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2025].
- [2] «Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo,» Cinsst, [En línea]. Available: <https://www.insst.es/materias/riesgos/seguridad-en-el-trabajo>. [Último acceso: 15 Diciembre 2025].
- [3] M. d. Salud, «Salud Ocupacional,» [En línea]. Available: [https://www.digesa.minsa.gob.pe/dso/salud%20ocupacional%20tripticos/triptico\\_que\\_es\\_salud\\_ocupacional.pdf](https://www.digesa.minsa.gob.pe/dso/salud%20ocupacional%20tripticos/triptico_que_es_salud_ocupacional.pdf). [Último acceso: 15 Diciembre 2025].
- [4] F. MAPFRE, «Prevención de riesgos o siniestros,» [En línea]. Available: <https://www.fundacionmapfre.org/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/prevencion-de-riesgos-o-siniestros/>. [Último acceso: 15 Diciembre 2025].
- [5] D. D. d. T.-G. d. Chile, *DICCIONARIO MAPFRE DE SEGURIDAD INTEGRAL*, Santiago - Chile: Editorial Mapfre, 1993.
- [6] OIT, «Organizacion Internacional del Trabajo,» 05 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://www.ilo.org/es>.
- [7] ISO, «Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo,» 05 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>.
- [8] SafetyCulture, «Normas OSHA: Una guía para el cumplimiento de la salud y la seguridad,» 05 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://safetyculture.com/es/temas/osha-normas>.

- [9] HSETools, «Normativa de Seguridad y Salud en el Trabajo en Perú,» 05 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://hse.software/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/normativa-de-sst-en-peru/>.
- [10] SGS, «Una guía sobre la ley de seguridad y salud en el trabajo,» 05 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/03/guia-ley-seguridad-y-salud-trabajo>.
- [11] OIT. [En línea].