

Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales**

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**INTEGRACIÓN DE LOS COSTOS DE REMEDIACIÓN MEDIO AMBIENTAL
EN EL MODELO MATEMÁTICO DE VALORIZACIÓN DE BLOQUES PARA
UNA PLANIFICACIÓN INTEGRAL EN MINERÍA**

Tesis presentada por el Bachiller:

Morales Luque, Paul Alfonso

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero de Minas

Asesor:

Dr. Molina Rodríguez, Fredy Nicolas

Arequipa- Perú

2019

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



INFORME DICTAMINATORIO
DE BORRADOR DE TESIS



VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

Integración de los costos de remediación medio ambiental en
el modelo matemático de Valorización de bloques para una
Planificación Integral en minería.

PRESENTADO POR (EL) (LOS) BACHILLER (ES):

Paul Alfonso Morales Luque

NUESTRO DICTAMEN ES:

Favorable.

OBSERVACIONES: Sin observaciones.

Arequipa, 03 de diciembre de 2019

JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Fredy Nicolás

Molina Rodríguez

Código: 2346

JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Ing. Wilbert

Zevalla Gonzales

Código: 1840



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo constante, por llenar mi vida con sus valiosos consejos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a la Universidad Católica de Santa María, a toda la Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales, en especial a la escuela Profesional de Ingeniería de Minas.



RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de integrar los costos de remediación medioambiental en el modelo matemático de valorización de bloques, a raíz de la necesidad de las empresas Mineras de mejorar la gestión en el impacto ambiental generado por las operaciones extractivas, así también, generar un estado de mayor confianza entre las partes involucradas, la población, el estado y el gobierno, adicionalmente se busca optimizar las labores del área de planificación minera integrando a sus variables de estudio el valor económico incurrido en las trabajos de remediación de los impactos mineros.

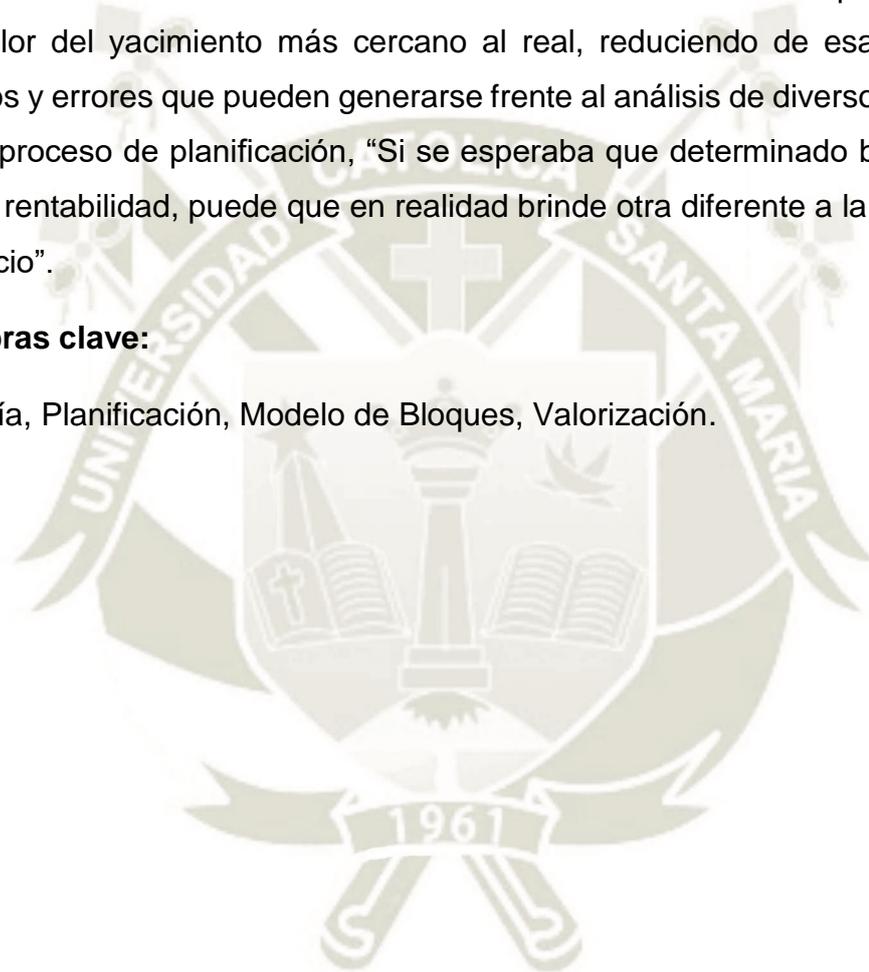
Mediante el desarrollo de un algoritmo matemático se integrarán los costos de remediación medioambiental a la fórmula utilizada para valorar el modelo de bloques de un yacimiento minero. El algoritmo utilizado en la actualidad para valorar el yacimiento minero nos permite identificar la utilidad que puede generar cada porción del yacimiento y a partir de ahí se consideran ciertos costos relacionados a la extracción del mismo, sin embargo, existe una deficiencia que se ha hecho de mayor relevancia con el paso de los años, pues las legislaciones de cuidado medioambiental y la demanda social cada vez exige un mayor cuidado al medio ambiente y para la empresa minera esto se traduce en costos asociados a la remediación ambiental que se han incrementado al punto de generar un impacto económico bastante considerable. Para calcular el valor de un bloque se consideran variables como el precio del mineral de interés, la Ley o porcentaje de mineral, el tonelaje y el porcentaje de recuperación, mediante estas variables se logra obtener la utilidad neta de un bloque, sin embargo para determinar el costo de su extracción solo se descuenta a esta utilidad los costos de Minado, relacionados a labores de Perforación, voladura, carguío, acarreo, entre otros y los costos de planta, relacionados a los procesos en planta como su nombre bien lo indica, si bien los costos de minado y planta son representativos y necesarios para la extracción del bloque, así también, son los costos asociados a la remediación de los impactos ambientales generados por los procesos mineros, al ser de carácter obligatorio por legislación y supervisada por autoridades medioambientales como también ser una exigencia social.

Al poner a prueba el modelo matemático propuesto frente al modelo utilizado de manera convencional para valorar un yacimiento, se ha realizado una base de datos sobre los principales procesos mineros, los impactos ambientales que generan cada uno de estos, las medidas de remediación pertinentes y los costos asociados a estas medidas, que serán el recurso el cual se busca integrar en el modelo de valorización actual.

Finalmente se ha desarrollado un método de valorización de bloques que brinda un valor del yacimiento más cercano al real, reduciendo de esa manera los riesgos y errores que pueden generarse frente al análisis de diversos escenarios en el proceso de planificación, “Si se esperaba que determinado bloque brinde cierta rentabilidad, puede que en realidad brinde otra diferente a la esperada en un inicio”.

Palabras clave:

Minería, Planificación, Modelo de Bloques, Valorización.



ABSTRACT

Mining planning today and has always been a fundamental part of the production process in the mining industry, as this is what determines what portion of the deposit will be extracted, based on a detailed and exhaustive analysis of the costs required to extract each portion of the deposit, with the objective of providing the greatest utility to the operation.

This research work aims to develop an algorithm that allows incorporating environmental remediation costs into the mining planning process, thus covering a significant fraction of the costs that are inherent in any operation and that by law corresponds an adequate occupation thereof. The environmental problems generated by mining operations have established a high degree of disapproval on the part of the population, due to the lack of foresight on the part of the companies that assume the role of taking advantage of mineral wealth. The application of this algorithm in the mining planning will allow to determine from the beginning the costs generated by the extraction of each portion of material, including the generated environmental impact and consequently produce a full, integral and modern mining planning.

Key words:

Mining, Planning, Block Model, Recovery.

INTRODUCCIÓN

La planificación minera en la actualidad y siempre ha sido parte fundamental del proceso de producción en la industria minera, pues esta es la que determina que porción del yacimiento será extraído, basándose en un análisis detallado y exhaustivos de los costos requeridos para extraer cada porción del yacimiento, con el objetivo de brindar la mayor utilidad a la operación.

Este trabajo de investigación tiene por objetivo desarrollar un algoritmo que permita incorporar los costos de remediación medio ambientales en el proceso de planificación minera, abarcando de esta manera una fracción importante de los costos que son inherentes de toda operación y que por ley corresponde una ocupación adecuada de los mismos. Los problemas medio ambientales generados por las operaciones mineras han establecido un alto grado de desaprobación por parte de la población, debido a la falta de previsión por parte de las empresas que asumen en rol de aprovechar la riqueza mineral. La aplicación de este algoritmo en la planificación minera permitirá determinar desde un inicio los costos generados por la extracción de cada porción de material, incluyendo el impacto ambiental generado y en consecuencia producir una planificación minera plena, integral y moderna.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	V
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
Capítulo 1: Planteamiento del Problema	2
1.1.- Enunciado del problema	2
1.2.-Descripción del problema	3
1.3.-Justificación del problema	4
1.3.1.- Propósito	7
1.4.-Objetivos: General y Específicos	8
1.3.1.- Objetivo General	8
1.3.2.- Objetivos Específicos	8
1.5.-Alcances y Limitaciones	9
1.5.1.- Alcances:	9
1.5.2.- Limitaciones:	9
1.6.-Hipótesis	10
1.7.-Variables independientes y dependientes	10
1.7.1.- Independientes.....	10
1.7.2.- Dependientes	11
1.8.-Desarrollo metodológico	13
1.8.1.- Benchmarking de costos ambientales.....	13
Capítulo 2: Marco Teórico	15
2.1.- Antecedentes.....	15
2.2.- Bases Teóricas	15

2.2.1.- Planificación Minera	15
2.2.2.- Modelo de Bloques	18
2.2.3.- Impacto ambiental minero	23
2.2.4.- Conceptos minero ambientales.....	32
2.2.5.- Mecanismos de remediación medio ambiental	39
2.3.- Glosario de Términos	49
Capítulo 3: Desarrollo del Tema	52
3.1.- Indicadores ambientales para el costo de remediación	52
3.1.1.- Materiales	52
3.1.2.- Energía	52
3.1.3.- Agua.....	52
3.1.4.- Emisiones, Vertimientos y Residuos.....	53
3.1.5.- Legislación minera e incumpliendo	53
3.1.6.- General	53
3.2.- Relevancia de la integración de los (CRA) en el algoritmo.....	54
3.3.- Categorización de los costos ambientales.....	55
3.3.1.- Costos de categoría I	55
3.3.2.- Costos de categoría II	103
3.3.3.- Costos de categoría III	116
3.3.4.-Costos de categoría IV.....	119
3.4.- Integración de los costos	122
3.5.- Beneficios esperados	124
Capítulo 4: Análisis e Interpretación de Resultados	127
4.1.- Introduccion.....	127
4.2.- Caso de estudio.....	128
4.2.1.- Distribución de leyes:	131
4.2.2.- Ley equivalente	133

4.2.3.- Ley de corte:	136
4.3.- Valorización de bloques.....	138
4.3.1.- Valorización de Bloques Convencional	139
4.3.2.- Valorización de Bloques Integral y CRA	143
4.3.3.- Calculo de costos de remediación ambiental CRA	166
4.4.- Análisis de resultados.....	173
4.6.- Conclusiones	176
4.7.- Recomendaciones	178
4.8.- Propuesta de estudio posteriores	179
Capítulo 5: Referencias bibliográficas.....	181
Capítulo 6: Anexos	186
6.1.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categorías y Subcategorías para ECA- Agua	186
6.2.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 1: Poblacional y Recreacional de los ECA-Agua.....	186
6.3.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 2: Actividades Marino Costeras para los ECA-Agua	189
6.4.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales para los ECA-Agua	190
6.5.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático para los ECA-Agua	192
6.6.- Tabla LMP para Efluentes Líquidos	193
6.7.- Tabla compendio legislación ambiental minera	194
6.8.- Tablas para el Cálculo de Riesgo	197

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Grafico 1. Metodología de investigación por Benchmarking.	13
Imagen 1. Modelo de bloques Utilizado en la Planificación Minera. (Imagen referencial; Recmin.com)	17
Imagen 2. Proceso de electro obtención del cobre, se observa la formación de burbujas contaminantes. (flickr.com - Codelco).....	24
Imagen 3. deslizamiento en mina Kennecott Utah Copper (Foto: KSL.com) ...	27
Imagen 4. masa de sulfuros expuesta a las condiciones atmosféricas de forma artificial, por la apertura de una trinchera de explotación. Mina el Soldado (Fuente: AMAYA).....	31
Grafico 2. Resumen, ciclo de carguío y acarreo.....	70
Grafico 3. Permisos Ambientales y Operación minera.....	117
Grafico 4: Costos remediación ambiental vs Valor del yacimiento vs toneladas.	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: PH aproximado de diversas sustancias.....	31
Tabla N°2: Estándares de Calidad de Agua, (fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM - PERU)	35
Tabla N°3: Estándares de Calidad del aire (fuente: Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica).....	36
Tabla N°4: Estándares de Calidad ambiental de ruido, (fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM - PERU)	37
Tabla N°5: Estándares de Calidad ambiental de ruido, (fuente: D.S. N° 002-2013-MINAM - PERU)	38
Tabla N°6: Principales indicadores ambientales en el proceso minero.	54
Tabla N°7: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Perdida de vegetación.....	56
Tabla N°8: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 1.....	57
Tabla N°9: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 2.....	57
Tabla N°10: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 3.....	57
Tabla N°11: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 4.....	58
Tabla N°12: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y perdida de estabilidad 1.	58
Tabla N°13: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y perdida de estabilidad 2.	58
Tabla N°14: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y perdida de estabilidad 3.	59
Tabla N°15: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y perdida de estabilidad 4.	59
Tabla N°16: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 1.....	60
Tabla N°17: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 2.....	60
Tabla N°18: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 3.....	61
Tabla N°19: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 4.....	61
Tabla N°20: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 1.	62
Tabla N°21: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 2.	62

Tabla N°22: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 3.	62
Tabla N°23: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 4.	63
Tabla N°24: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 5.	63
Tabla N°25: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de tierra fértil (tierra agrícola).	64
Tabla N°26: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 1.	64
Tabla N°27: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 2.	65
Tabla N°28: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 3.	65
Tabla N°29: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 4.	66
Tabla N°30: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 1.	66
Tabla N°31: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 2.	66
Tabla N°32: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 3.	67
Tabla N°33: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 4.	67
Tabla N°34: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Vulnerabilidad del ecosistema.	67
Tabla N°35: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Generación de Polvo y Ruido 1.	68
Tabla N°36: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Generación de Polvo y Ruido 2.	69
Tabla N°37: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Generación de desperdicio.	69
Tabla N°38: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Ondas de Choque y Vibración.	69
Tabla N°39: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 1.	71
Tabla N°40: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 2.	71
Tabla N°41: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 3.	72
Tabla N°42: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 4.	72

Tabla N°43: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de desperdicio.	72
Tabla N°44: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Alteración de la vegetación colindante.	73
Tabla N°45: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Drenaje ácido de minas, (AMD).....	74
Tabla N°46: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Contaminación de agua Subterránea 1.....	74
Tabla N°47: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Contaminación de agua Subterránea 2.....	74
Tabla N°48: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Erosión 1.....	75
Tabla N°49: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Erosión 2.....	75
Tabla N°50: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Erosión 3.....	75
Tabla N°51: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de corrientes naturales.....	76
Tabla N°52: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Condiciones peligrosas para la fauna.	76
Tabla N°53: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de los niveles de agua subterránea.	76
Tabla N°54: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de la superficie 1.	77
Tabla N°55: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de la superficie 2.	77
Tabla N°56: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Drenaje ácido de minas.	78
Tabla N°57: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Contaminación de agua Subterránea 1.....	78
Tabla N°58: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Contaminación de agua Subterránea 2.....	78
Tabla N°59: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Erosión 1. 79	
Tabla N°60: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Erosión 2. 79	
Tabla N°61: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Erosión 3. 79	
Tabla N°62: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de corrientes naturales.	80
Tabla N°63: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Condiciones peligrosas para la fauna.....	80
Tabla N°64: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de los niveles de agua subterránea.	80
Tabla N°65: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de la superficie.....	81

Tabla N°66: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de la superficie 2.	81
Tabla N°67: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 1.....	82
Tabla N°68: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 2.....	82
Tabla N°69: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 3.....	83
Tabla N°70: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 4.....	83
Tabla N°71: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de drenaje ácido.	83
Tabla N°72: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Contaminación de agua Subterránea 1.....	84
Tabla N°73: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Contaminación de agua Subterránea 2.....	84
Tabla N°74: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Erosión 1.	84
Tabla N°75: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Erosión 2.	85
Tabla N°76: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Erosión 3.	85
Tabla N°77: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Alteración de corrientes naturales.....	86
Tabla N°78: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Condiciones peligrosas para la fauna.	86
Tabla N°79: Medidas de remediación, Chancado, Generación de Polvo y Ruido 1.	87
Tabla N°80: Medidas de remediación, Chancado, Generación de Polvo y Ruido 2.	87
Tabla N°81: Medidas de remediación, Chancado, Dispersión de metales pesados 1.	88
Tabla N°82: Medidas de remediación, Chancado, Dispersión de metales pesados 2.	88
Tabla N°83: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 1.	89
Tabla N°84: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 2.....	89
Tabla N°85: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 3.	90
Tabla N°86: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 4.....	90
Tabla N°87: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 5.....	90
Tabla N°88: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Alteración de corrientes naturales.....	91

Tabla N°89: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 1.	91
Tabla N°90: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 2.	91
Tabla N°91: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 3.	92
Tabla N°92: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 4.	92
Tabla N°93: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 5.	92
Tabla N°94: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Contaminación química por solución de agua 1.....	93
Tabla N°95: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Contaminación química por solución de agua 2.....	93
Tabla N°96: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Dispersión de metales pesados.....	93
Tabla N°97: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Dispersión de metales pesados 2.....	94
Tabla N°98: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Dispersión de metales pesados 3.....	94
Tabla N°99: Medidas de remediación, Molienda, Generación de desperdicio.	95
Tabla N°100: Medidas de remediación, Molienda, Generación de Polvo y Ruido 1.	95
Tabla N°101: Medidas de remediación, Molienda, Generación de Polvo y Ruido 2.	96
Tabla N°102: Medidas de remediación, Molienda, Generación de Polvo y Ruido 3.	96
Tabla N°103: Medidas de remediación, Molienda, Dispersión de metales pesados 1.....	96
Tabla N°104: Medidas de remediación, Molienda, Dispersión de metales pesados 2.....	97
Tabla N°105: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 1.	98
Tabla N°106: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 2.	98
Tabla N°107: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 3.	99
Tabla N°108: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 4.	99
Tabla N°109: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de drenaje ácido (AMD) y fugas de agua.....	99
Tabla N°110: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Alteración de corrientes naturales.....	100

Tabla N°111: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Condiciones peligrosas para la fauna 1.	100
Tabla N°112: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Condiciones peligrosas para la fauna 2.	101
Tabla N°113: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de Polvo 1.	101
Tabla N°114: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de Polvo 2.	102
Tabla N°115: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de Polvo 3.	102
Tabla N°116: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Dispersión de metales pesados 1.	102
Tabla N°117: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Dispersión de metales pesados 2.	103
Tabla N°118: Desmantelamiento en Cierre progresivo, estructuras en general.	105
Tabla N°119: Desmantelamiento en Cierre progresivo, Generación de Polvo y Ruido 1.	105
Tabla N°120: Desmantelamiento en Cierre progresivo, Generación de Polvo y Ruido 2.	106
Tabla N°121: Costos: Colocación de topsoil.	106
Tabla N°122: Otros costos asociados a la revegetación.	106
Tabla N°123: costos para el Cierre final - Mina.	107
Tabla N°124: costos para el Cierre final - Instalaciones de procesamiento. ..	109
Tabla N°125: costos para el Cierre final - Instalaciones de manejo de residuos y suelo orgánico.	110
Tabla N°126: costos para el Cierre final - Instalaciones para el manejo de aguas.	110
Tabla N°127: costos para el Cierre final - Campamento, oficinas, talleres, almacenes y otros.	113
Tabla N°128: costos para el Post Cierre – Tajo, depósitos de relaves, desmontes, manejo de agua y monitoreo.	115
Tabla N°129: Pagos ambientales del sector minero, Fuente: propuestaciudadana.org.pe	116
Tabla N°130: Parámetros para el caso de estudio Mina.	128
Tabla N°131: Muestra 100 Unidades de 4156 de la base de datos.	131
Tabla N°132: Leyenda leyes de Cu %, Caso de estudio.	132
Tabla N°133: Ley equivalente, Muestra 100 Unidades de 4156 de la base de datos.	136
Tabla N°134: Parámetros mina para la ley de corte.	137
Tabla N°135: Ley de corte crítica.	138

Tabla N°136: Costo variable Mina.....	140
Tabla N°137: Costo variable Planta.	140
Tabla N°138: Tabla calculo valor de bloques convencional.	143
Tabla N°139: Resultados costeo de bloques convencional.....	143
Tabla N°140: Parámetros adicionales para el Caso de estudio.	144
Tabla N°141: Costos Categoría I, Vías de Acceso a la Mina.	145
Tabla N°142: Costos Categoría I, Acondicionamiento del terreno.	146
Tabla N°143: Costos Categoría I, Acondicionamiento del terreno II.	147
Tabla N°144: Costos Categoría I, Perforación y Voladura.	148
Tabla N°145: Costos Categoría I, Carguío y acarreo.	149
Tabla N°146: Costos Categoría I, Excavación del Pit.	150
Tabla N°147: Costos Categoría I, Disposición de material estéril.	151
Tabla N°148: Costos Categoría I, Chancado.	151
Tabla N°149: Costos Categoría I, Lixiviación de Pilas.	153
Tabla N°150: Costos Categoría I, Molienda.	153
Tabla N°151: Costos Categoría I, Disposición de relaves.....	154
Tabla N°152: Costo Total de Categoría I, Caso de estudio.....	155
Tabla N°153: Calculo de Costo Categoría II, Cierre progresivo.	156
Tabla N°154: Calculo de Costo Categoría II, Cierre Final.	162
Tabla N°155: Calculo de Costo Categoría II, Post Cierre.....	163
Tabla N°156: Calculo de Costo Categoría III, Procesos Mineros.	164
Tabla N°157: Calculo de Costo Categoría III, Cierre Progresivo.....	164
Tabla N°158: Calculo de Costo Categoría III, Cierre Final.	165
Tabla N°159: Calculo de Costo Categoría IV, total Cat I.....	165
Tabla N°160: Calculo de Costo Categoría IV, total Cat II.....	165
Tabla N°161: Calculo de Costo Categoría IV, total Cat III.....	166
Tabla N°162: Calculo de Costo Categoría IV.	166
Tabla N°163: Calculo de Costos de remediación Ambiental CRA.....	168
Tabla N°164: Costo variable Mina.....	169
Tabla N°165: Costo variable Planta.	169
Tabla N°166: Costo variable CRA.	170
Tabla N°167: Tabla calculo valor de bloques Integral.	173
Tabla N°168: Resultados costeo de bloques Integral.....	173
Tabla N°169: Tabla análisis de resultados diferencia de valor acumulado. ...	174
Tabla N°169: Análisis de resultados, diferencia de valor a 91 secciones.....	174
Tabla N°170: Análisis de resultados, Muestra diferencia de valor unitario.	174



CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.- ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad los impactos ambientales generados por las operaciones mineras producen gran desaprobación por la población que se encuentra en la zona de influencia, la licencia social exigida por la población y respaldada por el gobierno amerita un punto focal y de interés por las empresas mineras, donde se exige un mínimo impacto y una remediación ambiental a cada proceso que conlleva una operación de extracción y tratamiento de mineral, en adición a esto, el proceso de planificación minera no dispone de un medio apropiado por el cual generar una valorización adecuada del yacimiento tomando en cuenta la remediación medio ambiental que conlleva el aprovechamiento del recurso mineral.

Esto se debe a la falta de un algoritmo que permita incluir los costos de remediación medio ambiental en el proceso de valorización de bloques, además de la falta de una correcta integración del proceso de planificación con el sistema de gestión ambiental de la empresa que se refiere a la gestión de los programas ambientales de la organización y políticas de protección ambiental.

Al no tomar en cuenta el costo de remediación medio ambiental desde una etapa inicial de la planificación minera y no incluir este factor en el cálculo de valorización de bloque, acarrea consigo una falta de previsión del costo real de minado, que así mismo, provoca un incremento en el riesgo de un posible perjuicio medio ambiental que no ha sido correctamente previsto desde un inicio lo que reduce notoriamente la utilidad de la operación como también se requerirá asumir las sanciones correspondientes dadas por la autoridad competente y adicionalmente a esto, generar un mal perfil de la empresa en cuanto al cuidado medio ambiental se refiere.

Una solución apropiada es el desarrollo de un algoritmo matemático que permita determinar el costo real del aprovechamiento del recurso mineral, tomando en

cuenta factores ya conocidos como es el precio del mineral, la ley, el costo de minado, costo de procesamiento en planta, porcentaje de recuperación, tonelaje del bloque y en adición a esto, el costo de remediación medio ambiental, brindado de esta manera, una base sólida para los cálculos de costo beneficio de la operación y una correcta gestión del impacto medio ambiental que generará el proceso productivo de la operación minera.

1.2-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cuidado medioambiental en la actualidad es un punto de vital importancia en la industria minera, los efectos que genera la industria sobre el medio ambiente son considerables, la gestión de estos impactos medio ambientales debe de ser tratado con mucho cuidado asumiendo acciones que permitan remediar el daño generado por cada una de las actividades mineras. Así pues, estos últimos años se ha demostrado que la degradación del ecosistema es un hecho y a raíz de ello se busca un cuidado minucioso de cualquier actividad industrial, buscando un impacto mínimo al ambiente.

Las medidas de remediación ambientales utilizadas en la actualidad en la industria minera moderna son bastante efectivas y generan un impacto mínimo en el ambiente, adicionalmente las medidas cubren acciones incluso después de acabar las reservas minerales mediante los planes de cierre de mina, sin embargo, llevar a cabo estas actividades de remediación tienen un costo significativo para las empresas mineras colocándolas en una posición donde es necesario estimar todos los costos incurridos a la remediación medioambiental para evaluar el valor del yacimiento y los costos necesarios para el aprovechamiento del mismo. En la actualidad, la industria minera solo considera los costos asociados a la extracción directa del recurso mineral siendo estos los costos de minado y los costos de planta, existiendo un déficit en la estimación del costo real de extracción al no incluirse los costos de remediación asociados a las actividades mineras, es ahí donde se enfoca el presente proyecto de investigación, donde se busca realizar una integración de los costos de remediación medioambiental en el procesos de valorización de bloques con el

objetivo de generar un proceso de planificación integral y moderna acorde a las necesidades y contexto actuales.

1.3.-JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Como principal justificante para el desarrollo del presente trabajo de investigación se expone la necesidad de actualizar los métodos de valorización de un yacimiento, si bien la fórmula utilizada en la actualidad brinda un acercamiento al valor neto de cada porción del yacimiento, este solo considera los costos asociados a Mina y Planta para la extracción de los mismos, siendo la realidad actual que los procesos de remediación ambiental deben de asumirse por ley, adicionalmente la demanda común de la población por el cuidado medioambiental respaldada por la licencia social puede restringir el inicio de un proyecto o paralizar una operación. Bajo esta lógica, si asumimos los costos de Minado y planta por ser necesarios para llegar al producto final, así también, debemos asumir los costos asociados a la remediación ambiental, por ser significativos económicamente, ser requeridos por ley y por ende poder detener el inicio de un proyecto o las operaciones de uno en curso ante la falta del mismo.

La problemática medio ambiental en la actualidad minera está formando una fuerte crítica por parte de las partes interesadas (stakeholders) en el proyecto, en especial de la población cercana al yacimiento mineral. El tema de la industrialización de zonas que han sido de carácter rural por siglos es muy delicado y debe de tomarse con sumo cuidado, apoyándose en estudios que velen por el cuidado medio ambiental y por la conservación de los intereses de las personas que se dedican a una actividad diferente a la minera. Es claramente un hecho que las principales potencias mundiales han pasado por un proceso de industrialización que en consecuencia ha alterado el ecosistema en el cual se desarrollaron, es misión de los líderes de proyectos generar un análisis crítico de dicho proceso para evitar errores de carácter ambiental, conflictos sociales y malas prácticas en el proceso de producción con la finalidad de generar un ambiente en el cual la industria y el ambiente que le rodean puedan desarrollarse con el menor impacto posible.

Tansley (1934) afirma: “Un ecosistema es un sistema biológico constituido por una comunidad de organismos vivos y el medio físico donde se relacionan. Se trata de una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat” (p.90). El principal impacto de la industria minera sobre el ecosistema, es sustancialmente la ocupación del área para el establecimiento de la infraestructura necesaria para el desarrollo de esta industria, el consumo de los recursos naturales y la generación de residuos que desde un punto de vista holístico cualquier actividad productiva genera. De estos puntos mencionados con anterioridad el que se desprende por su relevancia y mayor impacto es la generación de residuos, que desde el punto de vista ambiental se define como cualquier material cuyo productor o dueño considera que no tienen valor suficiente para ser retenido, la cuestión planteada a continuación es el manejo de dicho residuo, en la industria minera los residuos suelen ser de carácter peligroso en especial los provenientes de la planta de procesamiento y esta tiene una disposición establecida de acuerdo al reglamento ambiental de cada país, siendo la responsabilidad de la empresa como de la autoridad competente velar por el cumplimiento de este reglamento, la disposición de estos materiales requiere en muchos casos la generación de una infraestructura adecuada para su disposición, así como de procesos y personal altamente calificado, es también importante mencionar el avance tecnológico que en la actualidad permite generar una menor cantidad de residuos o dar un remplazo a los insumos peligrosos que se utilizan en la actualidad en la industria minera, sin embargo la utilización de esta tecnología o insumos alternativos tienen un coste superior a los utilizados de manera convencional lo que incrementa el costo de minado que es el punto focal del presente trabajo de investigación.

Por otro lado, existe otro factor que cobra especial relevancia en el proceso de industrialización que representa una gran preocupación por las comunidades que son parte de la zona de influencia de una industria minera y este es el uso de los recursos naturales. El agua es un tema que siempre sale a la luz cuando hablamos de la industrialización de un sector, sobre todo cuando se presenta un proyecto minero cercana a una zona agrícola, el agua es uno de los insumos más críticos para llevar a cabo una actividad minera ya sea para la extracción del mineral del yacimiento como para su subsiguiente procesamiento en planta

que permita obtener el producto final que será comercializado por la empresa. Para su utilización debemos tomar en cuenta las fuentes de agua que son bastante limitadas, pudiendo destacar dos fuentes principales, la primera es el uso de agua dulce de fuentes naturales como es agua superficial o subterránea y la segunda es el uso del agua de mar de composición salada, en la actualidad el uso de agua natural de superficie cercana a una zona agrícola es casi impensable, pues la utilización de la misma pone en riesgo las actividades de riego de cultivos lo que sin duda termina por generar un conflicto social que puede desencadenar en el rechazo del proyecto, para poder combatir esta situación se han planteado varias posibles situaciones que podrían dar una solución a la utilización del agua, para operaciones cercanas a la costa es una opción muy frecuente el uso de agua de mar, sin embargo este método requiere la instalación de una planta desalinizadora y la instalación de bombas y acueductos para su transporte a la operación lo que implica una fuerte inversión por parte de la empresa, este proceso a su vez demanda el desarrollo de un sistema exhaustivo para el manejo de recirculación y reciclaje del recurso hídrico, con el objetivo de optimizar el máximo su uso y generar mayor rentabilidad a dicho proceso.

Los recursos naturales son finitos, eso es un hecho, por lo tanto, la utilización de los mismos terminara por acabar el recurso. Así pues, el proceso minero tendrá un inicio y un final en la zona en la cual se plantea el proyecto, el agotamiento del recurso natural implica el retiro de la empresa que ha extraído el mineral de interés y por consiguiente generar una remediación del impacto ambiental generado a lo largo de sus operaciones con el fin de devolver a la zona impactada por la explotación un ambiente lo más cercano posible a la encontrada a un inicio. Un desinterés o incumplimiento de un correcto plan de cierre de mina que no vele por el cuidado ambiental y la remediación del ecosistema tendría como resultado el colapso total del ecosistema lo que acarrea el aletargamiento del sistema vivo que rodea a la operación.

Actualmente muchas empresas mineras desarrollan un plan de cierre de mina desde un inicio para que de esta manera sea posible disminuir el impacto económico que implica el proceso de remediación, sin embargo, este proceso claramente debería tomarse en cuenta al momento de evaluar el costo de extraer

cada porción del yacimiento, como se pretende desarrollar en el presente trabajo de investigación, de esta modo podremos determinar con exactitud el valor real del yacimiento y generar una planificación más detallada a corto, mediano y largo plazo, evaluando a su vez diferentes escenarios que tendrían en cuenta desde un principio el costo de remediación ambiental para cada escenario planteado.

1.3.1.- Propósito

EL propósito del presente trabajo de investigación es generar un algoritmo matemático que permita incluir el costo de remediación medio ambiental en el proceso de planificación minera en específico en el cálculo de valorización de bloques, para lo cual se pretende desarrollar un glosario de métodos de control y remediación medio ambiental con su subsiguiente impacto económico y escalarlo a un nivel en el cual pueda ser utilizado para el proceso de valoración.

Por otro lado, existe un sistema de regulación medio ambiental que varía de país en país, la presente tesis de investigación pretende brindar un reporte técnico de los más altos estándares de remediación ambiental que existen en la actualidad (2019), como también de los métodos convencionales utilizados en muchas operaciones mineras, dependerá de la persona de interés elegir el método que más se ajuste a las necesidades de la operación y cumplimiento de las normas legales de cada país.

El presente trabajo de investigación también busca la reducción de los impactos medio ambientales generados por la industria minera, a su vez generar un plan para la remediación de los impactos propios de la actividad, de esta manera, presentar un proyecto sólido al estado y la comunidad que vele por los intereses de las partes involucradas. Esto generará un mayor estado de confianza entre estado, comunidad y empresa, siendo este uno de los principales problemas que afecta a la industria minera en la actualidad. A inicios del siglo pasado, el crecimiento de la actividad extractiva, acompañada por la inexistencia de una normativa orientada a la protección del medio ambiente, propició una explotación indiscriminada y que no velaba por un correcto cuidado del medio ambiente, en la actualidad existen normativas mucho más exigentes y que aseguran el

cuidado ambiental, esta tesis de investigación pretende reestructurar los métodos de valorización de bloques que se han utilizado desde épocas donde la normativa no exigía un cuidado minucioso, pues bien, la tesis planteada busca modernizar este algoritmo matemático a las exigencias y necesidades actuales.

1.4.-OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1.- Objetivo General

Generar un algoritmo matemático capaz de integrar los costos de remediación medio ambiental en el proceso de valorización de bloques en la planificación minera, además de evaluar los principales impactos ambientales en las operaciones a cielo abierto (Open Pit) (OP) y subterráneas (Underground) (Sub), indicando el proceso de remediación de cada uno y los costos asociados a los mismos, así como su reparametrización para su inclusión en el algoritmo propuesto.

1.3.2.- Objetivos Específicos

- Establecer un análisis de la metodología convencional del sistema de valorización de bloques utilizado en el proceso de la planificación minera.
- Generar un estudio de los principales impactos ambientales generados por operaciones mineras tanto a cielo abierto como subterráneas.
- Realizar un análisis de los principales medios de remediación medio ambiental disponibles en la actualidad y generar un costeo de los mismos que permita incluirlos en el algoritmo propuesto.
- Realizar una comparación a nivel teórico – práctico del método de valorización convencional con el propuesto en el presente trabajo de investigación.

1.5.-ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1.- Alcances:

La investigación propuesta busca generar un cambio en el método de valorización de bloques utilizado en la actualidad, este cambio se enfoca en incluir los costos de remediación ambiental en el modelo matemático de valorización de bloques, pues estos costos son relevantes, son procesos de carácter obligatorio y deben ser considerados para evitar un daño en el ambiente.

Para poder cumplir con los objetivos planteados se realizará un análisis de los principales procesos mineros, los impactos ambientales de cada uno de estos procesos, los métodos de remediación pertinentes y un análisis de costos de estos procesos de remediación para finalmente poder utilizarlos en el modelo matemático propuesto, es en este punto donde la investigación pone a prueba la hipótesis planteada y finalmente se da respuesta al problema de investigación.

Los resultados obtenidos buscan generar una optimización en los procesos de planificación minera en específico en el cálculo del valor de un yacimiento, que serán de utilidad para la toma de decisiones y establecer diferentes escenarios que consideren los costos asociados a la remediación de los impactos ambientales generados por la operación, serán pues los ingenieros de planificación minera los encargados de evaluar la inclusión de este modelo de optimización en sus labores.

1.5.2.- Limitaciones:

La inclusión de los costos de remediación ambiental en el proceso de valorización de bloques que realiza el área de planificación minera, si bien busca crear una mayor integración en el proceso de planificación su aplicación se ve limitada a la singularidad de cada unidad minera, la variabilidad de los procesos y de la legislación de cada país.

En la actualidad muy pocas compañías mineras generan un ecosistema que permita el trabajo en conjunto de dos áreas distintas como es el de planificación

minera y el área ambiental de la empresa, que si bien, tienen labores distintas están ligadas a procesos que buscan un producto en común.

1.6.-HIPÓTESIS

El desarrollo de un algoritmo matemático que integre el costo de remediación medio ambiental en el proceso de valorización de bloques en la planificación minera, permitirá generar una estimación del valor del recurso mineral más preciso e íntegro, además de introducir una etapa de preparación superior para una correcta gestión ambiental y previsión económica.

1.7.-VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES

1.7.1.- Independientes

1.7.1.1.- Planificación minera.- La planificación minera es el proceso que consiste en determinar cuál será porción del yacimiento cuya valorización económica amerita su extracción, este proceso puede ser de tres tipos, la planificación minera a corto plazo, a mediano y a largo plazo, cualesquiera de los tres tipos de planificación abarcan diferentes áreas de estudio, haciendo de esta tarea una labor multidisciplinaria, a grandes rasgos se puede dividir el proceso de planificación en, la definición de la envolvente económica, determinar la ley de corte, evaluar las características geomecánicas y geotécnicas del yacimiento, establecer el modelo de bloques, elegir del método de explotación, generar una secuencia de minado y finalmente la realización de un plan de producción, todo este proceso se lleva de manera predictiva, donde se analiza a la par la envolvente de recursos, reservas probables y probadas del yacimiento minero.

1.7.1.2.- Modelo de bloques. - El modelo de bloques es un instrumento utilizado en la planificación minera que consiste en dividir el yacimiento minero en bloques o pequeños cubos, con el objetivo de generar una mejor administración del recurso mineral, además el modelo de bloques nos brinda una perspectiva holística y también específica de cada porción del yacimiento brindándonos información relevante del mismo como es la ley, el tonelaje, el tipo de mineral, el tipo de roca y el valor del bloque. Establecer el modelo de bloques es de vital importancia pues nos permite verificar las zonas del yacimiento en la cuales se va a extraer el mineral, en donde entra a tallar la generación de escenarios para el secuenciamiento de extracción de bloques, donde en un inicio se busca extraer la porción más rica del yacimiento con el propósito de generar la mayor utilidad a la operación.

1.7.1.3.- Impactos ambientales mineros. - La industria minera es una de las industrias que mayores impactos tiene en el medio en el que se desarrolla ya sea en su forma subterránea o a cielo abierto, por ello existen entidades competentes encargadas de evaluar cada uno de los impactos generados por la minería y sancionar aquellos que no han sido correctamente controlados o incumplan con la normativa de cada país. Estos impactos se pueden dividir en tres grandes grupos, impactos de nivel atmosférico, de superficie o suelos y de recurso hídrico donde se consideran aguas superficiales o subterráneas.

1.7.2.- Dependientes

1.7.2.1.- Medidas de remediación ambiental: Los mecanismos de remediación ambiental utilizados en la actualidad en la industria minera son diversas y existen diferentes variantes y opciones para cada escenario minero, además de agregar posibles alternativas tecnológicas que pueden dar solución a diversos problemas ambientales. Esta variable es dependiente de los impactos ambientales mineros y responde a esa variable de manera directa.

1.7.2.2.- Estimación del valor de un yacimiento: Para a explotación de un yacimiento ya sea subterráneo o a cielo abierto se requiere la incorporación de datos iniciales provenientes de ensayos o sondajes esta data será procesada

con el objetivo de obtener un modelo de bloques. Este modelo de bloques se presenta en una matriz en 3D cuyas dimensiones pueden variar dependiendo de las necesidades de la operación, cada uno de estos bloques va a almacenar información importante como es: El tipo de roca, Leyes, Recuperación, Presencia de minerales, Que es la información proviene de los ensayos realizados en el macizo rocoso además de esta información, también es necesario agregar diversos parámetros económicos como son: Costo de minado, Costo de procesamiento, Precio de mineral, Porcentaje de recuperación

Esta es la información con la que se genera el VALOR DEL BLOQUE, que es el dato de mayor importancia en el proceso de planificación pues de este valor dependerá si una porción del macizo rocoso será extraída o no.

La presente Tesis de investigación busca integrar a estos parámetros económicos utilizados para la obtención del Valor del Bloque los costos de remediación ambiental, dado a los altos costos que actualmente representan el cuidado medio ambiental, que como se evaluara más adelante, puede ayudar a la toma de decisiones en el proceso de planificación minera.

El bloque representa la mínima unidad usada en un modelo, también llamadas UBC (unidades básicas de cubicación) y depende de parámetros mineros, técnicos y geológicos. Para la obtención de valor de bloques (Block Value) o valor económico de bloque (VEB) actualmente el común de las empresas e ingenieros de planificación minera utilizan la formula presentada a continuación:

$$\text{Block Value: } ((P_m - D) * Ley * ton * Rec) - (C_m + C_p)$$

Donde:

- P_m: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Ley: ley mineral (%).
- Rec: porcentaje de recuperación (%).
- C_m: Costo mina (\$/ton).
- C_p: Costo plata (\$/ton).
- Ton: Tonelaje del bloque (tn).

1.8.-DESARROLLO METODOLÓGICO

1.8.1.- Benchmarking de costos ambientales

El benchmarking es un proceso de recopilación de información por el cual se busca obtener información relevante sobre los servicios, productos o procesos de trabajo de una o varias empresas, para contrastarlos entre si y realizar un análisis con la finalidad de buscar una mejora de los procesos por parte del investigador y generar un estándar a nivel global a partir de toda la información recopilada.

Para este proceso se ha realizado una recopilación de costos ambientales de diversas empresas mineras en el mundo, se ha estudiado la metodología de análisis y sus métodos de costeo, cabe destacar que estas varían de acuerdo al cumplimiento de la legislación de cada país, los costos e indicadores mostrados en la presente tesis de investigación son presentados solo con fines de investigación y estos deben de ser solo considerados para el periodo de tiempo actual pues los métodos y costos son variables con el tiempo por lo cual un costo presentado para un proceso de remediación en el 2019 no será en mismo en el 2025 pues los procesos cambian continuamente al igual que los costos que estos acarrearán, por ende, los costos presentados en este trabajo de investigación solo servirán de guía o punto de referencia para aplicar el método de valorización de bloques que se plantea en esta tesis de investigación.

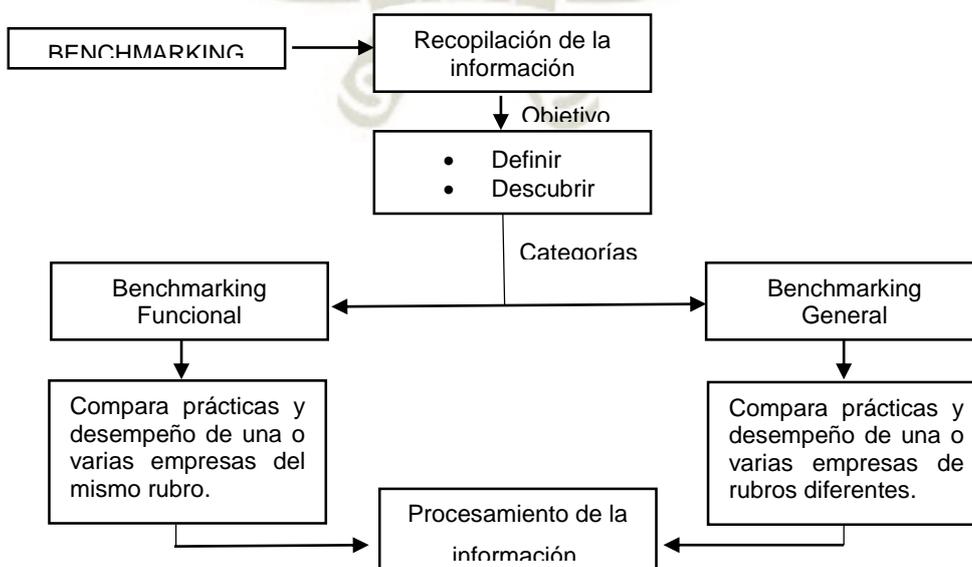


Grafico 1. Metodología de investigación por Benchmarking.



**CAPÍTULO 2:
MARCO TEÓRICO**

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1.- ANTECEDENTES

El presente trabajo de investigación al ser un tema de innovación y cambio de estándares de procesos en la planificación se desconoce empresas mineras que realicen el cálculo de valor de bloques como se propone en este caso. Sin embargo, hay investigaciones que respaldan la necesidad de considerar el impacto ambiental en la planificación una de ellas es la presentada por G. Ramírez cuya tesis se denominada “EVALUATING THE IMPACT OF THE ENVIRONMENTAL CONSIDERATIONS IN OPEN PIT MINE DESIGN” en el Colorado School of Mines, que ha servido de punto de partida para el desarrollo de la presente tesis de investigación donde se identifican los impactos ambientales generados por los procesos mineros y sus respectivas medidas de remediación, sin embargo las consideraciones económicas fueron actualizadas para el desarrollo de la presente tesis, en la tesis presentada por G. Ramírez se concluye que existe la necesidad de la utilización de un algoritmo matemático para incluir los costos de remediación ambiental en la planificación, finalmente menciona que algunos contactos personales del autor ya iniciaron procesos para implementar las medidas propuestas en empresas mineras.

2.2.- BASES TEÓRICAS

2.2.1.- Planificación Minera

La planificación minera es una de las áreas más importantes en una empresa de minería pues esta va a ser la encargada de determinar la porción del yacimiento cuya valorización económica amerita su extracción, este proceso puede ser de tres tipos, la planificación minera a corto plazo, a mediano y a largo plazo, cualesquiera de los tres tipos de planificación abarcan diferentes áreas de estudio, haciendo de esta tarea una labor multidisciplinaria, a grandes rasgos se

puede dividir el proceso de planificación en, la definición de la envolvente económica, definición de la ley de corte, evaluación de las características geomecánicas y geotécnicas del yacimiento, establecer el modelo de bloques, elección del método de explotación, generar una secuencia de minado y finalmente la realización de un plan de producción, todo este proceso se lleva de manera predictiva, analizando la envolvente de recursos, reservas probables y probadas del yacimiento minero.

La geomecánica y el cuidado medio ambiental juegan un rol de vital importancia en el proceso de diseño y plan de producción, valorando diferentes escenarios que pueden estar siendo limitados por condiciones geomecánicas que ponen en riesgo la estabilidad de un talud o túnel minero, o por otro lado también pueden estar condicionadas a un área de importancia ambiental, como es la presencia de glaciares, zonas destinadas exclusivamente a la preservación del medio ambiente o zonas de uso agrícola entre otras limitantes, estos factores deben de ser evaluados en el proceso de planificación minera.

La inversión minera para el desarrollo de una operación es cuantiosa y es de vital importancia para la empresa minera dar especial cuidado al proceso de valorización económica del yacimiento, además, debemos agregar a este proceso el precio de los minerales que se ve afectada por los mercados internacionales y que pueden comprometer de manera crítica la viabilidad del proyecto, para ello se realizan diferentes predicciones y análisis a largo plazo en el proceso de planificación.

En este contexto podemos definir a la planificación minera como el medio por el cual se permite elegir el mejor escenario con respecto a la secuencia y periodo de tiempo en el que las reservas deben extraerse para obtener la mayor utilidad posible, todo esto teniendo en cuenta factores como la inversión inicial, el costo de procesamiento, el comportamiento del mercado con respecto al costo del mineral de interés, el porcentaje esperado de recuperación y las tecnologías disponibles para cada proceso.

También podemos dividir la planificación minera en tres grandes grupos:

PLANIFICACION OPERATIVA: Es el área de la planificación encargada de factores asociados al proceso de producción establecidos en un periodo de tiempo determinado. Esta se divide en planificación a largo, mediano y corto plazo.

PLANIFICACION ADMINISTRATIVA: Es el área de la planificación que está encargada de determinar los recursos requeridos para los procesos mineros, este considera equipos, personal, materiales, inversión, entre otros, determinado su requerimiento en el tiempo y distribución a lo largo de la operación.

PLANIFICACION ESTRATEGICA: Este tipo de planificación en minería responde a la alta dirección de la empresa y esta tiene vital relevancia en las decisiones tomadas en etapas tempranas del proyecto que determinaran en un futuro la dirección del proyecto minero. Esta clase de planificación minera tiene una visión a largo y mediano plazo, de quince a veinte años hacia el futuro donde se irán evaluando diferentes escenarios a lo largo del tiempo con el objetivo de dirigir al proyecto a generar una mayor rentabilidad.

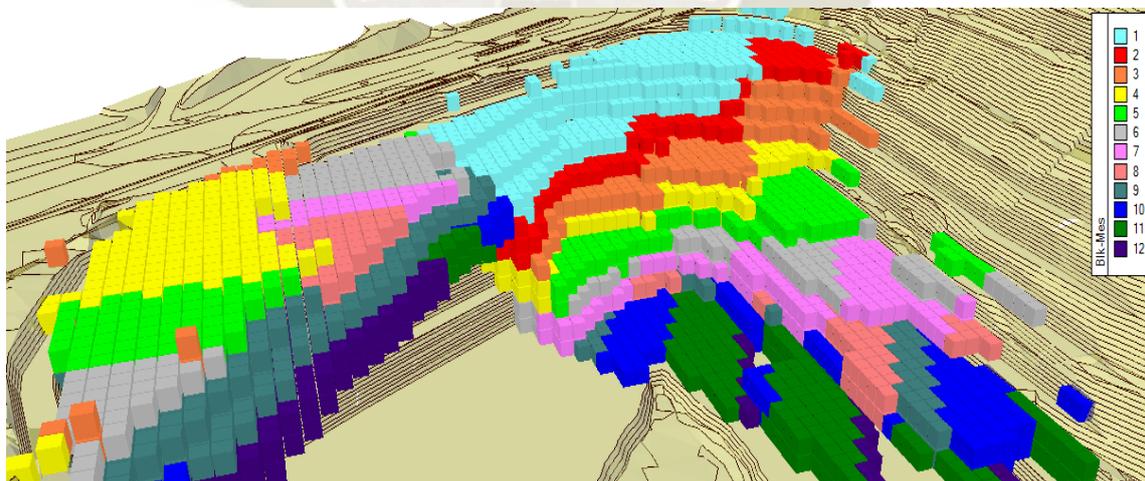


Imagen 1. Modelo de bloques Utilizado en la Planificación Minera. (Imagen referencial; Recmin.com)

2.2.2.- Modelo de Bloques

El modelo de bloques es un instrumento utilizado en la planificación minera que consiste en dividir el yacimiento minero en bloques o pequeños cubos, con el objetivo de generar una mejor administración del recurso mineral, además el modelo de bloques nos brinda una perspectiva holística y también específica de cada porción del yacimiento brindándonos información relevante del mismo como es la ley, el tonelaje, el tipo de mineral, el tipo de roca y el valor del bloque.

Establecer el modelo de bloques es de vital importancia pues nos permite verificar las zonas del yacimiento en la cuales se va a extraer el mineral, en donde entra a tallar la generación de escenarios para el secuenciamiento de extracción de bloques, donde en un inicio se busca extraer la porción más rica del yacimiento con el propósito de generar la mayor utilidad a la operación.

Para la generación de este modelo de bloques se deben realizar una serie de sondajes, ensayos y pruebas en el área de interés, además también es requerido estudios metalúrgicos, hidrológicos, geotécnicos y ambientales para brindar la mayor información posible sobre el material de interés. Una vez realizado los estudios y ensayos necesarios estos son ingresados a un software minero especializado, a continuación, se describirán de manera muy breve algunos de los softwares de mayor uso en el proceso de modelamiento minero.

- **Minesight 3D:** Minesight es un software utilizado en la industria minera, el cual permite utilizar herramientas para procesos de análisis de yacimiento minero y diseño de escenarios. Una de las características que comparten los softwares mineros actuales es que permite la realización de un modelamiento 3D tanto de estructuras, superficies, reservas y recursos, adicionalmente permite la introducción de la información necesaria de manera sencilla.

El software Minesight entre sus muchas funciones también nos permite agregar la información geológica y geotécnica de ensayos, generar el modelo de bloques, modelar taladros para la voladura, diseñar modelos de mallas de perforación y en general todo lo que un ingeniero de

planificación minera necesita para poder realizar una simulación de distintos escenarios y determinar la mejor opción para el negocio minero.

- **Gemcom Surpac:** Este es un software minero que ofrece la posibilidad de modelar el recurso mineralizado y gestionar operaciones mineras a cielo abierto como subterráneas. De la misma manera que minesight o Datamine, este software permite trabajar en el modelamiento de bloques en 3D, brinda información necesaria para la toma de decisiones, una ventaja de Gemcom Surpac es que se puede configurar a varios idiomas, entre los cuales está el español.
- **Datamine:** Datamine es un software minero que está enfocado en el diseño y modelamiento de estructuras en 3D, este programa permite brindar soluciones para la mayoría de las etapas de la vida de un proyecto incluyendo las etapas de exploración, permite la introducción de datos como ensayos y puntos topográficos, una desventaja del software es que sus últimas versiones vienen separadas por módulos, los cuales se aplican a un área en específico de estudio como solo subterráneo, solo cielo abierto o solo aplicado al modelamiento de bloques.
- **Maptek Vulcan:** Vulcan es un software de modelamiento minero al igual que Datamine este también viene separado en paquetes para cada escenario minero con diversos módulos para cada etapa del proceso minero. Se pueden destacar los siguientes paquetes: Vulcan Geology, Vulcan Scheduling, Vulcan Open Pit Mine Planning y Vulcan Underground Mine Planning.

2.2.2.1.- Valorización de bloques

Para la explotación de un yacimiento ya sea subterráneo o a cielo abierto se requiere la incorporación de datos iniciales provenientes de ensayos o sondajes esta data será procesada mediante un software minero como los que acabamos de mencionar anteriormente, con el objetivo de obtener un modelo de bloques. Este modelo de bloques se presenta en una matriz en 3D cuyas dimensiones pueden variar dependiendo de las necesidades y requerimientos de la operación, cada uno de estos bloques va a almacenar información importante como es:

- El tipo de roca
- Leyes
- Presencia de minerales
- Presencia de fallas

Esta información es proviene de los ensayos realizados en el macizo rocoso además de esta data, también es necesario agregar diversos parámetros económicos como son:

- Costo de minado
- Costo de procesamiento
- Precio de mineral
- Porcentaje de recuperación

Esta es la información con la que se genera el VALOR DEL BLOQUE, que es el dato de mayor importancia en el proceso de planificación pues de este valor dependerá si una porción del macizo rocoso será extraída o no.

La presente Tesis de investigación busca integrar a estos parámetros económicos utilizados para la obtención del Valor del Bloque los costos de remediación ambiental, dado a los altos costos que actualmente representan el cuidado medio ambiental, que como se evaluara más adelante, puede ayudar a la toma de decisiones en el proceso de planificación minera.

Un bloque por sí mismo representa la mínima unidad que conforma un modelo, también llamadas UBC (unidades básicas de cubicación) y esta va a depender de aspectos mineros, técnicos y geológicos.

Para la obtención de valor de bloque (Block Value) o valor económico de bloque (VEB) actualmente el común de las empresas e ingenieros de planificación minera utilizan la formula presentada a continuación:

$$\text{Block Value: } ((P_m - D) * \text{Ley} * \text{ton} * \text{Rec}) - (C_m + C_p)$$

Donde:

- P_m: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: Descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Ley: ley mineral (%).
- Rec: porcentaje de recuperación (%).
- C_m: Costo mina (\$/ton).
- C_p: Costo plata (\$/ton).
- Ton: Tonelaje del bloque (tn).

a.- Costos Mina (CM)

Se consideran Costos Mina, a todos aquellos costos en US\$/Ton de material movido que esta directamente relacionado con la extracción del mineral, estos incluirán los procesos que se muestran a continuación:

Como costos directos de minado (Costos Mina) (CM):

- Perforación.
- Voladura.
- Carguío.
- Transporte o acarreo.
- Servicios de apoyo Mina o servicios auxiliares.
- Costos de administración.

Además, también es necesario considerar un costo asociado a la depreciación que se puede considerar sumándolo al costo final de los Costos Mina para obtener un indicador más preciso.

b.- Costos planta (CP)

Se considera como Costos de Plata o simplemente costos planta a todos los costos relacionados con el proceso del mineral (CP) en planta como su nombre bien lo dice y se expresa en unidades de US\$/Ton de Mineral procesado. Adicionalmente se deben incluir los costos administrativos de cada una de las

unidades de trabajo administradas por planta. Finalmente, se debe de considerar también la depreciación de las propias instalaciones de la planta de procesamiento y esta debe de estar incluida dentro del costo de proceso.

c.- Ley de corte critica %

La ley de corte critica se puede determinar mediante el uso de la siguiente formula matemática.

$$\text{Ley de corte}(\%) = \frac{C_m + C_p}{R(P_m - D)}$$

Donde:

- Pm: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Cm: Costo mina (\$/ton).
- Cp: Costo plata (\$/ton).
- R: Porcentaje de Recuperación (%).

Debemos tomar en cuenta que tanto el costo mina como el costo planta varían durante la vida de la explotación, ya que la distancia de transporte tanto para el mineral como para el estéril son variables, además también, el propio tratamiento del mineral en la planta va a cambiar dependiendo de las características del mineral que se va procesando, las cuales pueden variar dependiendo de la profundidad en la cual nos encontremos minando, por lo que para determinar el costo de mina como el costo de planta se debe realizar la evaluación de distintos escenarios con el objetivo de obtener una mayor precisión en los resultados, adicionalmente la toma de decisiones debe de estar en función de la experiencia y criterio del encargado de realizar el diseño y secuenciamiento de minado.

d.- Descuento (D)

Se considera como Costos de Descuento a todos aquellos costos que están directamente relacionados con la venta del producto final, en el cual se consideran el transporte del producto, créditos, seguros, refinamiento, etc. y se expresa por lo general en unidades de US\$/lb o US\$/Ton dependiendo del producto.

2.2.3.- Impacto ambiental minero

La minera es una de las industrias que mayores impactos tiene en el medio en el que se desarrolla ya sea en su forma subterránea o a cielo abierto, por ello existen entidades competentes encargadas de evaluar cada uno de los impactos generados por la minería y sancionar aquellos que no han sido correctamente controlados o incumplan con la normativa de cada país. Estos impactos se pueden dividir en tres grandes grupos, impactos de nivel atmosférico, de superficie o suelos y de recurso hídrico entiéndase aguas superficiales o subterráneas.

2.2.3.1.- IMPACTOS A NIVEL ATMOSFÉRICO. –

Casi la totalidad del aire (un 95 %) se encuentra por debajo de los 30 km de altura. El aire está compuesto por una mezcla de gases bastante uniforme, su composición es tan equilibrada que su comportamiento no tendría variación significativa al que tendría si solo estuviera compuesto por un solo gas, entre los componentes más importantes que conforman el aire podemos destacar el Oxígeno, Nitrógeno, Dióxido de carbono, Ozono, Argón y vapor de agua cada uno en diferentes porcentajes. La minería puede o no alterar esta composición dependiendo del proceso y tecnologías utilizadas, podemos destacar los siguientes impactos:

- **Emisiones Solidas:** Se refiere a todos aquellos elementos que se mantienen en suspensión en la atmósfera, el de mayor relevancia en la minería es el polvo, que tiene su origen de las propias actividades extractivas, ya sea en el proceso de acarreo, proceso de voladura o carga y descarga de material. Cabe destacar que la minería subterránea genera una cantidad considerablemente menor de emisiones solidas durante sus labores de producción, sin embargo, el acarreo de material fuera de mina o el procesamiento metalúrgico aun presenta el mismo problema.
- **Gases:** El gas se puede definir como el estado de la materia en el cual, por influencia de factores externos como la presión y temperatura genera que las moléculas interactúen entre sí, con la tendencia a separarse y expandirse. Los gases generados en la minería tienen su

origen en su mayor parte en la combustión interna generados por los diferentes equipos utilizados para el proceso de acarreo, generación de energía, emisión de gases en voladuras o procesos netamente relacionados a la actividad metalúrgica.

- **Aerosoles:** Se denomina aerosol a un coloide (que es disgregado de un líquido) de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas. La terminología utilizada para aerosol se refiere tanto a las partículas como al gas en el que estas mismas están suspendidas. El tamaño de las partículas presentes en el aerosol puede ser desde $0,002 \mu\text{m}$ o hasta superiores a $100 \mu\text{m}$, esto comprende, desde unas cuantas pocas moléculas hasta el tamaño en el que estas partículas ya no pueden continuar en suspensión en el ambiente gaseoso al menos durante unas horas. En la minería las formaciones de aerosoles provienen de la explotación y en mayor cantidad durante el proceso hidrometalurgico que es utilizado para la extracción de algunos minerales como el cobre, oro y plata, por medio de aplicaciones de ácido sulfúrico y agua mediante un sistema de riego por goteo, la contaminación se genera en el proceso siguiente, denominado electro obtención donde en el ánodo utilizado libera oxígeno en forma de burbujas que se rompen en la superficie del líquido, generando por condensación pequeñas gotitas de solución ácida que terminan quedando suspendidas en el aire.

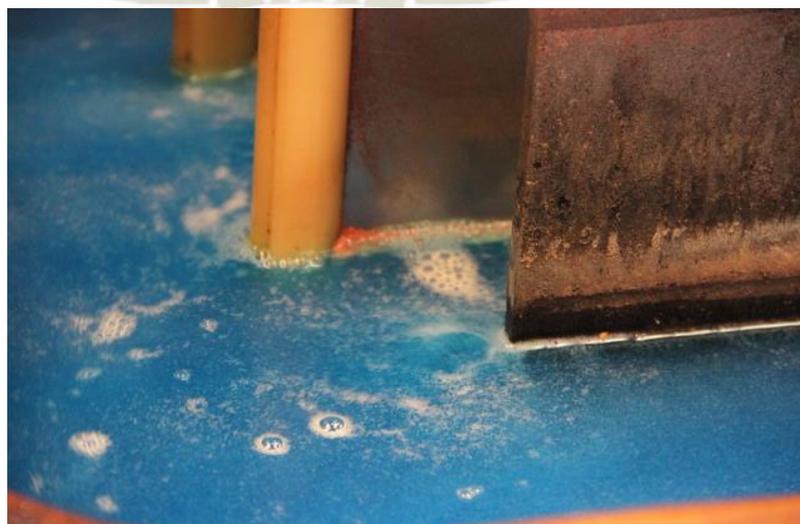


Imagen 2. Proceso de electro obtención del cobre, se observa la formación de burbujas contaminantes. (flickr.com - Codelco)

- **Ruido:** Se puede definir al Ruido como toda sensación de malestar o perturbación desagradable hacia el sentido auditivo de las personas, también se puede definir al ruido como todo aquel sonido no deseado que de alguna manera entorpece las actividades realizadas y el propio bienestar de las personas. En la Minería el ruido es generado por el proceso de Voladura, aunque cabe destacar que la distancia de seguridad para dicho proceso en general pone a resguardo a las personas ante cualquier daño haciendo casi imperceptible el impacto generado, el ruido generado por maquinaria pesada, carga y descarga de material, como también el ruido generado por los motores en el proceso de acarreo, la maquinaria utilizada para la fragmentación del material como chancadoras o molinos, entre otros.
- **Ondas Aéreas:** Las ondas aéreas considerados también impactos ambientales, se caracterizan por una elevación repentina y rápida de la presión la cual va seguida de una disminución más lenta hasta un valor inferior a la presión atmosférica finalmente se retorna al valor de presión normal. Este fenómeno cuya duración inicialmente es solo de unos milisegundos es provocado por explosiones y por lo general va acompañado de vibraciones que se generan cuando las ondas chocan en diferentes superficies. En los procesos mineros, con las tecnologías disponibles en la actualidad, es inevitable el uso de explosivos y la consiguiente detonación como primera etapa para extraer el recurso mineral siendo indispensable tanto en la minería a cielo abierto como en la minería subterránea.

2.2.3.2.- IMPACTOS A NIVEL DE SUPERFICIE Y SUELOS. –

- **Desertificación:** Es un proceso en el cual los suelos pierden total o parcialmente sus propiedades reduciendo el potencial del mismo para producir. Este proceso de degradación se origina a raíz de la destrucción y deforestación de la cubierta vegetal o top soil, adicionalmente los procesos de erosión en la superficie de los suelos,

la sobreexplotación de fuentes de recursos hídricos como acuíferos, la sobreirrigación que en muchos casos genera una salinización de las tierras o la falta de agua; son entre otras las causas más comunes que generan la degradación de los suelos, cabe mencionar que con frecuencia el ser humano en su desconocimiento, muchas veces favorece este proceso como resultado de actividades como la agricultura y el pastoreo excesivo o la tala indiscriminada. Es necesario mencionar que la minería informal contribuye en la mayoría de los casos al desarrollo de la desertificación, por otro lado, la minería responsable vela por el cuidado del Top Soil (suelo superficial o suelo orgánico) extrayendo cuidadosamente la capa del suelo fértil y conservándolo en condiciones óptimas hasta el fin del proceso minero en el cual esta será recolocada en su lugar de origen procurando su buen desarrollo.

- **Modificación del relieve:** La modificación del relieve es un proceso que se genera de manera natural por diferentes agentes externos como como por ejemplo, el viento que transporta distintos elementos y los deposita de un lugar a otro, por otro lado, el agua que disuelve y corroe elementos del terreno produciendo bifurcaciones en la superficie del mismo, un claro ejemplo de este proceso son los cañones, incluso también los cambios bruscos en la temperatura que rompen rocas cuando el agua se deposita en las grietas de las mismas y después se expanden producto del congelamiento. Ahora bien, en la minería también se producen cambios en la modificación del relieve siendo el más notorio el generado en las minas a cielo abierto como también en algunas minas subterráneas de block caving que terminan por generar un cráter en la superficie, este impacto si no es remediado de una manera adecuada genera una alteración en la dinámica del ecosistema como también un fuerte impacto visual a ojos de muchos.
- **Modificación de propiedades físicas:** De la misma manera que el proceso de modificación del relieve las pérdidas de propiedades físicas de los suelos se generan de manera natural por diferentes factores externos como el agua, temperatura y viento. Estas propiedades varían de acuerdo a la composición de cada tipo de suelo,

se pueden dividir en las siguientes: Color, temperatura, textura, estructura interna, firmeza, densidad y aireación.

La modificación de estas propiedades puede generarse por procesos propios de las personas y que no necesariamente son exclusivos de la industria minera como puede ser la remoción de material, compactación de caminos, deposición de partículas, riego, cultivo, ganadería, entre otros, actividades que pueden generar desestabilización de laderas, alteraciones del nivel freático, depresiones en el suelo, etc.



Imagen 3. deslizamiento en mina Kennecott Utah Copper (Foto: KSL.com)

Como se observa en la imagen tres las modificaciones de las propiedades físicas de los suelos pueden generar deslizamientos de gran magnitud en la industria minera, por este motivo existe un grupo de profesionales geotécnicos encargados del monitoreo de taludes y análisis de sus propiedades geomecánicas. En la actualidad existen diversas tecnológicas para apoyar esta labor, como son los radares de monitoreo para la estabilidad de taludes que brindan información a tiempo real de cualquier perturbación o movimiento que pudiera generarse en los taludes, creando registros de movimiento que alertarán ante cualquier posible riesgo.

2.2.3.3.- IMPACTOS AL RECURSO HIDRICO. –

En las últimas décadas se ha generado una conciencia más profunda sobre el cuidado del recurso hídrico, pues alrededor del mundo ya se puede apreciar el impacto que genera los escasos del mismo, la necesidad de cuidar este valioso recurso evitando su contaminación y mala disposición. En la actualidad aún estamos muy lejos de alcanzar un uso racional del este recurso de vida, pues en algunos lugares de Sudamérica este recurso se utiliza de manera indiscriminada por su bajo costo, mientras en algunos lugares del continente africano existe gente que muere a causa de los escasos de este recurso.

“EL AGUA es esencial para la supervivencia y el bienestar humano, y es importante para muchos sectores de la economía. Los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio y el tiempo, y sometidos a presión debido a las actividades humanas” (Naciones Unidas, 2009, p.1).

- **Alteraciones de la dinámica fluvial:** La dinámica fluvial es un proceso por el cual agentes hídricos modifican la superficie por la cual se discurren mediante procesos de sedimentación y erosión, la trascendencia del estudio de la dinámica fluvial es de vital importancia para la planificación de cuencas y aprovechamiento del recurso hídrico para obras de bien social como represas, hidroeléctricas, entre otros. La modificación irresponsable de la dinámica fluvial en una región puede generar variaciones al nivel freático o desborde de ríos, que en consecuencia desencadenan inundaciones que podrían poner en peligro las zonas aledañas a la zona alterada. Sin embargo, al contrario de la opinión popular, la minería responsable brinda un plan de consumo del recurso hídrico que busca beneficiar a todas las partes implicadas, en muchos casos las empresas mineras llegan a acuerdos con la población de la zona de influencia para la construcción de represas o hidroeléctricas para el beneficio común.
- **Perdida de masas de agua:** La pérdida de las masas de agua dulce es un tema muy polémico, sin embargo la ciencia ha demostrado que

es un proceso que ha ido ocurriendo lentamente en el transcurso de los siglos generado principalmente por el incremento de la temperatura terrestre, la pérdida o reducción de estas masas de agua generan como consecuencia una modificación en el micro clima del área afectada aumentando los cambios de temperatura del lugar, cabe mencionar que el proceso de cambio de temperatura terrestre es un fenómeno que se acrecienta significativamente por las actividades humanas como la contaminación atmosférica que han dado origen al efecto invernadero.

En la minería se puede generar pérdida de las masas de agua por diversas razones, una es el consumo masivo e irracional del recurso hídrico necesario para las operaciones mineras, otro factor que ha estado tomando relevancia estos últimos años es la incorporación de partículas sólidas en las masas de agua próximas a la operación minera, en su mayoría polvo, estas pequeñas partículas a priori no parecen generar impacto alguno, sin embargo, al pasar de los años el aumento de la incorporación de partículas sólidas genera un aumento en la carga de fondo y en suspensión de la masa de agua, incrementando de esta manera los procesos de sedimentación incorporando agua a una nueva capa de sedimento por un proceso de absorción y reduciendo en consecuencia el recurso hídrico utilizable.

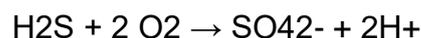
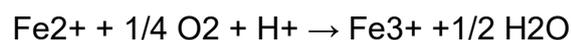
- **Alteraciones en el régimen hidrológico:** El régimen hidrológico del agua dulce es el patrón preponderante de la corriente de agua en un periodo de tiempo determinado. Es decir, se refiere al tiempo que duran las épocas de inundaciones como resultado de la cantidad de agua que hay en superficie, las lluvias, lloviznas y el flujo de las aguas subterráneas. Estas variaciones en el régimen hidrológico antes mencionadas pueden ser generadas por modificaciones en la atmosfera generados a raíz de la actividad humana, como la generación de gases, material particulado en suspensión, la creación de barreras, drenajes inducidos por la obra humana que alteran el flujo natural de las aguas superficiales, filtración de aguas hacia el nivel freático, entre otras, que si bien pueden ser causadas por la actividad

minera no es exclusivo de la misma si no, son actividades relacionadas a la industrialización de cualquier zona en un ecosistema.

- **Contaminación por metales pesados:** Los metales pesados son todos aquellos elementos químicos que comparten como característica una alta densidad, a su vez, estos son nocivos para los seres humanos y la mayoría de seres vivos, por lo general se presentan en medios líquidos que son derivados de la contaminación industrial o minera, cabe mencionar que algunas veces esta contaminación se genera de manera natural, en la cual las aguas sufren un proceso de acarreo de metales pesado debido a su paso por terrenos que presentan estos metales de manera natural en su composición. Si de minería hablamos debemos mencionar que la contaminación se puede producir de manera tanto directa como indirecta en las diferentes fuentes de agua, puede ser por coloides en suspensión que se depositan en cuiferos o por drenaje ácido de minas (Acid Mine Drainage) (AMD), el drenaje ácido de minas, es la formación de aguas ácidas, ricas en metales pesados y sulfatos. Esto es generado por la lixiviación de sulfuros metálicos y de la pirita presente en carbones. Esto sucede por dos procesos: oxidación abiótica en la que intervienen factores como el oxígeno atmosférico y el agua:



Y la oxidación biótica en la que intervienen microorganismos como el *Thiobacillus ferrooxidans*.



Donde la bacteria obtiene su energía oxidando hierro o azufre.

Esta contaminación tiene como consecuencia una variación del PH en el agua que es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución.

Sustancia	pH aproximado
Ácido clorhídrico (1 mol/L)	0
Drenaje ácido de minas (AMD)	<1.0
Ácido de una batería	<1.0
Ácido gástrico	2.0
Zumo de limón	2.4-2.6
Bebida de cola	2.5
Vinagre	2.5-2.9
Jugo de naranja o de manzana	3.5
Cerveza	4.5
Café	5.0
Té	5.5
Lluvia ácida	< 5.6
Leche	6.5
Agua	7.0
Saliva	6.5-7.4
Sangre	7.35-7.45
Agua de mar	8.2
Jabón	9.0-10.3
Lejía (hipoclorito de sodio)	11.5
Cal	12.5
Sosa cáustica	14.0

Tabla N°1: PH aproximado de diversas sustancias.



Imagen 4. masa de sulfuros expuesta a las condiciones atmosféricas de forma artificial, por la apertura de una trinchera de explotación. Mina el Soldado (Fuente: AMAyA)

2.2.4.- Conceptos minero ambientales

2.2.4.1.- Plan de gestión y manejo ambiental (PGMA)

El plan de gestión ambiental es una herramienta de gestión utilizada por las industrias que generan un impacto en el ecosistema en la cual se desarrollan, este plan debe cumplir con el reglamento y legislación de cada país, la presente tesis de investigación no se ajusta a un marco normativo específico con el objetivo de tener utilidad en diferentes escenarios en diferentes países. Se debe mencionar que el plan de gestión ambiental es un requisito indispensable en la mayoría de los países para la aprobación de un proyecto de carácter minero y este debe cumplir con los compromisos y lineamientos establecidos en el Estudio de Impacto Ambiental presentado previamente.

Un PGMA debe contemplar medidas generales, así como medidas específicas para la gestión medio ambiental, las medidas generales velan por controlar y disminuir la ejecución de labores cuya realización puede provocar efectos negativos sobre el ecosistema y, por otra parte, este debe promover el desarrollo de labores que brinden una opción factible para la empresa y que generen impactos positivos en el medio ambiente. Las medidas específicas competen a acciones a realizar en casos específicos para reparar situaciones adversas de carácter singular y que corresponde a solo un área limitada. El PGMA debe de estar acorde con las políticas de seguridad y medio ambiente establecidos en su reglamento interno y debe cumplir como mínimo con la normativa vigente de cada país, y esta se extenderá a todo trabajador de la empresa o empresa contratista que realice labores en la operación minera.

Un plan de gestión y manejo ambiental tiene como principales objetivos:

- Establecer los procedimientos y estándares para el manejo ambiental, basándose en los instrumentos de gestión ambiental certificados por la empresa y la normatividad vigente.
- Generar una política ambiental en la empresa que vele por la preservación ambiental, esta política será de cumplimiento general tanto para trabajadores y personal contratista.

- Establecer un programa de supervisión medio ambiental, que este orientado al seguimiento de los procedimientos ambientales y cumplimiento de estándares establecidos, con la finalidad de velar por la correcta gestión de impactos ambientales.
- Establecer un plan de contingencias para situaciones específicas de carácter humano o natural que pueda poner en peligro al ecosistema como a cualquier individuo o ser vivo que se encuentre en el área de influencia de la empresa minera.

2.2.4.2.- Plan de cierre de minas (PCM)

El plan de cierre de minas es un instrumento de gestión ambiental desarrollado en todas las operaciones mineras y está formado por procedimientos, estándares y acciones legales de protección y remediación medio ambiental generalmente se maneja un mismo formato para su presentación ante la autoridad competente. Este plan de cierre de minas debe realizarse de forma progresiva en el transcurso de la vida de la mina y debe mantenerse aun después de haber finalizado las operaciones extractivas, velando por la remediación del ecosistema, efectuándose las medidas de cierre y post cierre que se establecieron en el plan de gestión y manejo ambiental y compromisos establecidos en el EIA.

Cabe destacar que el plan de cierre de minas debe ser revisado cada cierto periodo de tiempo, muchas veces es un periodo establecido por una autoridad competente que puede variar entre 3 a 5 años dependiendo de la legislación de cada país, este además puede ser modificado en caso se generen cambios de importancia en el proceso productivo minero. Este proceso de cierre progresivo es constantemente monitoreado y fiscalizado por una autoridad competente con la finalidad de dar cumplimiento al plan presentado en un inicio que dio por consiguiente la aprobación del proyecto. Estas supervisiones son de gran importancia pues en la actualidad existe un alto grado de desaprobación por parte de las comunidades hacia la industria minera, precisamente por el incumpliendo de los compromisos ambientales establecidos en un inicio.

2.2.4.3.- Estándares de calidad medio ambiental. -

a) Agencia de Protección Ambiental (Estados Unidos)

La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) tiene como objetivo principal salvaguardar la estabilidad del ecosistema, el consumo racional de los recursos naturales como el agua y la velar por el cuidado de la salud humana, esta agencia previene y controla la contaminación del agua, aire, acústica, de carácter natural, entre otras, mediante el desarrollo de estándares que garantizan la protección del medio ambiente. Estos estándares son utilizados por múltiples empresas y países por ser uno de los más altos estándares de protección ambiental y por tener uno de los reglamentos ambientales más completos y eficientes.

b) Normas ISO 14000

Las normas ISO 14000 es un conjunto de estándares que engloba aspectos del ambiente, de productos, servicios y organizaciones, se puede destacar la Norma ISO 14001, un estándar reconocido a nivel internacional para la gestión ambiental publicado en el año de 1996.

La colección de normas ISO 14000 en su concepto general es un compendio de estándares internacionales presentadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO), esta colección incluye la Norma ISO 14001 donde se declara cómo instaurar un Sistema de Gestión Ambiental efectivo. Cabe destacar que la norma ISO 14000 es bastante versátil y puede ser aplicado a cualquier organización, de cualquier tamaño o rubro, que esté buscando minimizar los impactos en el medio ambiente con el objetivo de cumplir con la normativa ambiental vigente.

La norma está constituida por ocho elementos, los cuales se presentan a continuación con su respectivo código para su identificación:

- Sistemas de Gestión Ambiental (14001) se establecen directivas generales para su aplicación, también se presentan los principales fundamentos que establecen la esencia del sistema.

- Auditorías Ambientales (14010) se establecen los procedimientos para las auditorías ambientales como también los requerimientos para la certificación de auditores bajo la normativa presentada en la 14001.
- Evaluación del desempeño ambiental (14031) Se establecen los principales lineamientos que determinan la eficiencia del sistema de gestión.
- Análisis del ciclo de vida (14040) se establecen los principios para cada etapa en la adopción del sistema de gestión.

Las normas ISO 14000 incluyen las siguientes normas:

- ISO 14001 (SGA) Sistemas de gestión ambiental. Presenta las principales requerimientos y condiciones para su aplicación.
- ISO 14004 (SGA) Sistemas de gestión ambiental. Presenta las principales técnicas, sistemas y estándares generales sobre los fundamentos de su aplicación.
- ISO 14006 (SGA) Sistemas de gestión ambiental. Presenta las especificaciones principales para lograr un diseño ecológico del sistema.
- ISO 14011 Presenta la Guía para el desarrollo de auditorías.

c) Estándares Calidad del Agua:

Categoría I	Poblacional y Recreacional	
	Sub Categoría: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	
	A 1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
	A 2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
	A 3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Sub Categoría: Aguas superficiales destinadas para recreación	
	B 1	Contacto primario
B 2	Contacto secundario	
Categoría II	Actividades Marino Costeras	
	C 1	Sub Categoría 1: Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos
	C 2	Sub Categoría 2: Extracción y Cultivo de Otras Especies Hidrobiológicas.
	C 3	Sub Categoría 3: Otras Actividades.
Categoría III	Riego de Vegetales y Bebida de Animales	
		Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto.
		Bebida de Animales.
Categoría IV	Conservación de Ambiente Acuático	
	<i>Lagunas y Lagos.</i>	
	Ríos	Costa y Sierra. Selva
	<i>Ecosistemas Marino Costeros</i>	
		Estuarios. Marinos.

Tabla N°2: Estándares de Calidad de Agua, (fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM - PERU)

Los Límites máximos permitidos de cada categoría están establecidos en el Capítulo de Anexos.

d) Estándares de calidad ambiental para el Aire:

Parámetro	Periodo	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Formato	Método Analítica	Anotaciones sobre la Vigencia	Referencia
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 h	80	Media aritmética	Fluorescencia UV (automático)	Temporal, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ desde 1/1/2014	D.S. MINAM N° 003-2008-
Partículas Suspensas (PM ₁₀)	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/filtración (Gravimetría)	--	D.S. 074-2001-PCM
	24 h	150	No más de 3 veces/año			
Monóxido de Carbono	8 h	10,000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)	--	
	1 h	30,000	No más de 1 vez/año			
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia (Método automático)	--	
	1 h	200				
Ozono	8 h	12.0	No más de 24 veces/año	Fotometría UV (Método automático)	--	
Plomo	Anual	0.5	Media aritmética de los valores mensuales	Espectrofotometría de mensuales absorción atómica	--	D.S. N° 069-2003-PCM
	Mensual	1.5	No más de 4 veces/año			D.S. 074-2001-PCM
Benceno - Compuesto Orgánico Volátil (COV)	Anual	4	Media aritmética	Cromatografía de gases	Temporal desde 1/1/2010, 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ desde 1/1/2014	D.S. MINAM N° 003-2008-
Hidrocarburos Totales Expresados como Hexano (HT)	24 h	100 mg/m^3		Ionización de la llama de hidrógeno	Valor entró en vigencia desde 1/1/2010	
PM _{2.5}	24 h	50		Separación inercial filtración (gravimetría)	Temporal desde 1/1/2010, 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ desde 1/1/2014	
Hidrogeno Sulfurado (H ₂ S)	24 h	150		Fluorescencia UV (automático)	--	

Tabla N°3: Estándares de Calidad del aire (fuente: Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de Norteamérica)

e) Estándares de calidad ambiental Ruido:

Cuando hablamos de ruido en la industria minera se hace referencia a un sonido indeseado que puede resultar perjudicial para la salud de las personas. En la tabla N° 4 se puede observar los niveles de ruido ambiental para diferentes zonas de afectación, estas pueden ser:

- **Zona de Protección Especial:** Es aquella zona que se caracteriza por ser de alta sensibilidad acústica, que comprende áreas del territorio que demandan una protección especial contra los efectos del ruido, por ejemplo, áreas donde se ubican establecimientos de salud, centros educativos, orfanatos y asilos para la tercera edad.
- **Zona Residencial:** Es aquella área determinada por la autoridad local que corresponde para el uso exclusivo de viviendas, estas pueden variar en la densidad de la población entre baja mediana y alta.
- **Zona Comercial:** Es aquella área determinada por la autoridad local que corresponde a la realización de actividades comerciales y presentación de servicios públicos como privados.
- **Zona Industrial:** Es aquella área determinada por la autoridad local que esta destinada exclusivamente a la realización de actividades industriales.

LAeqT: Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A. Es el nivel de presión generado por el sonido constante, expresado en decibeles A, con intervalos de tiempo y energía constantes.

Zonas de Application	Valores expresados en LAeqT	
	Horario diurno Desde 07:01 h hasta las 22:00h	Horario nocturno Desde 22:01 h hasta las 07:00 h
Zona de protección especial	50	40
Zona residencial	60	50
Zona comercial	70	60
Zona industrial	80	70

Tabla N°4: Estándares de Calidad ambiental de ruido, (fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM - PERU)

f) Estándares de Calidad Ambiental para el Suelo:

Los estándares de calidad ambiental (ECA) son necesarios para obtener una valoración adecuada de los índices mínimos requeridos para la preservación del ecosistema, el estándar de calidad ambiental para el suelo norma los límites máximos permisibles de sustancias contaminantes presentes en una determinada porción de suelo, estos estándares tienen el objetivo de velar por el

cuidado del ambiente y permitir el desarrollo de la vida. Todas las normas de calidad ambiental deben ser cumplidos obligatoriamente y sin excepción en todos los procedimientos y estándares dispuestos por la organización.

En la tabla N° 5 podemos observar los límites máximos permisibles de diferentes elementos para cada disposición del suelo ya sea para uso agrícola. Residenciales o industriales, resaltando en tono amarillo los de relevancia para la presente tesis de investigación.

Parámetro (mg/kg MS)	Uso de Suelos			Métodos de Ensayo
	Agrícola	Residencial Parques	Comercial Industrial Extractivos	
Orgánicos				
Benceno	0.03	0.03	0.03	EPA 8260-B EPA 8021-B
Tolueno	0.37	0.37	0.37	
Etilbenceno	0.082	0.082	0.082	
Xileno	11	11	11	EPA 8260-B
Naftaleno	0.1	0.6	22	
Fracción de Hidrocarburos F1 (C5-C10)	200	200	500	EPA8015-B
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	1200	1200	5000	EPA8015-M
Fracción de Hidrocarburos F3 (C28-C40)	3000	3000	6000	EPA8015-D
Benzo(a) pireno	0.1	0.7	0.7	
Bifenillo policlorados - PCB	0.5	1.3	33	
Aldrín	2	4	10	
Endrín	0.01	0.01	0.01	
DDT	0.7	0.7	12	
Heptacloro	0.01	0.01	0.01	
Inorgánicos				
Cianuro libre	0.9	0.9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
Arsénico total	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
Bario total	750	500	2000	
Cádmio total	1.4	10	22	
Cromo VI	0.4	0.4	1.4	DIN 7471-B
Mercurio total	6.6	6.6	24	EPA 7471-B
Plomo total	70	140	1200	EPA 3050-B EPA 3051

Tabla N°5: Estándares de Calidad ambiental de ruido, (fuente: D.S. N° 002-2013-MINAM - PERU)

2.2.4.3.- Límites Máximos Permisibles (LMP)

Los límites máximos permisibles, representan a la cantidad máxima de distintos elementos que se encuentran en diferentes medios como el aire, suelos y agua, que al presentarse en concentraciones superiores a un límite establecido puede generar daños en el medio ambiente o la vida misma.

Establecer estos límites tiene la finalidad de velar por el cuidado medio ambiental y la preservación de la vida protegiéndolo de elementos que pudieran representar un peligro para estos. Estos límites son establecidos de acuerdo a la normativa de cada país y deben ser considerados obligatoriamente por la empresa minera lo que representa un punto importante a considerar por los costos que conlleva las acciones para el cumplimiento de las normativas.

Se considerarán LMP en minería para los siguientes aspectos:

- Límites Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos.
- Límites Máximos Permisibles para Emisiones de Gases y Partículas.
- Límites Máximos Permisibles para Ruido.

Los LMP presentados engloban los requerimientos mínimos necesarios para la presente tesis de investigación y estos serán tomados en cuenta en relación a las acciones a realizarse para el cumplimiento de los estándares medio ambientales que exige la minería moderna para su posterior valorización económica.

2.2.5.- Mecanismos de remediación medio ambiental

En la presente sección se desarrollarán brevemente los mecanismos de remediación ambiental utilizados en la actualidad en la industria minera, con diversas variantes y opciones para cada escenario minero, además de agregar posibles alternativas tecnológicas que pueden dar solución a diversos problemas ambientales.

2.2.5.1.- Medidas de prevención, corrección y mitigación ambiental

a) Medidas de protección calidad del aire

Estas medidas tienen por objetivo la disminución de emisión de material particulado y emisión de gases al ambiente, dando cumplimiento a los límites máximos permisibles establecidos de acuerdo a la legislación de cada país, para el desarrollo de las presentes medidas se utilizarán los LMP mencionados en las secciones anteriores.

Se debe mencionar que se debe tener plenamente identificado cada proceso y actividad que se va a desarrollar en la zona de influencia de la empresa minera con el objetivo de generar un cálculo adecuado del ratio o tasa de emisiones de sustancias contaminantes a la atmosfera. A continuación se detallaran las medidas a considerar para la protección y cuidado de la calidad del aire.

- **Disposiciones básicas para la planta de beneficio y depósito de relaves:** Será indispensable que el personal a cargo de la planta de beneficio este correctamente capacitado y tenga a su disposición un manual de operación, se deben realizar auditorías internas planificadas e inopinadas para verificar el cumplimiento de la normativa, compromisos y políticas ambientales de cada fase del proceso.
- **Control de la erosión, material particulado y gases:** Se debe realizar un estudio de las principales labores con el objetivo de identificar los puntos de emisión de material particulado y gases donde se superen los límites máximos permisibles generando un informe donde se establecen las medidas correctivas pertinentes. En las labores donde sea requerido el movimiento de material o remoción de suelos, con la finalidad de controlar el polvo se debe realizar un riego del material o sistemas similares que reduzcan la generación del mismo, apoyado con un estudio de vientos de la zona de operación se puede realizar métodos alternativos como el uso de mallas o barreras. Finalmente, se debe de cumplir con los programas de mantenimiento preventivo y programado de todos los equipos utilizados en la operación.

- **Medidas de remediación y mantenimiento de vías de acceso:** Para la remediación y mantenimiento de vías de acceso se van a considerar tres materias que engloban los principales problemas, La generación de polvo, el mantenimiento de vías rutinario (convencional) y mantenimiento de vías rutinario (mecanizado).
Para el control de polvo se realizará un riego mediante cisternas con agua y aditivos que permitan la reducción del consumo del recurso hídrico, para el mantenimiento de vías por métodos convencionales que se refiere a labores de limpieza común y mantenimiento de señalización la cual no requiera el uso de maquinaria de gran volumen, se realizara un programa de labores que deberá ser aprobada por el área medio ambiental de la organización, finalmente el mantenimiento de vías mecanizado que se refiere a labores que requieran el uso de equipo pesado para la limpieza y remoción de grandes volúmenes de material, se realizara un programa de labores de limpieza como también un programa para el mantenimiento de los equipos con el objetivo de asegurar su adecuado funcionamiento.
- **Medidas para nuevas labores o reinicio de labores:** Todo equipo requerido para la labor, deberá contar con mantenimiento al día de acuerdo a lo programado. El desarrollo del plan de trabajo deberá tener la aprobación dada por la jefatura de seguridad y medio ambiente, es ahí donde se determinará si el impacto generado de la labor se encuentra dentro de los estándares y regulaciones medio ambientales vigentes. Finalmente, el personal debe estar capacitado para cada una de las labores que se van a realizar y esta debe ser certificada mediante una constancia que pruebe de dicha capacitación.
- **Labores subterráneas:** Se deberá de contar con estándares y procedimientos para cada una de las labores, aprobados por la gerencia de operaciones y la gerencia de seguridad y medio ambiente. Adicionalmente se realizarán inspecciones pre operacionales, planificadas e inopinadas para verificar el correcto cumplimiento de los estándares y procedimientos, los cuales serán documentados y deben estar encaminados a la mejora continua de los procesos.
- **Disposición y Transporte de Materiales:** Todos los vehículos que se utilizarán para el transporte de materiales ya sean estos inertes o

peligrosos, están sujetas a las normas establecidas en La Ley General de Residuos Sólidos, las cuales deberán ser cumplidas de manera obligatoria, conforme la Ley N° 27314 y su Reglamento, D.S. N° 057-2004-PCM, y en la Ley que Regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, Ley N° 28256, y su Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, aprobado por el D.S. N° 021-2008-MTC y sus modificaciones.

- **Planta y Depósito de Relaves:** Será indispensable que el personal a cargo de la planta este correctamente capacitado y tenga a su disposición un manual de operación con los estándares y procedimientos requeridos para cada una de las labores propias de una planta y manejo de depósitos de relave, se deben también realizar auditorías internas planificadas e inopinadas para verificar el cumplimiento de la normativa y políticas ambientales de cada fase del proceso.
- **Remoción de suelos superficiales:** Se velará por el cuidado y la preservación de la capa vegetal también denominada TopSoil de la superficie para lo cual se dispondrá en infraestructura adecuada para su resguardo y posterior recolocación mediante la aplicación del plan de cierre presentado por la operación. Adicionalmente, en los casos que sea necesario se humedecerá los frentes de trabajo y vías de acceso que por sus características y ubicación originen el levantamiento de polvo que pudieran dañar las capas fértiles del terreno.
- **Monitoreo ambiental para asegurar la calidad aire:** El monitoreo de la calidad del aire se realizará en determinados puntos de la operación donde se asegure que las mediciones tomadas sean representativas para la unidad operativa en su conjunto y de acuerdo al plan de monitoreo establecido por la empresa, adicionalmente se realizarán monitoreos adicionales cada vez que una autoridad competente así lo solicite.

b) Medidas de Manejo de los Niveles de Ruido Ambiental

Estas medidas tienen por finalidad generar un control de los niveles de ruido ambiental en la operación asegurando el bienestar de los trabajadores y de la zona de influencia de la operación minera. Estas medidas deben cumplir con las estándares y límites máximos permisibles establecidos por la legislación vigente

además de asegurarse de monitorear y controlar los niveles de vibración producto de las operaciones. A continuación se detallarán algunas de las medidas primordiales que se deben considerar para el manejo y control del ruido ambiental en la minería:

- **Control de niveles de ruido:** para el correcto control de los niveles de ruido se debe manejar un registro y estricto cumplimiento del plan de mantenimiento de los equipos utilizados tanto en mina como en planta. El personal que está a cargo de cada operación deberá estar capacitado en cuestiones relacionadas al control y reducción del ruido ambiental con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la normativa y estándares vigentes. Adicionalmente, se deberá hacer uso en lo posible de equipos que generen un menor ruido en su operación o adaptarlos para cumplir con ese objetivo. El personal que este expuesto a niveles de ruido ambiental superiores a los límites deberán de utilizar un mecanismo de protección auditivo y establecer periodos de trabajo acorde a los parámetros de seguridad de cada nivel de ruido.

En la tabla N° 4 se presentan los valores límites permisibles de presión sonora en el periodo diurno y en el periodo nocturno para distintas áreas de afectación.

- **Control de niveles de vibraciones:** Los procesos de voladura que son una de las principales fuentes más significativas de vibración serán controladas y monitoreadas llevando un registro del ruido y vibración generado por cada uno de los eventos. Las vibraciones o perturbaciones serán monitoreadas mediante sensores que permitan un registro de cada uno de los eventos. Todos los registros generados por los sensores serán procesados y evaluados por la jefatura de seguridad y medio ambiente cuya apreciación determinara los efectos generados en el entorno y las medidas de remediación a tomar en caso de ser necesarias.

c) Medidas de protección de la calidad del recurso hídrico

Estas medidas de protección tienen por finalidad brindar un control racional sobre el aprovechamiento del recurso hídrico, además de establecer medidas de control para mitigar los impactos generados en los cuerpos de agua cercanos a la zona de influencia de la operación.

Adicionalmente, las medidas presentadas buscan lograr un manejo apropiado y disposición del recurso hídrico en busca del mejor aprovechamiento posible por las distintas áreas de la organización, Mina, Campamentos, oficinas, entre otros. A continuación se detallarán las principales medidas a considerar para el manejo y protección del recurso hídrico ya sean estas superficiales o subterráneas:

- **Medidas Generales:** Previo al desarrollo de las actividades productivas de la operación minera se deberá generar un estudio holístico del recurso hídrico con el objetivo de generar un control y monitoreo de los causes, riveras, humedales, ríos que se encuentren cercanos y formen parte de la zona de influencia del proyecto minero. Además, se deberá tener especial control ante cualquier operación que se realice en áreas aledañas a una de estas fuentes de recursos hídricos que pudiera afectar las condiciones físicas o químicas de las mismas.

Todos los residuos grasos generados producto de mantenimiento de equipos o labores que requieran la utilización de los mismos, deberán de ser correctamente tratados y el agua producto de dicho proceso deberá de ser filtrada para asegurar la máxima recuperación posible del recurso hídrico, adicionalmente, se deberá cumplir con los estándares de calidad de agua para cada tipo de uso, sea este industrial, para consumo humano o riego. Finalmente, para el manejo de materiales y sustancias peligrosas se deberá desarrollar un plan de emergencia con todos los materiales necesarios para la contención de una posible contingencia además también se deberá capacitar al personal para poder responder ante situaciones de riesgo.

- **Manejo de aguas para procesos de planta:** será indispensable que el personal a cargo de la planta este correctamente capacitado y tenga a su disposición un manual de operación, se deben realizar auditorías internas planificadas e inopinadas para verificar el cumplimiento de la normativa y políticas ambientales de cada fase del proceso. El procesamiento de mineral en planta es la actividad que mayor cantidad de recurso hídrico demanda para su realización, por lo cual se debe desarrollar mecanismos que permitan el máximo aprovechamiento de este recurso, como sistemas de recirculación o recuperación de agua.

- **Depósito de relaves:** En el área de relaves es indispensable realizar un monitoreo constante de la estabilidad de la estructura pues este posee gran cantidad de material hídrico contaminado por metales pesados por tal motivo requiere también un control estricto de los efluentes generados en el proceso.
- **Perforaciones diamantinas:** El proceso de perforación diamantina se caracteriza por generar gran cantidad de lodos de perforación, estos deberán ser dispuestos en pozas especiales que permitan su sedimentación, seguidamente el material de las pozas deberá de ser tratado y filtrado con el objetivo de recuperar el máximo porcentaje de recurso hídrico para su subsiguiente recirculación. Todo aquel material o sustancia que esté contaminada con aceites, combustibles, lubricantes, etc, serán dispuestos en contenedores especiales para cada tipo de material pues cada una de estos tendrán distintos tratamientos que permitirán la recuperación del recurso hídrico.
- **Manejo de las aguas residuales domésticas:** Se categorizará aguas residuales domésticas al recurso hídrico proveniente de baños, oficinas, campamentos e infraestructura administrativa, se debe tener un registro del agua proveniente de dichas áreas las cuales deberán ser dispuestas en zonas especiales para su tratamiento como por ejemplo pozas sépticas o estaciones depuradoras de aguas residuales.
- **Medidas para la optimización del consumo de aguas superficiales:** Para la optimización del consumo de este recurso se debe partir por velar que el consumo del agua para la industria minera sea racional y precisa. Se deberá llevar un registro del consumo del recurso hídrico en la unidad minera, el ratio de recirculación y el porcentaje de pérdida de la misma. Todo el personal deberá tener conocimientos sobre el correcto uso del agua, mediante capacitaciones que certifiquen estos conocimientos orientadas a la optimización tanto para consumo humano como para operaciones industriales.

d) Medidas de protección de la calidad de los suelos

Estas medidas tienen por finalidad la preservación del suelo mediante el desarrollo de medidas de control para los procesos erosivos y desestabilidad de

la superficie. Por otro lado, se busca minimizar los posibles daños generados por incidentes o accidentes que puedan poner en peligro alguna de las capas del suelo. La inestabilidad de taludes o laderas es otro factor de relevancia en la industria minera, por lo cual estas medidas buscan evitar la pérdida de la calidad del suelo o en general la pérdida de sus propiedades físicas. A continuación se detallarán las medidas más importantes a considerar para el manejo y protección de la calidad de los suelos:

- **Remoción de vegetación:** Para el desarrollo de una actividad minera es indispensable realizar labores orientadas a la preparación del terreno para establecer infraestructura, depósitos y para la misma operación extractiva, para lo cual, se realizará una primera etapa de inspección en la que se evaluará la cantidad de material vegetal (Top Soil) con la que se cuenta en un inicio, seguidamente se dispondrá un área adecuada para disposición y conservación la cual debería mantener la capa vegetal extraída en condiciones óptimas hasta el inicio del plan de cierre de la unidad minera. Se deberá también contar con personal con experiencia en el proceso de remoción de top soil para evitar la mezcla de material orgánico con material estéril.
- **Excavaciones:** Para las labores de excavación será requerido realizar estudios geomecánicos y geotécnicos para evaluar las características del material con el cual se trabaja prestando especial atención a la estabilidad y consistencia del terreno, se deberá seguir con los estándares y procedimientos establecidos para cada tipo de excavación y estos deben haber sido aprobados por la jefatura de seguridad y medio ambiente. Por otro lado, se deberá tener mayor cuidado en áreas cercanas a zonas protegidas, arqueológicas, laderas, lechos de ríos o quebradas con el objetivo de no presentar alteración alguna en dichas zonas, siempre contando con supervisión permanente en estos casos en particular.
- **Sistemas de control:** Se deberán establecer sistemas de control orientados a asegurar la estabilidad de los suelos, pendientes y taludes, para lo cual existen diversos sistemas enfocados a este fin, como radares, drones o sistemas topográficos, las cuales realizan un análisis de las zonas de riesgo y evalúan sus cambios en el tiempo. La inestabilidad de

superficies o terrenos pueden generar daños ambientales significativos además de poner en riesgo la vida de los trabajadores.

- **Manejo de depósito de minerales:** Las superficies del terreno que son destinadas para el depósito de material mineral deberán contar con un sistema que asegure la protección de los suelos mediante capas que separen el mineral de la superficie del terreno con el objetivo de evitar una posible contaminación al suelo y subsuelo. La superficie que será acondicionada para el depósito de minerales no deberá tener presencia de material orgánico en ningún caso, por lo cual se deberán tomar las medidas de protección en remoción de suelos mencionadas anteriormente.
- **Manejo de depósito de concentrados:** Todas las superficies destinadas para el depósito de concentrados deberán contar con un sistema de protección de suelos mediante capas que separen el concentrado de la superficie del terreno con el objetivo de evitar una posible contaminación al suelo y subsuelo.

e) Medidas de protección de la vegetación y fauna silvestre

Estas medidas tienen por finalidad asegurar la protección de la vegetación y la fauna silvestre que se encuentre en la zona de influencia de la operación minera, se busca realizar una adecuada disposición de la cobertura vegetal y de la flora, además de proteger la fauna de la región, mediante estas medidas se busca reducir los impactos directos e indirectos generados por la industria minera en el ecosistema. A continuación se detallarán las principales medidas a considerar para la protección de la vegetación y fauna:

- **Medidas generales de protección de la cobertura vegetal:** Se debe asegurarse que toda área de la concesión minera la cual no haya sido utilizada o requerida para la operación de la misma serán estrictamente restringidas en retiro de vegetación o material orgánico por cualquier medio ya sea corte, tala o quema. Se establecerá zonas de tránsito para personal y vehículos los cuales deberán ser respetados y estar correctamente señalizados, por ningún motivo se permitirá el ingreso de personal a áreas consideradas de recurso vegetal protegido. Cualquier especie vegetal considerada vulnerable o en peligro de extinción que se

encuentre dentro de la concesión será registrado y monitoreado regularmente para asegurar su conservación. Durante el cierre de mina progresivo se ira realizando una revegetación progresiva al área intervenida con el objetivo de devolver al ecosistema la vegetación perdida durante el periodo productivo de la operación. Se deberá contar con capacitaciones regulares al personal en temas de manejo de residuos y conservación ambiental.

- **Remoción y erradicación de la vegetación:** Debe de estar normado que toda labor que involucre remoción de material orgánico del suelo deberá de ser comunicado a la jefatura de seguridad y medio ambiente para su revisión y aprobación, La vegetación existente que no será intervenida deberá de ser protegida y monitoreada para su conservación. La capa orgánica (Top Soil) será almacenada adecuadamente para su posterior recolocación al finalizar las labores productivas. En caso de que exista vegetación y flora en peligro o especies endémicas regionales se deberá realizar una modificación en el plan de obras con el objetivo de evitar cualquier tipo de impacto.
- **Medidas de protección de la fauna silvestre:** Con el objetivo de asegurar la protección de la fauna silvestre se debe realizar un estudio previo para identificar las especies silvestres que conviven en el ecosistema en la que impacta la operación minera, cada una de estas deberá de ser ingresada en un registro creado para este fin. Se deberá colocar un cerco perimétrico en las áreas de operación minera en la que la fauna pueda resultar afectada por cualquier tipo de impacto. Todo el personal deberá de ser capacitado en temas concernientes a la fauna de la región. Se deben desarrollar políticas y normas donde se establece la prohibición de realizar cualquier tipo de interacción con la fauna silvestre que pueda poner en peligro la tranquilidad y bienestar de los mismos.
- **Medidas de conservación para flora silvestre:** Se debe evitar cualquier tipo de manipulación innecesaria de las flores, frutos o cualquier especie vegetal que se encuentren dentro de la concesión minera. Se deben desarrollar también programas que promuevan la reforestación de las areas con poco o nula presencia de recurso vegetal. Todas las actividades mineras se verán limitadas solo a las áreas planificadas, en caso se

requiera un área de trabajo adicional la solicitud deberá de ser presentada con un plan de trabajo a la jefatura de seguridad y medio ambiente adicionalmente este debe contar con un plan de remediación ambiental al finalizar las labores.

- **Medidas de conservación para fauna silvestre:** Se debe realizar un programa de monitoreo constante para las áreas de influencia minera donde se haya identificado fauna silvestre, se llevará un registro de la población de mamíferos, reptiles y aves presentes en el área. Cualquier tipo de perturbación a la fauna por parte de las labores mineras debe quedar totalmente prohibido. Se deberá colocar carteles en las áreas de la concesión en la cual se encuentren cualquier tipo de fauna silvestre exhortando su conservación y brindando información relevante de la especie en cuestión.

2.3.- GLOSARIO DE TÉRMINOS

BV: Block value .- Valor de un bloque, indica el valor neto de un bloque del modelo de bloques que representa en sí misma la mínima unidad de estudio en el proceso de valorización en la planificación minera, para determinar el valor de un bloque se consideran parámetros como el precio del mineral de interés el porcentaje de recuperación, el tonelaje del bloque y la ley en el bloque, adicionalmente se consideran costos relacionados a la extracción y procesamiento del mismo, como es el costo de minado, relacionado a labores como perforación, voladura, carguío, etc, y los costos de planta relacionados al procesamiento del mineral.

PGMA: Plan de gestión y manejo ambiental. – El plan de manejo ambiental es un instrumento utilizado para establecer las acciones requeridas para controlar o mitigar los impactos ambientales generados en los procesos mineros.

PCM: Plan de cierre de mina. – EL plan de cierre de mina es un instrumento utilizado para identificar y establecer las medidas que serán asumidas para devolver al ecosistema un ambiente lo más cercano a las encontradas en un inicio, esta se puede dividir en tres, cierre progresivo, cierre final y post cierre.

ECA: Estándar de Calidad Ambiental. – El estándar de calidad ambiental son normas que determinan cuales son los límites máximos permisibles para diversos elementos en diferentes ambientes para poder ser considerados ambientalmente seguros, garantizando condiciones óptimas para el desarrollo de la vida.

DGAAM: Dirección general de asuntos ambientales Mineros. – Citando los artículos el Artículo 109° de la DGAAM: *“La Dirección Normativa de Asuntos Ambientales Mineros es el órgano encargado de proponer y evaluar los proyectos de normas que se requiera para garantizar el desarrollo sostenible del sector minero”.*

DIA: Declaración de Impacto Ambiental. – La DIA es un documento de carácter obligatorio en la cual se presentan los resultados de la evaluación del impacto ambiental generado por alguna actividad, donde el emisor busca la aprobación de las autoridades ambientales competentes demostrando que la actividad se encuentra dentro de los estándares establecidos por ley.

EIASD: Estudio de impacto ambiental semidetallado. – Es un instrumento utilizado en proyectos de bajo impacto ambiental donde los impactos generados pueden ser remediados con relativa facilidad y por ende no requiere de estudios especializados dada a que las medidas de remediación son conocidas y fácilmente aplicables.

EIAD: Estudio de Impacto Ambiental detallado. – Es un instrumento utilizado para proyectos de gran envergadura que afecta significativamente el ambiente en el cual se va a desarrollar y cuyas medidas de remediación son complejas, requiriéndose un análisis exhaustivo de las labores a realizarse, los impactos generados por dichas labores y las medidas de remediación pertinentes para esos impactos.



**CAPÍTULO 3:
DESARROLLO DEL TEMA**

CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL TEMA

3.1.- INDICADORES AMBIENTALES PARA EL COSTO DE REMEDIACIÓN

Para definir los costos de remediación ambiental que debe asumir una empresa minera primero debemos conocer ciertos indicadores que serán empleados para la evaluación del estado de un ecosistema.

Para el presente trabajo de investigación los indicadores ambientales ayudaran a medir el impacto que genera la operación de una empresa minera, mediante el proceso de benchmarking se ha podido definir los principales indicadores ambientales que debemos tomar en cuenta para evaluar el impacto de una operación minera en el ambiente.

3.1.1.- Materiales

Toda empresa minera requiere cierta cantidad de materiales para poder realizar el aprovechamiento del recurso mineral, en el aspecto de materiales se considerarán explosivos requeridos, cal, aditivos, materiales necesarios en planta como el cianuro, ácido sulfúrico, cal, etc. Para fines prácticos se agruparán todos los materiales necesarios en el proceso productivo y se estimará el requerimiento diario, mensual o anual del mismo la estimación la presentaremos en Toneladas (t)/ unidad de tiempo.

3.1.2.- Energía

En el aspecto energía se agruparán todas aquellas fuentes de energía no renovables y de ellas se derivará el consumo energético requerido para el proceso productivo minero. Se estimará el consumo de energía por tipo y fuente de la misma pudiendo ser diésel, gasolina, gas licuado de petróleo. Además, también se considerará el consumo indirecto de energía requeridas para campamentos bases de operación y oficinas representadas en Watts/unidad de tiempo.

3.1.3.- Agua

Estimación de la captación total de agua en una unidad determinada de tiempo (día, mes, año) requeridas para el proceso productivo de la operación minera, este parámetro será representado en litros/unidad de tiempo.

3.1.4.- Emisiones, Vertimientos y Residuos

En este aspecto se incluirán todas aquellas emisiones, vertimientos y residuos que se han generado durante el proceso productivo minero, se consideraran emisiones de óxidos de nitrógeno (NOX), emisiones de Óxidos de azufre (SOX), vertimientos de agua según su tipo, residuos como: relaves, desmonte, materiales reciclados, madera, papel, cartón, otros materiales.

3.1.5.- Legislación minera e incumpliendo

En este aspecto se considerarán todos aquellos costos relacionados al incumpliendo de la normativa vigente, como son sanciones, multas, requerimientos, entre otros.

3.1.6.- General

En el aspecto general se van a agrupar todos los gastos relacionados a temas ambientales este incluye actividades de prevención de contaminación, estudios de impacto ambiental y estudios geofísicos.

Indicadores ambientales			
Indicadores medioambientales		Unidad	Observaciones
Aspectos: Materiales			
Materiales Utilizados por peso	t	Tonelada	Incluye cianuro, explosivos y Cal
Aspecto: Energía			
Consumo directo de energía: por tipo de fuente y en volumen.			
Diésel	Klt	Kilo tonelada	
Gasolina	Klt	Kilo tonelada	
Gas licuado de petróleo	Kg	Kilogramos	
Diésel	TJ	Tera Julio	
Gasolina	TJ	Tera Julio	
Gas licuado de petróleo	TJ	Tera Julio	
Consumo indirecto de energía: Consumo de electricidad de las bases de operaciones y oficinas administrativas (Kwh) - Fuente no renovable			
En MW	Mw	Mega watt	
En TJ	Tj	Tera Julio	
Aspecto : Agua			
Captación total de agua	L	Litros	
Aspecto: Emisiones, Vertimientos y Residuos			

Indicadores ambientales			
Indicadores medioambientales	Unidad		Observaciones
Emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero por peso			El cálculo de estimación de emisiones de CO2 considera el uso de factores de emisión y los consumos totales de diésel, gasolina, GLP, agentes de voladura y electricidad.
Emisiones de NOX	t	Tonelada	
Emisiones de SOX	t	Tonelada	
Vertimientos de agua por calidad y destino			Los tipos de efluentes considerados son: agua de escorrentía superficial y agua residual domestica tratada.
Residuos por tipo y peso			
Relaves a las represas	t	Tonelada	
Desmante	t	Tonelada	
Materiales reciclados	t	Tonelada	
Plásticos reciclados	t	Tonelada	
Madera	t	Tonelada	
Papel y cartón reciclados	t	Tonelada	
Disposición en terreno sanitario	t	Tonelada	
Otros materiales reciclados	t	Tonelada	
Número total de derrames accidentales más significativos			
Aspecto: Cumplimiento normativo			
Costos de multas significativas y número de sanciones no monetarias por incumplimiento de normas y regulaciones ambientales			MUS\$
Aspecto : General			
Desglose por tipo del total de gastos en temas ambientales	MU S\$	Millones	Incluye actividades de prevención de contaminación, estudios de impacto ambiental y estudios geofísicos.

Tabla N°6: Principales indicadores ambientales en el proceso minero.

3.2.- RELEVANCIA DE LA INTEGRACIÓN DE LOS (CRA) EN EL ALGORITMO

La relevancia de la integración de los costos de remediación ambiental radica en la necesidad de realizar una estimación mucho más precisa del costo de extraer cierta cantidad de material. Esta necesidad existe y se ha hecho cada vez más visible a la industria y a la sociedad, ciertamente los controles y estándares han ido incrementando en su rigurosidad a través del tiempo y estos están

plenamente justificados bajo bases de salud y conservación medio ambiental que son argumentos que no se pueden debatir pues velan por el bienestar común, sin embargo, el incremento de estándares y controles también han generado un aumento significativo en los costos requeridos para poder extraer material de la operación minera.

Esta integración se ve sustentada con mayor fuerza si analizamos casos de operaciones mineras que no han realizado un estudio de planificación integral considerando costos medio ambientales y los riesgos que deriva de cada operación, terminado por abandonar el proyecto después de ver que los costos ambientales superan las utilidades de la operación. Otro aspecto a considerar son las operaciones mineras de baja utilidad y elevado Cash Cost, pues estas pueden pasar de ser una operación viable en su etapa de pre factibilidad a una operación inviable o de muy alto riesgo. Por lo cual se busca presentar este nuevo sistema de valorización de bloques en la planificación minera con el objetivo de servir de apoyo en la toma de decisiones y ser un indicador económico en futuros proyectos.

3.3.- CATEGORIZACIÓN DE LOS COSTOS AMBIENTALES

Para la siguiente etapa de investigación se realizará una clasificación de los costos ambientales de acuerdo a relevancia del mismo en el proceso minero, para lo cual se han dividido los costos de remediación ambiental en tres categorías: Costos de categoría I, costos de categoría II, costos de categoría III y costos de categoría IV, los cuales serán explicados a continuación.

3.3.1.- Costos de categoría I

Los costos de categoría I serán todos aquellos costos ambientales que derivan de un proceso necesario en la etapa productiva de la operación minera y que no son considerados en los cálculos de Costo mina (Cm) ni de Costo planta (Cp).

Los costos que se presentaran a continuación deben de ser estimados y seleccionados de acuerdo al método de minado y a los métodos de mitigación de impacto ambiental que se utilicen para cada uno de los mismos. Estos

impactos han sido denominados categoría I o de Primera categoría, pues estos van a ser los principales a tomarse en cuenta para la aplicación en el algoritmo por su alto impacto económico en la estimación del valor de bloque. La presentación de la información será en cuadros para facilitar la comprensión y la organización de la información.

a. Vías de Acceso a mina

Se denomina vías de acceso a mina al medio a través del cual se permite el ingreso de personal o vehículos al centro del proceso productivo de la operación minera y sus diferentes derivaciones a otras instalaciones o infraestructura.

Del análisis del proceso de construcción de vías de accesos se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Perdida de vegetación	Creación de almacenes acondicionados para el almacenamiento de topsoil y viveros para vegetación exótica (este costo solo se presentara en áreas de tierra fértil que requiera ser conservada o estar asociada a un compromiso de la empresa en ámbitos de reforestación)	1,013.50	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°7: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Perdida de vegetación.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Colectores de Polvo * (Al ser accesos, el riego del material es la opción más práctica, sin embargo se coloca el precio de un colector para casos específicos que lo requieran)	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°8: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Sistema de monitoreo de calidad del Aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM. La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°9: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizaran en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°10: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Riego de vías con aditivos	6.9	USD/Km2	El costo presentado deriva del concepto de 1 año de riego de vías de una long. de 17 km y un ancho de 30m (510,000 m2) de manera diaria (300 días), con un presupuesto de 1,054,000 USD, derivándose en un costo unitario de 6.89 USD/Km2 de riego. El costo incluye, costo del agua, costo operación de cisternas, costo de mantenimiento de cisternas, costo aplicación de aditivo y monitoreo.
Fuente				
Control de polvo en los caminos de acarreo en minas de superficie - Ing. Tulio Antezano				
Disponibilidad online				
http://iimp.org.pe/pptjm/jm20150514_control-de-polvo.pdf				

Tabla N°11: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Generación de polvo y ruido 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión y pérdida de estabilidad	Sistema de control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Perú) N°490 año 2018				

Tabla N°12: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y pérdida de estabilidad 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión y pérdida de estabilidad	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil inestable	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°13: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y pérdida de estabilidad 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión y pérdida de estabilidad	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por último una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°14: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y pérdida de estabilidad 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión y pérdida de estabilidad	Colocación de mallas o planta de árboles para evitar derrumbes.	6,080.6	USD/Ha	Colocación de capa vegetal para la incrementar la estabilidad de los taludes. Una vegetación más frondosa mitiga más eficientemente los efectos de la lluvia, disminuyendo en consecuencia la erosión. Podemos comprobar como la escorrentía del agua y sus efectos erosivos son inversamente proporcionales a la densidad y volumen del follaje (ejemplo: las hierbas y pastos actúan como colchón protector).
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°15: Medidas de remediación, Vías de acceso mina, Erosión y pérdida de estabilidad 4.

b. Acondicionamiento del terreno (Industrial)

Para el proceso de acondicionamiento de terreno se van a considerar actividades como la realización de las nuevas plataformas de asentamiento de obra, áreas para la descarga de material, desarrollo de bocaminas, desarrollo de pit's, pads de lixiviación, entre otros requerimientos.

Del análisis del proceso de acondicionamiento del terreno se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Perdida de recurso forestal	Creación de almacenes acondicionados para el almacenamiento de topsoil y viveros para vegetación exótica	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°16: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Perdida de recurso forestal	Programa de protección para la fauna de la región	590.8	Und	El precio mostrado el costo unitario por monitoreo, este representa un monitoreo de la Herpetofauna (relacionada a los anfibios y reptiles), de la Ornitofauna (relacionada a las aves) y de la Mastofauna (relacionada a los mamíferos).
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°17: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Perdida de recurso forestal	Programa de protección para la flora de la región	443.1	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo y este se realizará si en el estudio existe presencia de determinadas especies de flora que están clasificadas dentro del Decreto Supremo N° 043-2006-AG (PERU) con determinado criterio de protección, así como por la Convención CITES. Dichas especies deberán ser consideradas como indicadores biológicos dentro del monitoreo a desarrollar.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°18: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Perdida de recurso forestal	desarrollo de programa de reforestación y monitoreo de revegetación	443.1	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, se excluye el costo de reforestación al incluirse en el costo de almacenamiento de top soil, los parámetros de estudio serán: Aumento/disminución del porcentaje de la cobertura vegetal, Aumento/disminución de los índices de diversidad, Altura máxima de la vegetación, Identificación de las especies implantadas en campo y la eficiencia de las tareas de revegetación, estimada como un porcentaje de individuos viables, Abundancia y diversidad de vertebrados que se alojan en las áreas revegetadas.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°19: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de recurso forestal 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Control de drenaje de fluidos	5.7	USD/TM	El costo de drenaje esta presentado en relación a la producción de la mina, es decir USD/TM (dólares por tonelada métrica), Es importante mencionar que el crecimiento de la mina es constante año a año, razón por la cual, se incrementa el costo de drenaje, por la longitud o distancia a evacuar el agua desde interior mina hasta la superficie, el valor brindado da una idea general del costo total por tonelada de material extraído, considerando accesorios, herramientas, materiales y mano de obra.
Fuente				
CONSTRUCCION DEL TUNEL ANIMÓN, COSTOS OPERATIVOS Y GESTION DE LA SEGURIDAD Y DEL AMBIENTE EN LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR 2013				
Disponibilidad online				
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2164/Qui%C3%B1ones%20Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y				

Tabla N°20: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil inestable	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°21: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Drenaje y sedimentación	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina, drenaje ácido y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms. La plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requema Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°22: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	creación de estructuras de contención	186.6	USD/m2	El costo presentado es el precio por la colocación de cada metro cuadrado de muro de suelo reforzado este sistema ha demostrado ser más eficiente y económico que el método convencional de muros de concreto armado, el precio incluye materiales, mano de obra y equipos. EL costo presentado deriva de un proyecto para un muro de 252 m2 a un precio de 159,375 Soles.
Fuente				
ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO EN MUROS DE CONTENCIÓN DE SUELO REFORZADO SISTEMA MAC-WALL. (DENISSE MAGDALENA DIAZ MERINO)				
Disponibilidad online				
Repositorio: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL				

Tabla N°23: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por ultimo una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°24: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Erosión 5.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Perdida de tierra fértil (tierra agrícola)	Creación de almacenes acondicionados para el almacenamiento de tierra fértil para la agricultura	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°25: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno, Perdida de tierra fértil (tierra agrícola).

c. Acondicionamiento del terreno (Administrativo)

Para el proceso de acondicionamiento de terreno para áreas administrativas se van a considerar actividades como la realización de las nuevas plataformas de asentamiento de obra, estructuras de administración, vivienda, almacenes, entre otros requerimientos.

Del análisis del proceso de acondicionamiento del terreno se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Colectores de Polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m3. El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°26: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Sistema de monitoreo de calidad del Aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°27: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizaran en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°28: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Riego	6.9	USD/Km2	El costo presentado deriva del concepto de 1 año de riego de vías de una long. de 17 km y un ancho de 30m (510,000 m2) de manera diaria (300 días), con un presupuesto de 1,054,000 USD, derivándose en un costo unitario de 6.89 USD/Km2 de riego. El costo incluye, costo del agua, costo operación de cisternas, costo de mantenimiento de cisternas, costo aplicación de aditivo y monitoreo.
Fuente				
Control de polvo en los caminos de acarreo en minas de superficie - Ing. Tulio Antezano				
Disponibilidad online				
http://iimp.org.pe/pptjm/jm20150514_control-de-polvo.pdf				

Tabla N°29: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de polvo y ruido 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicios	Almacenes especializados para cada tipo de material, Aceites, gases, líquidos, cementos, etc.	111.1	USD/barril	Costo aproximado por disposición, transporte y almacenamiento de materiales peligrosos en barriles (42gal), el precio incluye el costo de infraestructura para el almacenamiento. Este costo unitario deriva de un proyecto para la disposición de 4500 barriles de materiales peligrosos a un costo de 500,000 USD.
Fuente				
Estimación de costos de cierre de minas (John Brodie, P ENG)				
Disponibilidad online				
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierreminas/02_T%C3%A9cnico/12_Costos/TecCost_Presentaci%C3%B3n.pdf				

Tabla N°30: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicios	Sistema de tratamiento de aguas residuales	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina, drenaje ácido y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms. La plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requema Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°31: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicios	Disposición y Manejo de Residuos Sólidos	5,500.0	USD/mes	Costo mensual medio para la disposición y manejo de residuos sólidos para infraestructura de almacenes, vivienda y administración. Para la obtención de este ítem se realizó un Benchmarking de diversas minas en el Perú con una capacidad de planta media de 17,000 t/día.
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°32: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicios	Desarrollo de sistema de administración y recirculación de agua	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms, la plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requema Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°33: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Generación de desperdicios 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Vulnerabilidad del ecosistema	Preparación del sitio	3,485.5	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo general de la vulnerabilidad del ecosistema, este incluye análisis de calidad de aire, niveles de ruido, calidad del suelo, evaluación de la flora, fauna y monitoreo de revegetación. El costo ya incluye la infraestructura, mano de obra y sistema logístico. sin embargo, el porcentaje de riesgo no está considerado. Se debe mencionar que el presupuesto presentado se ha extraído en consideración a realizarse un monitoreo general al mes, habiéndose derivado de un presupuesto anual, siendo el precio anual superior a los 40,000 USD.
	Instalaciones para la protección ambiental			
	sistema de monitoreo			
	Otras medidas específicas			
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°34: Medidas de remediación, Acondicionamiento del terreno (Administrativo), Vulnerabilidad del ecosistema.

d. Perforación y voladura

El proceso de perforación y voladura tiene por objetivo obtener una fragmentación óptima del material para los posteriores procesos de conminución que sufre la materia extraída del yacimiento minero, se busca también minimizar el daño al macizo rocoso mediante una voladura controlada, así como una reducción de los niveles de vibraciones. En la presente parte del trabajo de investigación se analizó el proceso y los costos considerados en la valorización de bloques para los costos mina (Cm) y se determinaron impactos ambientales que no son considerados en el proceso de costeo para el Costo Mina en Perforación y Voladura.

Del análisis del proceso de perforación y voladura se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°35: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Generación de Polvo y Ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizarán en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°36: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Generación de Polvo y Ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicio	Disposición y manejo de residuos	70.0	USD/Ton	El costo presentado es un valor aproximado al costo de la disposición de residuos por tonelada, el cual incluye los costos de recolección, transferencia y disposición final. El valor se ha extraído de un trabajo de diagnóstico de residuos sólidos de América Latina y el Caribe, el costo presentado no corresponde a la actividad minera en específico, sin embargo, nos brinda un valor bastante cercano al costo y manejo de residuos en general.
Fuente				
Fuente : Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe (Guido Acurio, Antonio Rossin, Paulo Fernando Teixeira, Francisco Zepeda)				
Disponibilidad online				
http://www.bvsde.paho.org/acrobat/diagnost.pdf				

Tabla N°37: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Generación de desperdicio.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Ondas de Choque y Vibración	Sistema de monitoreo de Vibración y estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por último una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°38: Medidas de remediación, Perforación y Voladura, Ondas de Choque y Vibración.

e. Carguío y acarreo

Carguío y acarreo es un proceso que tiene por objetivo movilizar el material triturado en el proceso de voladura y dejarlo en su destino dependiendo del porcentaje de mineralización del mismo, pudiendo ser su destino planta, stock o botadero. Este proceso cobra gran relevancia en la industria minera por ser uno de los procesos que demanda mayor costo a la operación por su alto requerimiento de equipos y alto grado de mecanización por lo cual siempre se busca optimizar el proceso.

El proceso de carguío y acarreo se puede resumir en el siguiente ciclo:



Grafico 2. Resumen, ciclo de carguío y acarreo

Este es un punto muy importante a evaluar pues el proceso de carguío y acarreo representa del 40% al 60% del costo mina por lo que es de vital importancia garantizar la eficiencia del ciclo.

Del análisis del proceso de carguío y acarreo se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo del Costo Mina:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Colectores de Polvo	10,000.0	Und	(En el proceso de carguío y acarreo se recomienda el riego de vías, la instalación de un colector, solo es considerado en la zona de descarga o escenarios específicos que lo requieran). Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°39: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Sistema de monitoreo de calidad del Aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°40: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizarán en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°41: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de polvo y ruido	Riego	1,054,000.0	Und	El costo presenta es por el concepto de 1 año de riego de vías de una long. De 17 km y un ancho de 30m de manera diaria, el costo incluye, costo del agua, costo operación de cisternas, costo de mantenimiento de cisternas, costo aplicación de aditivo y monitoreo
Fuente				
Control de polvo en los caminos de acarreo en minas de superficie - Ing. Tulio Antezano				
Disponibilidad online				
http://iimp.org.pe/pptjm/jm20150514_control-de-polvo.pdf				

Tabla N°42: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de polvo y ruido 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicio	Creación de áreas apropiadas para la disposición de desperdicios	70.0	USD/Ton	El costo presentado es un valor aproximado al costo de la disposición de residuos por tonelada, el cual incluye los costos de recolección, transferencia y disposición final. El valor se ha extraído de un trabajo de diagnóstico de residuos sólidos de América Latina y el Caribe, el costo presentado no corresponde a la actividad minera en específico, sin embargo, nos brinda un valor bastante cercano al costo y manejo de residuos en general. Cabe mencionar que el proceso de carguío y acarreo la generación de desperdicios se concentra en neumáticos, repuestos, aceites y otros insumos que generalmente son costeados en el área de mantenimiento mecánico, por lo cual el presente valor solo es considerado en escenarios especiales.
Fuente				
Fuente : Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe (Guido Acurio, Antonio Rossin, Paulo Fernando Teixeira, Francisco Zepeda)				
Disponibilidad online				
http://www.bvsde.paho.org/acrobat/diagnost.pdf				

Tabla N°43: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Generación de desperdicio.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de la vegetación colindante	Creación de viveros o refugios para la vegetación de la región	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°44: Medidas de remediación, Carguío y acarreo, Alteración de la vegetación colindante.

f. Desarrollo del Pit (Minería a cielo abierto)

EL proceso de desarrollo del pit es uno que va a englobar los procesos de perforación, voladura, carguío y acarreo, pero que sin embargo también involucran otros impactos que derivan de los cuatro anteriores que deben ser considerados como impactos ambientales relevantes que ameritan su consideración en el costeo para el desarrollo del algoritmo presentado en este trabajo de investigación. Los impactos más relevantes que se han analizado son: Generación de drenaje ácido, contaminación de aguas subterráneas, erosión, inestabilidad de taludes, alteración de corrientes naturales, impacto en el ambiente de la fauna, alteración de aguas subterráneas y alteraciones a nivel de superficie.

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Drenaje ácido de minas, AMD (acid mine drainage)	sistema de tratamiento de drenaje ácido	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina, drenaje ácido y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms. La plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requema Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°45: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Drenaje ácido de minas, (AMD).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación de agua Subterránea	Instalación de sistemas de drenaje	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Perú) N°490 año 2018				

Tabla N°46: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Contaminación de agua Subterránea 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación de agua Subterránea	Desarrollo de un sistema de monitoreo de PH	8,100.0	Und	Costo por evento, Monitoreo de aguas Superficiales y Efluentes (10 estaciones aprox), cabe considerar que el presente monitoreo se debe realizar como mínimo trimestralmente, el costo anual puede ascender los 30,000 USD.
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°47: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Contaminación de agua Subterránea 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Peru) N°490 año 2018				

Tabla N°48: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Erosión 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°49: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Erosión 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por ultimo una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°50: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Erosión 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	El costo para el reencauzamiento de aguas o desviación de corrientes es variable, va a depender de las necesidades de la empresa, la ubicación y caudal con el que se va a trabajar, el precio puede variar entre los 5 USD a 15 USD por metro cubico este requerirá un análisis mucho más minucioso, el costo presentado es un costo promedio, se recomienda evaluar cada caso por separado.
	estructuras de reencauzamiento			
Fuente				
Fuentes varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°51: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de corrientes naturales.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	El precio mostrado es el costo medio por la colocación de un cerco perimétrico con malla metálica con base de concreto armado, el costo presentado incluye: Obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, concreto armado, carpintería metálica y pintura. El costo es solo referencial, puede variar en aspectos de materiales o técnicas a utilizar, el precio mostrado deriva de un proyecto para un cerco perimétrico de 513.6 m2 a un costo total de 14,403.03 USD.
Fuente				
Fuentes Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°52: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Condiciones peligrosas para la fauna.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de los niveles de agua subterránea	Sistema de monitoreo de aguas subterráneas	11,200.0	Und	El costo presentado corresponde por evento y comprende el monitoreo de aguas subterráneas y manantiales como también la revisión e instalación de piezómetros. (costo aproximado para 20 estaciones)
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°53: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de los niveles de agua subterránea.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de la superficie	Sistema de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por ultimo una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°54: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de la superficie 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de la superficie	Relleno de áreas inestables	0.9	USD/m3	Costo de nivelación de montículos por m3 de material, para el caso de nivelación de taludes este será de 1.95 USD/m3.
Fuente				
Estimación de costos de cierre de minas (John Brodie, P ENG)				
Disponibilidad online				
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierreminas/02_T%C3%A9cnico/12_Costos/TecCost_Presentaci%C3%B3n.pdf				

Tabla N°55: Medidas de remediación, Desarrollo del Pit, Alteración de la superficie 2.

g. Excavaciones Subterráneas

El proceso de excavaciones subterráneas al igual que el desarrollo del pit involucra los procesos de perforación, voladura, carguío y acarreo, además de estas también existen labores como sostenimiento, desatado de rocas, ventilación, entre otras. De los impactos generados veremos que se repiten en su mayoría a los generados en el desarrollo del pit, solo son recalcados con el fin de mantener el material organizado para cada uno de los procesos mineros.

Del análisis del proceso de excavaciones subterráneas se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo del Costo Mina:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Drenaje ácido de minas, AMD (acid mine drainage)	sistema de monitoreo de aguas superficiales y Efluentes	8,100.0	Und	Costo por evento, Monitoreo de aguas Superficiales y Efluentes (10 estaciones aprox), cabe considerar que el presente monitoreo se debe realizar como mínimo trimestralmente, el costo anual puede ascender los 30,000 USD.
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°56: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Drenaje ácido de minas.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación de agua Subterránea	Instalación de sistemas de bombeo	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Perú) N°490 año 2018				

Tabla N°57: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Contaminación de agua Subterránea 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación de agua Subterránea	Desarrollo de un sistema de monitoreo de PH	11,200.0	Und	El costo presentado corresponde por evento y comprende el monitoreo de aguas subterráneas y manantiales como también la revisión e instalación de piezómetros. (costo aproximado para 20 estaciones)
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°58: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Contaminación de agua Subterránea 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Peru) N°490 año 2018				

Tabla N°59: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Erosión 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°60: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Erosión 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por ultimo una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°61: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Erosión 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	El costo para el reencauzamiento de aguas o desviación de corrientes es variable, va a depender de las necesidades de la empresa, la ubicación y caudal con el que se va a trabajar, el precio puede variar entre los 5 USD a 15 USD por metro cubico este requerirá un análisis mucho más minucioso, el costo presentado es un costo promedio, se recomienda evaluar cada caso por separado.
	estructuras de reencauzamiento			
Fuente				
Fuentes varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°62: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de corrientes naturales.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	El precio mostrado es el costo medio por la colocación de un cerco perimétrico con malla metálica con base de concreto armado, el costo presentado incluye: Obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, concreto armado, carpintería metálica y pintura. El costo es solo referencial, puede variar en aspectos de materiales o técnicas a utilizar, el precio mostrado deriva de un proyecto para un cerco perimétrico de 513.6 m2 a un costo total de 14,403.03 USD.
Fuente				
Fuentes Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°63: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Condiciones peligrosas para la fauna.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de los niveles de agua subterránea	Sistema de monitoreo de aguas subterráneas	11,200.0	Und	El costo presentado corresponde por evento y comprende el monitoreo de aguas subterráneas y manantiales como también la revisión e instalación de piezómetros. (costo aproximado para 20 estaciones)
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°64: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de los niveles de agua subterránea.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de la superficie	Sistema de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por ultimo una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°65: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de la superficie.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de la superficie	Relleno de áreas inestables	0.9	USD/m3	Costo de nivelación de montículos por m3 de material, para el caso de nivelación de taludes este será de 1.95 USD/m3.
Fuente				
Estimación de costos de cierre de minas (John Brodie, P ENG)				
Disponibilidad online				
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierreminas/02_T%C3%A9cnico/12_Costos/TecCost_Presentaci%C3%B3n.pdf				

Tabla N°66: Medidas de remediación, Excavaciones subterráneas, Alteración de la superficie 2.

h. Disposición de material estéril (botaderos)

El proceso de disposición de material estéril tiene como finalidad destinar el material estéril de la mina y ripios de lixiviación a zonas acondicionadas para su disposición, este material debe de ser conservado por largos periodos de tiempo en los botaderos por lo cual pueden generar diversos tipos de impactos medio ambientales.

Del análisis del proceso de disposición de material estéril (botaderos), se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo del Costo Mina:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°67: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizaran en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°68: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°69: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Riego de vías	6.9	USD/Km ²	El costo presentado deriva del concepto de 1 año de riego de vías de una long. de 17 km y un ancho de 30m (510,000 m ²) de manera diaria (300 días), con un presupuesto de 1,054,000 USD, derivándose en un costo unitario de 6.89 USD/Km ² de riego. El costo incluye, costo del agua, costo operación de cisternas, costo de mantenimiento de cisternas, costo aplicación de aditivo y monitoreo.
Fuente				
Control de polvo en los caminos de acarreo en minas de superficie - Ing. Tulio Antezano				
Disponibilidad online				
http://iimp.org.pe/pptjm/jm20150514_control-de-polvo.pdf				

Tabla N°70: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de Polvo y Ruido 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de drenaje ácido (AMD)	sistema de monitoreo y control de drenaje ácido	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms, la plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
	Sistema de tratamiento de aguas residuales			
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manual Requema Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°71: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Generación de drenaje ácido.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación de agua Subterránea	Instalación de sistemas de bombeo	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Peru) N°490 año 2018				

Tabla N°72: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Contaminación de agua Subterránea 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación de agua Subterránea	Desarrollo de un sistema de monitoreo de PH	11,200.0	Und	El costo presentado corresponde por evento y comprende el monitoreo de aguas subterráneas y manantiales como también la revisión e instalación de piezómetros. (costo aproximado para 20 estaciones)
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°73: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Contaminación de agua Subterránea 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Control de drenaje de fluidos	5.7	USD/TM	El costo de drenaje esta presentado en relación a la producción de la mina, es decir USD/TM (dólares por tonelada métrica), Es importante mencionar que el crecimiento de la mina es constante año a año, razón por la cual, se incrementa el costo de drenaje, por la longitud o distancia a evacuar el agua desde interior mina hasta la superficie, el valor brindado da una idea general del costo total por tonelada de material extraído, considerando accesorios, herramientas, materiales y mano de obra.
Fuente				
CONSTRUCCION DEL TÚNEL ANIMÓN, COSTOS OPERATIVOS Y GESTION DE LA SEGURIDAD Y DEL AMBIENTE EN LA EMPRESA ADMINISTRADORA CHUNGAR 2013				
Disponibilidad online				
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2164/Qui%C3%B1ones%20Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y				

Tabla N°74: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Erosión 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivás-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°75: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Erosión 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por ultimo una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°76: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Erosión 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	El costo para el reencauzamiento de aguas o desviación de corrientes es variable, va a depender de las necesidades de la empresa, la ubicación y caudal con el que se va a trabajar, el precio puede variar entre los 5 USD a 15 USD por metro cubico este requerirá un análisis mucho más minucioso, el costo presentado es un costo promedio, se recomienda evaluar cada caso por separado.
	estructuras de reencauzamiento			
Fuente				
Fuentes: Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°77: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Alteración de corrientes naturales.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	El precio mostrado es el costo medio por la colocación de un cerco perimétrico con malla metálica con base de concreto armado, el costo presentado incluye: Obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, concreto armado, carpintería metálica y pintura. El costo es solo referencial, puede variar en aspectos de materiales o técnicas a utilizar, el precio mostrado deriva de un proyecto para un cerco perimétrico de 513.6 m2 a un costo total de 14,403.03 USD.
Fuente				
Fuentes Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°78: Medidas de remediación, Disposición de material estéril, Condiciones peligrosas para la fauna.

i. Chancado

El proceso de chancado consiste en reducir a un tamaño menor el material volando en mina, este proceso tiene gran relevancia debido a su alto costo energético. En resumen, el proceso consiste en suministrar material a las chancadoras por la parte superior que seguidamente liberaran el mineral chancado por la parte inferior a través de una abertura que será determinada de acuerdo al diámetro requerido.

Del análisis del proceso de Chancado, se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo para la valorización de bloques:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°79: Medidas de remediación, Chancado, Generación de Polvo y Ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizaran en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°80: Medidas de remediación, Chancado, Generación de Polvo y Ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°81: Medidas de remediación, Chancado, Dispersión de metales pesados 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Sistema de monitoreo del aire en chancado	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°82: Medidas de remediación, Chancado, Dispersión de metales pesados 2.

j. Lixiviación en Pilas

El proceso de lixiviación en pilas es un procedimiento hidrometalúrgico que tiene el objetivo la obtención de minerales como el cobre, el material lixiviante que contiene Ácido sulfúrico es dispersado en la superficie de la pila, desde donde percola a través de la superficie del mineral, durante este proceso disuelve los minerales de interés produciendo una solución enriquecida de cobre o también llamada PLS, todo el material enriquecido es recolectado gracias a al diseño de

la pila que posee superficie inclinada la cual permite la captación de la solución, para luego ser transportada por tuberías al proceso siguiente.

Del análisis del proceso de lixiviación en pilas, se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo para la valorización de bloques:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina, drenaje ácido y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms. La plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requena Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°83: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°84: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por último una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°85: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Compactación del terreno	0.9	USD/m3	Costo de nivelación de montículos por m3 de material, para el caso de nivelación de taludes este será de 1.95 USD/m3.
Fuente				
Estimación de costos de cierre de minas (John Brodie, P ENG)				
Disponibilidad online				
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierreminas/02_T%C3%A9cnico/12_Costos/TecCost_Presentaci%C3%B3n.pdf				

Tabla N°86: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	drenaje y pozas de sedimentación	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina, drenaje ácido y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms. La plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manuel Requena Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°87: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Erosión 5.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	El costo para el reencauzamiento de aguas o desviación de corrientes es variable, va a depender de las necesidades de la empresa, la ubicación y caudal con el que se va a trabajar, el precio puede variar entre los 5 USD a 15 USD por metro cubico este requerirá un análisis mucho más minucioso, el costo presentado es un costo promedio, se recomienda evaluar cada caso por separado.
	estructuras de reencauzamiento			
Fuente				
Fuentes: Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°88: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Alteración de corrientes naturales.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para los seres vivos	Instalación de un cerco perimétrico	27.8	USD/m2	El precio mostrado es el costo medio por la colocación de un cerco perimétrico con malla metálica con base de concreto armado, el costo presentado incluye: Obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, concreto armado, carpintería metálica y pintura. El costo es solo referencial, puede variar en aspectos de materiales o técnicas a utilizar, el precio mostrado deriva de un proyecto para un cerco perimétrico de 513.6 m2 a un costo total de 14,403.03 USD.
Fuente				
Fuentes Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°89: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para los seres vivos	instalación de redes para la protección de las aves	1.8	USD/m2	Costo de la Malla por m2. Esta malla Evita la entrada de aves a los campos o zonas peligrosas. Esta especialmente indicada para pájaros de tamaño pequeño, tales como gorriones o similares. También es apta para proteger cultivos o huertos donde las aves pueden causar daños.
Fuente				
Fuentes Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°90: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para los seres vivos	Sistema de monitoreo y gestión de agentes químicos	590.8	Und	Costo por monitoreo de la fauna, el cual incluye aves, mamíferos y reptiles. El monitoreo biológico permitirá la evaluación del comportamiento y respuesta de los organismos frente a las presiones ejercidas por las actividades de construcción y operación de los diferentes componentes del proyecto.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°91: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para los seres vivos	Instalación de estructuras de almacenamiento de sustancias peligrosas	111.1	USD/barril	Costo aproximado por disposición, transporte y almacenamiento de materiales peligrosos en barriles (42gal), el precio incluye el costo de infraestructura para el almacenamiento. Este costo unitario deriva de un proyecto para la disposición de 4500 barriles de materiales peligrosos a un costo de 500,000 USD.
Fuente				
Estimación de costos de cierre de minas (John Brodie, P ENG)				
Disponibilidad online				
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierreminas/02_T%C3%A9cnico/12_Costos/TecCost_Presentaci%C3%B3n.pdf				

Tabla N°92: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para los seres vivos	sistema para la disposición de residuos	70.0	USD/Ton	El costo presentado es un valor aproximado al costo de la disposición de residuos por tonelada, el cual incluye los costos de recolección, transferencia y disposición final. El valor se ha extraído de un trabajo de diagnóstico de residuos sólidos de América Latina y el Caribe, el costo presentado no corresponde a la actividad minera en específico, sin embargo, nos brinda un valor bastante cercano al costo y manejo de residuos en general.
Fuente				
Fuente : Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe (Guido Acurio, Antonio Rossin, Paulo Fernando Teixeira, Francisco Zepeda)				
Disponibilidad online				
http://www.bvsde.paho.org/acrobat/diagnost.pdf				

Tabla N°93: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Condiciones peligrosas para los seres vivos 5.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación química por solución de agua	Sistema de monitoreo de agua	8,100.0	Und	Costo por evento, Monitoreo de aguas Superficiales y Efluentes (10 estaciones aprox), cabe considerar que el presente monitoreo se debe realizar como mínimo trimestralmente, el costo anual puede ascender los 30,000 USD.
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°94: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Contaminación química por solución de agua 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Contaminación química por solución de agua	Sistema de tratamiento y recirculación de agua	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms, la plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requema Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°95: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Contaminación química por solución de agua 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°96: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Dispersión de metales pesados.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Sistema de monitoreo de la calidad del aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°97: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Dispersión de metales pesados 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Sistema de monitoreo del proceso de lixiviación	0.1	USD/tms	El costo aproximado de floculación (proceso que facilita la sedimentación) y sedimentación gravitacional de tratamiento total de agua Mina y relave de concentradora será de 0.13 USD/Tms, la plata para el tratamiento de aguas residuales requiere una inversión inicial de 383,133.0 USD.
Fuente				
Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar (Manueal Requena Mendizabal, 2008)				
Disponibilidad online				
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/622/1/requena_mm.pdf				

Tabla N°98: Medidas de remediación, Lixiviación en pilas, Dispersión de metales pesados 3.

k. Molienda

La molienda es el proceso por el cual se reduce el tamaño el material mineralizado después de un proceso de chancado, por lo general se busca reducir el tamaño del material al punto requerido para el siguiente etapa del proceso de obtención, para este proceso se requiere gran cantidad de energía y agua, en la actualidad dos son los tipos de molinos más usados, los molinos de barra y los molinos de bolas, pero el principio por el cual actúan es bastante

similar, pues los molinos giran y fragmentan el material con la ayuda de las bolas/barras.

Del análisis del proceso de molienda, se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo para la valorización de bloques:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de desperdicio	Creación de áreas apropiadas para la disposición de desperdicios	70.0	USD/Ton	El costo presentado es un valor aproximado al costo de la disposición de residuos por tonelada, el cual incluye los costos de recolección, transferencia y disposición final. El valor se ha extraído de un trabajo de diagnóstico de residuos sólidos de América Latina y el Caribe, el costo presentado no corresponde a la actividad minera en específico, sin embargo, nos brinda un valor bastante cercano al costo y manejo de residuos en general.
	Sistema de monitoreo de desperdicios			
Fuente				
Fuente : Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe (Guido Acurio, Antonio Rossin, Paulo Fernando Teixeira, Francisco Zepeda)				
Disponibilidad online				
http://www.bvsde.paho.org/acrobat/diagnost.pdf				

Tabla N°99: Medidas de remediación, Molienda, Generación de desperdicio.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°100: Medidas de remediación, Molienda, Generación de Polvo y Ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizarán en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°101: Medidas de remediación, Molienda, Generación de Polvo y Ruido 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700_galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°102: Medidas de remediación, Molienda, Generación de Polvo y Ruido 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700_galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°103: Medidas de remediación, Molienda, Dispersión de metales pesados 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Sistema de monitoreo de la calidad del aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°104: Medidas de remediación, Molienda, Dispersión de metales pesados 2.

I. Manejo y disposición de Relaves

Los relaves son el producto que deriva del procesamiento de mineral cuya composición no posee valor económico, los relaves están constituidos por una mezcla de rocas molidas, agua y minerales de poco valor. El desarrollo o construcción de un depósito de relaves es un proceso de vital importancia pues es esta base la que deberá soportar diversos impactos durante el tiempo de vida de la mina cabe mencionar que durante el proceso de desarrollo se pueden presentar también impactos al medio ambiente como impacto en la calidad del agua, suelos o aire. El tiempo de operación de un depósito de relaves tiene inicio con la puesta en marcha de la concentradora y continua a lo largo de la vida de la mina hasta el proceso de cierre. Para finalizar, el proceso de cierre de un depósito de relaves comienza al término de las operaciones de la concentradora y se busca alcanzar una estabilidad tanto física como química del depósito.

Del análisis del proceso de manejo y disposición de relaves, se pudo determinar los siguientes impactos medio ambientales cuyos costos de remediación ambiental no son considerados en el proceso de Costeo para la valorización de bloques:

*Todos los costos presentados están en USD (Dólares Americanos).

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	El valor presentado se extrae del diseño de un sistema de drenaje con capacidad de 94,030 m3 a un valor de 61,706 USD.
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Peru) N°490 año 2018				

Tabla N°105: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión y pérdida de estabilidad	Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil inestable	1,013.5	USD/m2	El costo es de USD/m2. El costo se basa en el desarrollo de viveros para la producción de árboles, retiro y almacenamiento de top soil por un área de 2000 m2 con una inversión de 2,026,986 USD. El costo mostrado representa: instalaciones, equipamiento, servicios, personal técnico y administrativo, mano de obra operativa e insumos consumibles. Al costo final se recomienda añadir un 3% por imprevistos y un 2% de Riesgos.
Fuente				
Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) : J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García (Durango, Dgo., México Junio, 2015)				
Disponibilidad online				
EL documento puede encontrarse en: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Hernandez-Diaz/publication/287194030_SIMULADOR_DE_COSTOS_DE_PRODUCCION_DE_PLANTA_EN_VIVEROS_SIMCOVIV_Version_v1/links/567820cc08ae502c99d56310/SIMULADOR-DE-COSTOS-DE-PRODUCCION-DE-PLANTA-EN-VIVEROS-SIMCOVIV-Version-v1.pdf?origin=publication_detail				

Tabla N°106: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión y pérdida de estabilidad	Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	El costo presentado es el precio por alquiler (arriendo de equipo) por mes, el precio es variable entre 25,000 USD y 30,000 USD dependiendo del modelo del radar, también existe la opción de compra del radar el cual varía entre los 400,000 USD y los 450,000 dependiendo del modelo a utilizarse (configuración estándar, modelo móvil sobre ruedas y autónomos), por último una tercera opción es el servicio de monitoreo remoto, no incluye el uso del radar solo el envío de la data, el cual tiene un costo de 6,000 USD/mes*radar.
Fuente				
Personal - GroundProbe (Chile)				
Disponibilidad online				
GroundProbe				

Tabla N°107: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Erosión	Compactación del terreno	0.9	USD/m3	Costo de nivelación de montículos por m3 de material, para el caso de nivelación de taludes este será de 1.95 USD/m3.
Fuente				
Estimación de costos de cierre de minas (John Brodie, P ENG)				
Disponibilidad online				
http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/cursos_cierreminas/02_T%20C3%A9cnico/1_2_Costos/TecCost_Presentaci%C3%B3n.pdf				

Tabla N°108: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Erosión 4.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de drenaje ácido (AMD)	creación de pozos de sedimentación	1,720,144.0	Und	Costo por la construcción de un depósito de relaves, el costo incluye Diseños y estudios ambientales (EIAD, PCM Ingeniería detallada), como también los costos de construcción (Obras provisionales, Presa, Vaso almacenamiento, sistema de drenaje, costo directo, utilidad, etc.), el costo mostrado es por la construcción de un depósito de relaves con capacidad de 94,030 m3 (126,000 ton).
	sistema de monitoreo y control de drenaje ácido			
	Sistema de tratamiento de aguas residuales			
	Depósito de Relaves			
Fugas de agua	Monitoreo y control de aguas			
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Perú) N°490 año 2018				

Tabla N°109: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de drenaje ácido (AMD) y fugas de agua.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	El costo para el reencauzamiento de aguas o desviación de corrientes es variable, va a depender de las necesidades de la empresa, la ubicación y caudal con el que se va a trabajar, el precio puede variar entre los 5 USD a 15 USD por metro cubico este requerirá un análisis mucho más minucioso, el costo presentado es un costo promedio, se recomienda evaluar cada caso por separado.
	estructuras de reencauzamiento			
Fuente				
Fuentes: Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°110: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Alteración de corrientes naturales.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	El precio mostrado es el costo medio por la colocación de un cerco perimétrico con malla metálica con base de concreto armado, el costo presentado incluye: Obras provisionales, trabajos preliminares, movimiento de tierras, concreto simple, concreto armado, carpintería metálica y pintura. El costo es solo referencial, puede variar en aspectos de materiales o técnicas a utilizar, el precio mostrado deriva de un proyecto para un cerco perimétrico de 513.6 m2 a un costo total de 14,403.03 USD.
	Aislamiento del sistema de relaves			
Fuente				
Fuentes Varias				
Disponibilidad online				
*				

Tabla N°111: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Condiciones peligrosas para la fauna 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Condiciones peligrosas para la fauna	Implementar estructuras de almacenamiento bajo techo	*	USD/m2	El uso de Domos para el aislamiento de minerales, stocks o relaves es una tendencia que va en auge en la minería por su alta eficiencia en la contención de material particulado y controlar la evaporación de químicos, en la actualidad existen dos sistemas que destacan, domos construidos en una base de estructuras de acero reticulado y domos con bases de hormigón recubierta por membranas de PVC presurizada de alta resistencia que actúa como encofrado exterior. El costo es muy variable ya que son estructuras hechos para requerimientos especiales y dependerá de las necesidades de la empresa minera.
Fuente				
Domos en minería estructuras versátiles; Alfredo Saavedra L. periodista construcción minera.				
Disponibilidad online				
Revista construcción minera				

Tabla N°112: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Condiciones peligrosas para la fauna 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°113: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de Polvo 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	Costo de un colector de polvo de la marca Weifang Guote Mining Equipment Co.,Ltd., con un área de filtración de 50-170 m ² , con tamaño mínimo de partícula de 0.5 micrones, con un flujo de aire de 5800-28300m ³ . El equipo cuenta con certificación ISO 9001.
Fuente				
Weifang Guote Mining Equipment Co				
Disponibilidad online				
EL equipo puede encontrarse en Alibaba : https://www.alibaba.com/product-detail/Wood-Industrial-cleaning-machine-mining-dust_60870660861.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.44.442935ad8qAZxP&s=p				

Tabla N°114: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de Polvo 2.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo	Riego	6.9	USD/Km2	El costo presentado deriva del concepto de 1 año de riego de vías de una long. de 17 km y un ancho de 30m (510,000 m ²) de manera diaria (300 días), con un presupuesto de 1,054,000 USD, derivándose en un costo unitario de 6.89 USD/Km ² de riego. El costo incluye, costo del agua, costo operación de cisternas, costo de mantenimiento de cisternas, costo aplicación de aditivo y monitoreo.
Fuente				
Control de polvo en los caminos de acarreo en minas de superficie - Ing. Tulio Antezano				
Disponibilidad online				
http://iimp.org.pe/pptjm/jm20150514_control-de-polvo.pdf				

Tabla N°115: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Generación de Polvo 3.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	sistema de control de pozas	1,720,144.0	Und	Costo por la construcción de un depósito de relaves, el costo incluye Diseños y estudios ambientales (EIAD, PCM Ingeniería detallada), como también los costos de construcción (Obras provisionales, Presa, Vaso almacenamiento, sistema de drenaje, costo directo, utilidad, etc.), el costo mostrado es por la construcción de un depósito de relaves con capacidad de 94,030 m ³ (126,000 ton).
Fuente				
Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos. (Dr. Jorge Enrique Soto Yen)				
Disponibilidad online				
Revista minería (Perú) N°490 año 2018				

Tabla N°116: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Dispersión de metales pesados

1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Dispersión de metales pesados	Sistema de monitoreo del aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos. La etapa de muestreo se dividirá en: Muestreo de Partículas en Suspensión (PM-10 y PM-2.5), Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre, Hidrógeno Sulfurado y Ozono.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°117: Medidas de remediación, Manejo y disposición de Relaves, Dispersión de metales pesados

2.

3.3.2.- Costos de categoría II

Los costos de categoría II o segunda categoría son aquellos costos asociados al cierre de la operación minera, estas son las últimas medidas de remediación medio ambiental que la empresa minera debe asumir. El cierre de minas es un proceso de larga duración e inicia incluso antes de acabar las reservas minerales con el objetivo de evitar dejar áreas contaminadas o algún tipo de pasivo ambiental.

Al iniciar el proceso de cierre de mina la empresa tiene la obligación de realizar todas las acciones necesarias para que el ambiente concesionado sea rehabilitado, brindando como resultado final un ambiente saludable, seguro y apropiado para el desarrollo de la vida. El cierre de minas se puede dividir en tres partes: Cierre progresivo, final y post cierre.

El desmantelamiento es un proceso que involucra la demolición de todas las edificaciones e infraestructuras que ya no van a ser usadas, a excepción de ciertos elementos construidos e instalaciones que puedan tener un valor de uso

o una utilidad para el monitoreo post cierre. Una vez desmanteladas las edificaciones y estructuras se deben tratar in situ y/o retirar todos los elementos ajenos al terreno natural con el objetivo de devolver al ecosistema un ambiente lo más similar posible a la encontrada en un inicio o en su defecto tratar de mejorarla.

La rehabilitación por su parte se enfoca en devolver al ambiente las mismas condiciones que presentaba antes de iniciar la operación minera.

Finalmente, el Post cierre es el proceso que se encarga de monitorear y controlar la estabilidad física y química del ambiente donde operó la minera, por ejemplo, monitorear la calidad del agua y aire, la estabilidad de las superficies, reintegración de la flora y fauna, entre otras.

Todas las partes mencionadas anteriormente se consolidan en el plan de cierre de minas, este es un instrumento medio ambiental que consiste en desarrollar de forma detallada todas las acciones que el titular de la concesión minera realizará para devolver la concesión en condiciones ambientales adecuadas de acuerdo a los compromisos ambientales y legislación vigente. Cabe mencionar, que el plan de cierre de minas deberá describir las medidas de rehabilitación, su costo, la oportunidad y los métodos de control y verificación para las etapas de operación, cierre final y post cierre. Asimismo, deberá indicar el monto y plan de constitución de garantías ambientales exigibles en caso de incumplimiento.

Para el desarrollo de costos de categoría II la recopilación de la data necesaria dependerá del método de minado, magnitud de la operación y tipo de mineral, sin embargo, comparten la mayoría de medidas de restauración, a continuación, se presentará un compendio de las principales acciones necesarias para el cierre progresivo, cierre final y post cierre.

A.- Cierre Progresivo

El cierre progresivo va a abarcar como principales componentes la restauración de los suelos o revegetación de pilas y el desmantelamiento de instalaciones que tuvieron un objetivo específico y de poca vida útil.

Ya habiéndose considerado el costo de almacenamiento y remoción de top soil en la Categoría I, en el apartado de cierres progresivos se considerarán

únicamente los costos para el desmantelamiento de ciertas instalaciones en general de poca envergadura y que dejaron de ser útiles antes de acabar con las reservas minerales y, además, también el recubrimiento con vegetación de superficies o pilas que culminaron la etapa de vida útil.

	Medidas	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Desmantelamiento	Desmontaje de equipos	4,085.2	USD/TM	Los costos presentados han sido extraídos del plan de cierre de mina de Cerro Corona (Goldfields), estos datos son utilizados únicamente con fines de estudio. Estos costos unitarios pueden ser utilizados como referencia para múltiples instalaciones e infraestructuras.
	Transporte de equipos	156.2	USD/TM	
	Desmontaje de estructuras metálicas	1,007.0	USD/TM	
	Transporte de estructuras metálicas	148.4	USD/TM	
	Demolición de estructuras de concreto	130.2	USD/m3	
	Colocación de TOP SOIL	6,080.6	USD/ha	
Fuente				
V ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE CIERRE DE MINA DE CERRO CORONA OPTIMIZACIÓN DE OPERACIONES DE MINA				
Disponibilidad online				
Privada				

Tabla N°118: Desmantelamiento en Cierre progresivo, estructuras en general.

El desmantelamiento a la vez también genera diversos impactos ambientales que deben ser tomados en cuenta como la generación del polvo y ruido.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de la calidad del aire	1,329.2	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo, Los parámetros del monitoreo van a apoyarse en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2008-MINAM . La metodología del monitoreo tiene una etapa de pre muestreo, la cual consiste en: Preparar las soluciones captadoras y materiales a ser utilizados dependiendo de los análisis programados, Confeccionar una lista de equipos, materiales y reactivos que deberán ser llevados a campo, Contar con una hoja de ruta en la cual deberán estar las ubicaciones de las estaciones y el cronograma de monitoreo, así como las cadenas de custodia de las muestras y Calibrar los equipos e instrumentos.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°119: Desmantelamiento en Cierre progresivo, Generación de Polvo y Ruido 1.

Impacto	Medidas de remediación	Costo de Remediación	Unidad	Información adicional
Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	El precio mostrado es el costo unitario por monitoreo. Los parámetros de control de los niveles de ruido ambiental se tomarán como referencia los valores límites establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM)(PERU), para la medición, se realizaran en tres modalidades dependiendo de los requerimientos del escenario, siendo estas: mediciones externas, mediciones internas y mediciones internas o externas cercanas a edificios.
Fuente				
PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL * parámetros económicos derivados de: Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes				
Disponibilidad online				
http://www.monitoreoambiental.com/download/18.%20Plan%20de%20Monitoreo%20Ambiental%20Aire%20-%20MonitoreoAmbiental.com.pdf				

Tabla N°120: Desmantelamiento en Cierre progresivo, Generación de Polvo y Ruido 2.

Finalmente, los costos asociados a la implementación de cobertura y revegetación.

Medidas	Costo de Remediación	Unidad
Colocación de TOP SOIL	6,080.64	USD/ha

Tabla N°121: Costos: Colocación de topsoil.

Otros costos asociados a la revegetación:

Medidas	Acciones	Costo de Remediación	Unidad
Nivelación	Nivelación de montículos	0.85	USD/m3
	Nivelación de taludes	1.95	USD/m3
Cobertura	Material granular	5.97	USD/m3
	Capa de baja permeabilidad	8.95	USD/m3
	substrato para vegetación	3.2	USD/m3
Vegetación	Proporcionar y esparcir semillas	1595	USD/ha

Tabla N°122: Otros costos asociados a la revegetación.

B.- Cierre Final

Para el cierre final se considerarán todos aquellos costos asociados a la remoción, desmantelamiento, revegetación a realizarse una vez se haya culminado la etapa productiva de la unidad minera.

Según el reglamento de cierre de minas Ley N° 28090 (PERÚ) el cierre final se puede definir como: << Conclusión definitiva de las actividades para el cierre de todas las labores, áreas e instalaciones de una unidad minera, que por razones operativas, no hayan podido cerrarse durante la etapa productiva o comercial, de modo tal que se garantice el cumplimiento de los objetivos de cierre contemplados en el Plan de Cierre de Minas aprobado y cuya adecuada ejecución ha sido verificada a través de una auditoría integral dispuesta por la autoridad competente, sin perjuicio de las actividades de post cierre que deberán continuar ejecutándose en el marco de la legislación ambiental vigente >>.

Los precios unitarios son aproximados y derivados de una operación a cielo abierto de Cobre con material dispersado de oro con una capacidad de planta de 20 Ktpd trabajando a un ritmo de 850 Tph con disponibilidad al 95 %.

Los costos van a variar de mina a mina, sin embargo, los costos y actividades presentadas pueden ser utilizados como referencia para la aplicación en la formulación propuesta. Las principales acciones y costos necesarios para el cierre final son las siguientes:

Costos incurridos en el cierre final, Mina:

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
CIERRE FINAL		
MINA		
Tajo, poza de bombeo y de colección		
Construcción de Berma Perimétrica	m3	6.07
Instalación de Señales de Advertencia	Und	113.54
Adición de Cal para Tratamiento de Agua	TM	62.49
Desmontaje de Geomembrana en pozas	m2	0.8
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1 (para pozas de colección y bombeo)	ha	20,140.64
Bombeo de TSF (Tailings storage facilities) al Tajo (operación y mantenimiento)	año	13,651.89

Tabla N°123: costos para el Cierre final - Mina.

Costos incurridos en el cierre final, Instalaciones de procesamiento:

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
CIERRE FINAL		
INSTALACIONES DE PROCESAMIENTO		
Planta Concentradora		
Equipo Mecánico	Lote	1,108,718.38
Electricidad e Instrumentación	Lote	1,076,294.41
Conexiones	m	143.11
Transporte de Equipos	Lote	3,714,599.76
Acero Estructural	TM	402.71
Acabados de Arquitectura	Lote	438,407.95
Concreto	m3	69.34
Materiales Mecánicos a Granel	TM	783.55
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Chancadoras Primarias Portátiles		
Desmontaje de Equipos móviles	TM	244.67
Transporte de Equipos	TM	156.18
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Sistema de Chancado de Pebbles		
Desmontaje de Equipos móviles	TM	244.67
Transporte de Equipos	TM	156.18
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Silo de Cal		
Desmontaje de Equipos móviles	TM	244.67
Transporte de Equipos	TM	156.18
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Concentrador gravimétrico		
Desmontaje de Equipos móviles	TM	244.67
Transporte de Equipos	TM	156.18
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Molienda Terciaria y generadores		

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
Desmontaje de Equipos móviles	TM	244.67
Transporte de Equipos	TM	156.18
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Sistema de Lavado		
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15

Tabla N°124: costos para el Cierre final - Instalaciones de procesamiento.

Costos incurridos en el cierre final, Instalaciones de manejo de residuos y suelo orgánico:

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
CIERRE FINAL		
INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS Y SUELO ORGÁNICO		
Instalaciones de Manejo de Relaves		
<i>Presa, Depósito de Relaves, UCB y RCB</i>		
Construcción de Vertedero	Global	39,955.11
Construcción de Canal de Descarga	Global	1,408,002.45
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 4	ha	149,540.64
<i>Tuberías de Transporte de Relaves</i>		
Desmontaje de Tubería	m	20.49
Transporte de Equipos del Sistema de relaves	Global	47,906.80
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
<i>Estación de Bombeo</i>		
Desmontaje de Equipos	TM	4,085.20
Transporte de Equipos	TM	156.18
Desmontaje de Tubería	m	13.66
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
<i>Depósito de Desmonte</i>		
Construcción de Canales de Drenaje	Global	140,409.83
Construcción de Canal de Derivación	Global	618,574.68
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 4	ha	149,540.64
Depósitos de Suelo Orgánico		

Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	6,080.64
Depósito y Sistema de Sedimentación		
Desmontaje de Geomembrana	m2	0.8
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Depósito Andenes		
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	6,080.64

Tabla N°125: costos para el Cierre final - Instalaciones de manejo de residuos y suelo orgánico.

Costos incurridos en el cierre final, Instalaciones para el manejo de aguas:

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
CIERRE FINAL		
INSTALACIONES PARA EL MANEJO DE AGUAS		
Infraestructura para el Manejo de Agua Fresca y de Agua Potable		
Planta de Tratamiento de Agua Potable		
Desmontaje de Equipos	TM	4,085.20
Transporte de Equipos	TM	156.18
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Planta de Tratamiento de Agua Industrial		
Desmontaje de Equipos	TM	4,085.20
Transporte de Equipos	TM	156.18
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Otra Infraestructura de Manejo de Aguas Pluviales		
Sistema de Floculación y Sedimentación		
Desmontaje de Geomembrana	m2	0.8
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Desmontaje de Equipos	TM	4,085.20
Transporte de Equipos	TM	156.18
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64

Tabla N°126: costos para el Cierre final - Instalaciones para el manejo de aguas.

Finalmente, los costos incurridos en el cierre final, Campamento, oficinas, talleres, almacenes y otros:

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
CIERRE FINAL		
CAMPAMENTO, OFICINAS, TALLERES, ALMACENES Y OTROS		
Campamento de Operación e Instalaciones Asociadas y Ampliación		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Desmantelamiento de Tanque de Gas Propano	Global	5,644.00
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	1.53
Desmantelamiento de Planta de Agua Potable	Global	135,456.00
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Retiro de Instalaciones Sanitarias y Eléctricas	Global	113.61
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Oficinas Administrativas / Taller de Mantenimiento Arpón		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Taller de Mantenimiento		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Oficinas Relaciones Comunitarias		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Oficinas Administrativas		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Almacén General		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras en Almacén General	Global	15,537.30
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Almacén de Testigos		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Almacén de Reactivos		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Otro tipo de Almacén		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	1.53
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Sistema de Suministro y Distribución de Combustible		
Desmontaje de Equipo s	TM	4,085.20
Transporte de Equipos	TM	156.18
Desmantelamiento de Estructuras Metálicas (incluye tanques)	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Almacenamiento de Residuos Peligrosos		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	1.53
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Almacenamiento de Residuos Sólidos		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	1.53
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Cancha de Almacenamiento temporal de chatarra		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	148.37
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	1.53
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Laboratorio Metalúrgico		

Descripción	Unidad	Precio Unitario
		(US\$)
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas laboratorio	Global	5,473.60
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Posta Médica		
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras de posta médica	Global	1,533.18
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Almacén de Explosivos (Polvorín)		
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas polvorín	Global	3,960.43
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Planta Portátil de Clasificación de Agregados		
Desmontaje de Equipos móviles	TM	244.67
Transporte de Equipos	TM	156.18
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1,007.02
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	130.15
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Barriles de pruebas geoquímicas		
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Accesos Internos		
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	20,140.64
Reconformación topográfica	m3	2
DISPOSICIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS		
Disposición y Manejo de Residuos Sólidos	mes	5,500.00

Tabla N°127: costos para el Cierre final - Campamento, oficinas, talleres, almacenes y otros.

C.- Post – Cierre

Las operaciones de Post Cierre buscan asegurar que todas las labores realizadas en la etapa de cierre de mina mantengan sus condiciones de estabilidad y seguridad a lo largo del tiempo. Durante el periodo de post cierre se espera lograr que el medio ambiente recupere un determinado grado de calidad ambiental, es necesario e indispensable asegurar que estas medidas de recuperación y restauración ambiental, cumplan y estén haciendo cumplir de

manera efectiva, los requerimientos determinados por la legislación vigente y determinados en los compromisos ambientales de la empresa.

El proceso de Post-Cierre tiene así por finalidad, la observación, medición y evaluación periódica de la estabilidad física, la estabilidad química y del manejo de aguas en el área de influencia de la unidad minera durante la etapa de abandono con el objeto de verificar la eficacia de las obras de Cierre realizadas.

Las principales acciones y costos necesarios para el proceso de post cierre son las siguientes:

Descripción	Unidad	Precio Unitario (US\$)
MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST-CIERRE		
TAJO		
Inspecciones Visuales Paredes del Tajo y Sistema de Barrera	Und	1,000.00
Inspección de Señales de Advertencia	Und	250
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas en Canales de Canteras	Und	15,000.00
Mantenimiento de Canales en Canteras	Und	30,000.00
Mantenimiento de Señales de Seguridad	Und	500
Monitoreo Geotécnico y del Nivel de Agua en el Tajo	Und	6,000.00
PRESA Y DEPÓSITO DE RELAVES		
Inspecciones Visuales de Presa de Relaves, Canales, Sistema de Recolección	Und	1,500.00
Mantenimiento y Calibración de Sismógrafo y Piezómetros	Und	3,000.00
Monitoreo de la Estabilidad Física de la Presa y Depósito de Relaves (Lectura de Sismógrafos y Piezómetro)	Und	5,000.00
Monitoreo del Nivel de Agua en la Poza de Agua Superficial	Und	1,500.00
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas en el Canal y Vertedero	Und	15,000.00
Mantenimiento de las Paredes de los Canales y Vertedero	Und	30,000.00
MANTENIMIENTO DE PRESAS SUBÁLVEAS DE BAJO VOLUMEN (LVUs) *PRESAS SUBÁLVEAS: son presas para la interceptación de flujo subsuperficial.		
Inspecciones Visuales - Semestral	Und	1,500.00
Monitoreo de la Estabilidad Física	Und	3,000.00
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas	Und	15,000.00
Mantenimiento de las Paredes de los Canales y Vertederos	Und	30,000.00
MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE DESMONTE		
Inspecciones Visuales de los Depósitos de Desmonte	Und	1,000.00

Descripción	Unidad	Precio Unitario (US\$)
Inspecciones Visuales de Canales de Derivación	Und	1,000.00
Mantenimiento y Calibración de Piezómetros	Und	10,000.00
Monitoreo de la Estabilidad Física de los Depósitos de Desmonte (Lectura de Piezómetro y Mediciones Topográficas)	Und	10,000.00
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas en Canales	Und	15,000.00
Mantenimiento de las Paredes de los Canales	Und	30,000.00
MANTENIMIENTO EN LAS INSTALACIONES DE MANEJO DE AGUA		
Inspecciones Visuales de la Planta de Tratamiento del TSF, Canales de Derivación, Aliviaderos y Vertederos	Und	1,500.00
Mantenimiento de Cunetas y Alcantarillas antes de Lluvias	Und	30,000.00
MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA (Incluye Aseguramiento y Control de la Calidad)		
Monitoreo de Agua Superficial y Efluentes		
Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales y Efluentes	Evento	8,100.00
Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales	Evento	5,400.00
Monitoreo de Agua Subterránea y Manantiales		
Monitoreo de Calidad de Piezómetros y Manantiales	Evento	11,200.00
Monitoreo de Calidad de Piezómetros y Manantiales	Evento	9,200.00
MONITOREOS		
Monitoreo de Calidad de Aire	Evento	13,800.00
Monitoreo de Calidad de Suelos	Evento	2,900.00
Monitoreo de Aguas Marinas	Evento	3,300.00
Monitoreo de Recursos Biológicos Marinos	Evento	2,700.00
MONITOREO BIOLÓGICO		
Monitoreo de Revegetación	Und	1,420.00
Monitoreo de Biología Acuática	Und	3,300.00
Monitoreo de Biología Terrestre	Und	10,900.00

Tabla N°128: costos para el Post Cierre – Tajo, depósitos de relaves, desmontes, manejo de agua y monitoreo.

3.3.3.- Costos de categoría III

Los costos de categoría III o de tercera categoría son aquellos costos asociados a permisos, normativa, legales, costos del propietario 2% , del departamento de ingeniería e ingeniería ambiental 6% , consultas técnicas o materiales especializados para labores específicas de carácter ambiental, etc., por lo cual, estos costos serán bastante variables ya que dependerán de las labores a realizar, el uso de nuevas tecnologías o requerimientos especiales que hayan sido necesarios para la viabilidad de la operación y que deben de ser estudiados y aprobados por una autoridad competente.

PAGOS AMBIENTALES DEL SECTOR MINERO		
Pagos obligatorios	Tributarios	Aportes económicos mineros
		Licencias ambientales
		Aporte por Regulación
		Multas ambientales (sanciones pecuniarias)
	No tributarios	Plan de Manejo Ambiental
		Plan de Monitoreo Ambiental
		Plan de Contingencia Ambiental
		Plan de Compensación Ambiental
		Plan de Cierre de Minas Conceptual
		Plan de Cierre de Minas a nivel de factibilidad
		Plan de Gestión Social
		Otros programas
		Medidas correctivas (sanciones no pecuniarias)
Pagos voluntarios	Proyectos de inversión público-privada ambiental	Asociaciones Público-Privadas
		Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos
	Mecanismos de Responsabilidad Social Empresarial	Sistemas de Gestión de la Calidad Ambiental
		Fondos Ambientales
		Políticas de ecoeficiencia
		Monitoreo participativo
		Otros mecanismos

Tabla N°129: Pagos ambientales del sector minero, Fuente: propuestaciudadana.org.pe.

Para el desarrollo de una operación minera se requiere una serie de permisos que el titular de la actividad minera debe solicitar para el presente caso de investigación se tomara en cuenta la legislación vigente Peruana.

La estructura legal peruana en materia ambiental y aplicable al sector minero se encuentra regulada directamente por el Ministerio de Energía y Minas (MEM) así como por la normativa general del Estado peruano y de otros ministerios.

Según se establece en el Artículo IV del DS N° 016-93-EM, la autoridad competente para asuntos ambientales en el sector minero es el MEM. De acuerdo a este reglamento, el MEM es la única entidad gubernamental responsable en la determinación de políticas de protección ambiental y aprobación de las disposiciones legales normativas relacionadas con las actividades mineras y metalúrgicas en el Perú. El MEM también es responsable de aprobar los estudios ambientales requeridos, tales como el EIA, autorizar su ejecución, así como de hacer cumplir las provisiones establecidas en dichos estudios.

A continuación, se muestra un gráfico que resumen los principales permisos ambientales en la operación minera.

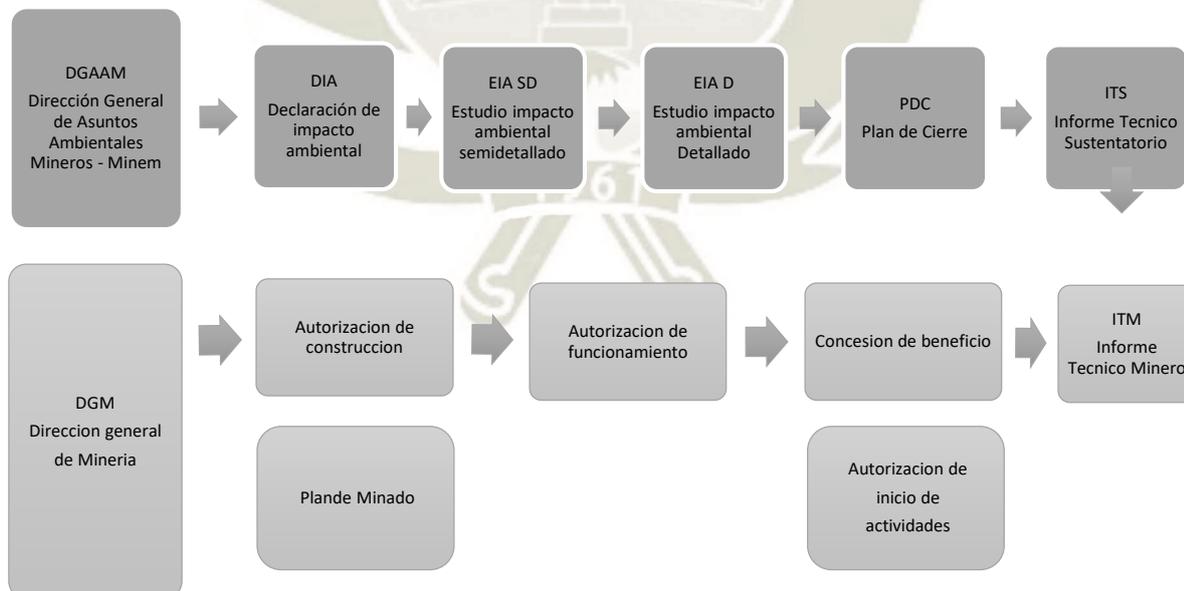


Grafico 3. Permisos Ambientales y Operación minera.

- ✓ (DGAAM): Dirección general de asuntos ambientales Mineros.
- ✓ (DIA): Declaración de Impacto Ambiental.
- ✓ (EIASD): Estudio de impacto ambiental semidetallado.
- ✓ (EIAD): Estudio de Impacto Ambiental detallado.
- ✓ (PDC): Plan de Cierre.
- ✓ (ITS): Informe técnico sustentatorio.
- ✓ (DGM): Dirección general de minería.
- ✓ (ITM): Informe técnico minero.

Permisos requeridos:

La siguiente lista resume los permisos que normalmente se requieren previos a la implementación de un proyecto minero.

- Aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA): El cumplimiento de la legislación ambiental requiere de un proceso separado de obtención de permisos. La ley requiere que se prepare y apruebe un EIA previo al inicio de las operaciones mineras. Además, la ley estipula que los EIA sean preparados por consultores debidamente calificados, previamente autorizados por las entidades pertinentes.
- Permiso de Uso de Aguas: El Ministerio de Agricultura es el encargado de brindar el permiso de uso de aguas, modificaciones de los cauces naturales y/o construcción de obras hidráulicas dentro del área de influencia del Proyecto, la cual debe ser emitida por la Administración Técnica del Distrito de Riego (ATDR).
- Modificación de la Concesión de Beneficio (sin modificar la capacidad): Otorgado por el MEM.
- Autorización Sanitaria de Sistema de Tratamiento y Disposición Sanitaria de Aguas Residuales Industriales y Domésticas: Otorgado por DIGESA.
- Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos: Otorgado por INC.
- Autorización para Desarrollo de Actividades de Generación Termoeléctrica: Otorgado por el MEM – Sector Electricidad.

EL compendio de correspondiente a la legislación ambiental minera y su respectiva institución reguladora se puede encontrar en el capítulo de Anexo.

3.3.4.-Costos de categoría IV

Los costos de Categoría cuatro o de cuarta categoría son aquellos montos relacionados con la estimación de riesgos ambientales derivados de la operación o relacionados a desastres naturales que pudieran causar daños a instalaciones o infraestructura que pudiera derivar en algún daño ambiental mayor.

Para la determinación del riesgo ambiental del proyecto se deberá toma en cuenta los siguientes tipos de riesgo que podemos enfrentar:

Riesgos de carácter monetario: Estos riesgos están relacionados al sobrepaso de los costos previstos para determinada actividad o proyecto producto de una mala estimación de costos en una fase inicial.

Riesgos de incumplimiento de fecha: Son aquellos riesgos asociados a una mala estimación del tiempo requerido para la realización de un proyecto, lo que a su vez conlleva también un aumento de los costos del mismo para acelerar su culminación o la puesta en Standby en la sucesión de tareas de producción.

Riesgos técnicos u operacionales: Estos riesgos son aquellos derivados de problemas técnicos propios del equipo o por error humano, también están relacionados a una mala resolución de problemas o falta de experiencia y de capacitación del personal. Nuevamente se debe mencionar que los riesgos presentados están relacionados entre sí, siendo uno el detonador de otro, traduciéndose al final en un aumento de los costos planificados.

Riesgos externos: Son todos aquellos costos relacionados a los costos de los insumos a futuro, cambios en la legislación minera, desastres naturales, entre otros.

3.3.4.1.- Cálculo del Riesgo

Para el análisis y cálculo de riesgos, primero se debe considerar que este será un valor altamente variable pues dependerá de las condiciones en la cuales se desarrolla la operación minera, para el cálculo y estimación se empleará el manual básico para la estimación del riesgo publicado por el INDECI en el año 2006.

El manual nos permite realizar un cálculo de riesgos considerando los posibles peligros propios de la ubicación en la cual se encuentra el proyecto, lo que hace que la estimación sea ideal para un escenario minero, la formulación presentada permite identificar los principales peligros ya sean de carácter natural o generados por el hombre y realizar un análisis de la vulnerabilidad.

Se consideran los siguientes peligros:

A.- Peligros de Origen Natural:

- Procesos en la superficie de la tierra: Entre los cuales se pueden destacar los deslizamientos, aluviones, derrumbes aludes y erosión fluvial.
- Procesos en el interior de la tierra: Entre los cuales se pueden destacar la actividad volcánica propia de la zona, sismos y maremotos.
- Hidro - meteorológicos y oceanográficos: Entre los cuales tenemos inundaciones, fuertes vientos, lluvias intensas, helada, sequía, granizada, nevadas y oleajes anómalos.
- Biologicos: Estos pueden ser de dos tipos, epidemias o plagas.

B.- Peligros Inducidos por el hombre:

Como su nombre ya lo indica estos son peligros que son generados por la actividad humana, entre los cuales podemos destacar, Incendios (urbanos, forestales o industriales), subversión, fuga de gases, contaminación ambiental, derrame de sustancias químicas y explosiones.

Vulnerabilidad

Por otro lado, el manual de estimación de riesgos también considera la vulnerabilidad, la cual indica el nivel de exposición o debilidad del elemento de análisis frente a un potencial peligro antrópico o de carácter natural. En otras palabras, es la probabilidad de que un elemento ya sea infraestructura, procesos, organizaciones, sistemas, entre otros, sufra algún tipo de daño sea este material o humano.

Se consideran los siguientes tipos de vulnerabilidad

- Vulnerabilidad ambiental o ecológica
- Vulnerabilidad física
- Vulnerabilidad económica
- Vulnerabilidad social
- Vulnerabilidad educativa
- Vulnerabilidad cultural
- Vulnerabilidad política
- Vulnerabilidad científica y tecnológica

Las tablas para el cálculo de la vulnerabilidad se presentan en el capítulo de Anexos N°: 6.8.

Una vez identificados los peligros, que cabe mencionar que son variables de acuerdo a las condiciones previstas del proyecto y realizado el análisis de vulnerabilidad, se puede realizar un cálculo de los riesgos, en otras palabras, determinar la probabilidad de que exista algún tipo de daño o pérdida originado por el hombre o de carácter natural.

El método analítico para el cálculo de los riesgos se basa en la siguiente formula:

$$R = P * V$$

Donde

- R= Es el porcentaje de riesgo.
- P= El porcentaje de peligro.
- V= El porcentaje de Vulnerabilidad.

Se recomienda la utilización del marco teórico y guía para el cálculo de riesgos presentado en el MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DE RIESGOS presentado por el INDECI (Perú).

Las tablas utilizadas para el cálculo de riesgo se presentan en el capítulo de Anexos N° 6.8.

Para el presente proyecto y el desarrollo del caso de estudio se determinará el cálculo del riesgo mediante la siguiente formula, bajo el supuesto de un riesgo de nivel bajo:

Estimación riesgo al 15 %

$$\text{Costos Categoría IV (Riesgo)} = \left(\sum \text{Costos Cat I} + \text{Costos Cat II} + \text{Costos Cat III} \right) * 0.15$$

Estimación riesgo al 20%

$$\text{Costos Categoría IV (Riesgo)} = \left(\sum \text{Costos Cat I} + \text{Costos Cat II} + \text{Costos Cat III} \right) * 0.20$$

Donde el riesgo será estimado en el rango del 15 al 20 % de la sumatoria de los costos de Categoría I (Procesos Mineros), Categoría II (costos de cierre) y Categoría III (costos de Permisos).

3.4.- INTEGRACIÓN DE LOS COSTOS

En la presente sección del trabajo de investigación se presentará la fórmula propuesta, donde se integrarán los costos de remediación medio ambiental en la formulación para la valorización de bloques en la planificación minera.

El desarrollo y determinación de la formula se ha realizado siguiendo los criterios lógicos de costeo minero, donde se ha realizado una recopilado de la data necesaria para su aplicación en las secciones anteriores, la integración de los costos ambientales se presenta en la siguiente formula:

$$\text{Block Value: } ((P_m - D) * Ley * ton * Rec) - (C_m + C_p) - Cra$$

Donde:

- Pm: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Ley: ley mineral (%).
- Rec: porcentaje de recuperación (%).
- Cm: Costo mina (\$/ton).
- Cp: Costo plata (\$/ton).
- Ton: Tonelaje del bloque (tn).
- CrA: costos de remediación ambiental (\$/ton).

También deberemos considerar la Ley de corte, que utilizaremos para determinar que bloque será considerado como material de interés y cual no. Esta será determinada por la siguiente formula:

$$Ley\ de\ corte(\%) = \frac{C_m + C_p}{R(P_m - D)}$$

Donde:

- Pm: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Cm: Costo mina (\$/ton).
- Cp: Costo plata (\$/ton).
- R: Recuperación (%)

Finalmente, la los Costos de remediación ambiental (CrA) representada por la siguiente formula:

$$CrA = \frac{\sum Costos\ Cat\ I + Costos\ Cat\ II + Costos\ Cat\ III + Costos\ Cat\ IV}{\sum Ton_{mineral} + \sum Ton_{desmonte}}$$

Donde:

- Costos Cat I: Costos de categoría I Procesos Mineros (\$).
- Costos Cat II: Costos de categoría II Costos de cierre (\$).
- Costos Cat III: Costos de categoría III Costos de permisos (\$).
- Costos Cat IV: Costos Categoría IV Costo de Riesgo (\$).
- Ton mineral: Toneladas de Mineral (Ton).
- Ton desmote: Toneladas de Desmote (Ton).

Finalmente, la integración completa está representada por la siguiente formula:

$$\text{Block Value: } (P_m - D) * \text{Ley} * \text{ton} * \text{Rec} - (C_m + C_p) - \left(\frac{\sum C. \text{Cat I} + C. \text{Cat II} + C. \text{Cat III} + C. \text{Cat IV}}{\sum \text{Ton}_{\text{mineral}} + \sum \text{Ton}_{\text{desmote}}} \right)$$

Donde Costos de categoría IV serán:

$$\left(\sum \text{Costos Cat I} + \text{Costos Cat II} + \text{Costos Cat III} \right) * 0.15$$

El resultado de aplicar la formula presentada brindará un valor de bloque donde se incluirá los costos de remediación ambiental en el proceso de planificación minera.

3.5.- BENEFICIOS ESPERADOS

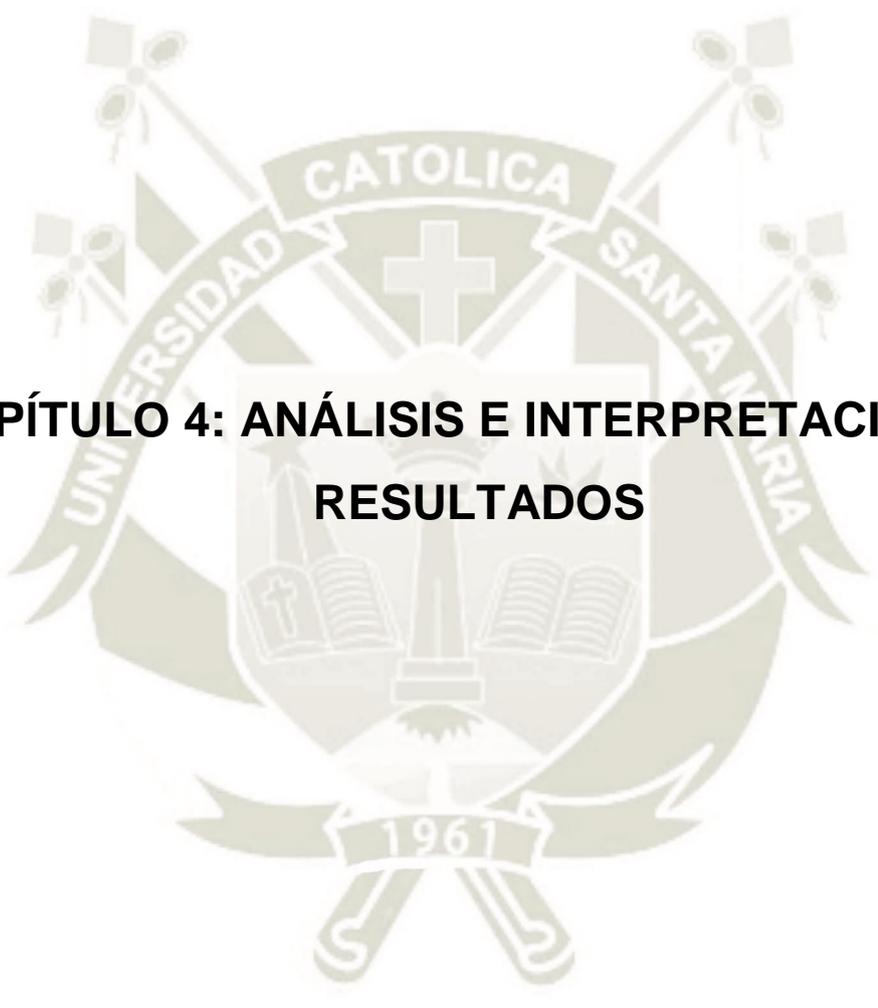
Con la aplicación de la fórmula planteada en el presente proyecto de investigación se pretende obtener una valorización de bloques integral que considere los costos de minado, los costos de planta y los costos de remediación ambiental, siendo estos últimos un costo significativo que merecen ser tomados en cuenta al momento de evaluar la viabilidad de extraer una porción del recurso mineral.

Se espera tener una estimación más precisa del impacto ambiental que generara la operación minera y establecer las medidas de remediación pertinentes para cada operación, brindando así un presupuesto destinado a la remediación de

impactos ambientales evitando de esta manera cualquier tipo de perjuicio ambiental.

Al generar una planificación integral con conciencia ambiental, se espera poder brindar a la población en el área de influencia la seguridad de una operación ambientalmente amigable y que toma la importancia debida al cuidado del ecosistema donde se desarrolla la actividad extractiva. Para las empresas mineras más importantes del mundo, el cuidado del Medio Ambiente es parte de su responsabilidad social y empleo de buenas prácticas que deben plasmaran en las ciudades donde se encuentran ubicadas.





CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.- INTRODUCCION

En el presente capítulo se planteará un caso de estudio, en el cual se pondrá a prueba la fórmula convencional utilizada en planificación minera para el cálculo del valor de bloques frente a la fórmula presentada para la inclusión de costos de remediación ambiental.

Se plantean los siguientes objetivos para el desarrollo del caso de estudio:

- Describir una situación o escenario concreto.
- Proporcionar información, conocimiento o instrucción referente al caso estudiado.
- Comprobar y contrastar la hipótesis planteada frente a un caso en particular.

Los costos asociados a cada operación minera son altamente variables, pues cada una de estas son únicas y presentan diferentes variables como por ejemplo el método de minado, mineral de interés, ubicación, clima, disponibilidad de recursos, etc. por ese motivo se generó la data presentada en el capítulo III donde se puede determinar los costos ambientales asociados a cada operación en relación a los procesos que esta realice, dado que los costos presentados son unitarios, estos pueden ser escalados a la realidad de cada proyecto minero.

El caso de estudio que se presentará a continuación será el medio por el cual será evaluado la aplicación de la formulación planteada en este proyecto de Tesis.

4.2.- CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio planteado hace referencia a una mina de nombre “Mina UCSM” cuyo producto principal es el Cu (Cobre) y como subproducto presenta el Mo (Molibdeno), el escenario planteado considerara el método de explotación a cielo abierto, cuyo modelo de bloques administra el yacimiento mineral en bloques de 20 x 20 metros, con una densidad media de material de 2.5 t/m³.

Para el desarrollo del presente escenario se planteará un costo de mineral de Cu de 2.5 USD/lb y del Mo de 20 USD/kg, además, se considerará una recuperación del 89% y 65% respectivamente.

Finalmente, los costos de minado y planta para una operación a cielo abierto serán de 1.56 USD/ton y 5.3 USD/ton respectivamente.

La siguiente tabla resume las características y parámetros planteados para el desarrollo del caso de estudio.

Caso de estudio Mina	
Nombre	Mina UCSM
Mineral	Cu , Mo
Parámetros	
Dimensión Bloques (m)	20x20x20
Densidad (t/m ³)	2.5
Ton x bloque	20000
Precio Cu (USc/lb)	250
Descuento Cu (USc/lb)	70
Precio Mo (USc/kg)	2000
Descuento Mo (USc/kg)	1000
Recuperación Cu	0.89
Recuperación Mo	0.65
Tasa de Descuento	0.05
Mina a cielo abierto	
Costo Variable Mina (US\$/t)	1.56
Costo Variable Planta (US\$/t)	5.3

Tabla N°130: Parámetros para el caso de estudio Mina.

Para el desarrollo y análisis del caso de estudio se trabajará con una data de 4156 Bloques pertenecientes a un yacimiento real y que solo representan una sección del mismo, la data presentada solo será utilizada con fines académicos, A continuación, se muestra 100 unidades de bloques que es una parte de la data a trabajar la cual se muestra para brindar un contexto al informe debido a la imposibilidad de presentar la totalidad de la data.

Sector	Norte	Cota	Mena	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)
Sector X	190	2010	1	1	1.274	0.037	67	92.6	65
Sector X	190	2030	1	1	1.345	0.037	94	92.8	65
Sector X	190	2050	1	1	1.437	0.045	86	92.9	65
Sector X	190	2070	1	1	1.404	0.047	89	93.0	65
Sector X	190	2090	1	1	1.391	0.049	104	93.1	65
Sector X	190	2110	1	1	1.177	0.060	85	93.2	65
Sector X	190	2130	1	2	0.864	0.069	15	93.3	65
Sector X	190	2150	1	2	0.635	0.069	13	93.1	65
Sector X	190	2170	1	2	0.560	0.019	21	91.2	65
Sector X	190	2190	1	1	0.427	0.019	19	91.1	65
Sector X	190	2210	1	1	0.516	0.026	18	91.0	65
Sector X	190	2230	1	2	0.650	0.033	11	90.9	65
Sector X	190	2250	1	2	0.372	0.028	6	90.8	65
Sector X	190	2270	1	2	0.439	0.024	6	90.7	65
Sector X	190	2290	1	2	0.395	0.018	31	90.5	65
Sector X	190	2310	1	2	0.322	0.013	51	90.4	65
Sector X	190	2330	1	1	0.278	0.013	45	90.3	65
Sector X	190	2350	1	1	0.247	0.012	36	90.1	65
Sector X	190	2370	1	1	0.251	0.012	25	90.0	65
Sector X	190	2390	2	1	0.331	0.006	35	89.8	65
Sector X	190	2410	2	1	0.322	0.007	23	89.6	65
Sector X	190	2430	2	1	0.310	0.008	27	89.5	65
Sector X	190	2450	2	2	0.308	0.008	26	89.3	65
Sector X	190	2470	2	2	0.332	0.012	24	89.1	65
Sector X	190	2490	2	2	0.337	0.016	99	89.0	65
Sector X	190	2510	2	2	0.357	0.009	127	88.8	65
Sector X	190	2530	2	2	0.357	0.006	173	88.7	65
Sector X	190	2550	2	2	0.322	0.005	173	88.6	65
Sector X	190	2570	2	2	0.280	0.004	172	88.5	65
Sector X	190	2590	2	2	0.339	0.004	132	88.5	65
Sector X	190	2610	2	2	0.453	0.004	115	88.4	65
Sector X	190	2630	2	2	0.547	0.005	65	88.4	65

Sector	Norte	Cota	Mena	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)
Sector X	190	2650	2	2	0.376	0.005	61	88.3	65
Sector X	210	2010	1	1	1.164	0.034	59	93.1	65
Sector X	210	2030	1	1	1.185	0.040	99	93.1	65
Sector X	210	2050	1	1	1.227	0.042	89	93.2	65
Sector X	210	2070	1	1	1.185	0.104	15	93.4	65
Sector X	210	2090	1	1	0.991	0.101	14	93.4	65
Sector X	210	2110	1	1	0.713	0.033	13	91.8	65
Sector X	210	2130	1	1	0.554	0.026	16	91.7	65
Sector X	210	2150	1	2	0.417	0.024	19	91.5	65
Sector X	210	2170	1	1	0.398	0.010	22	91.4	65
Sector X	210	2190	1	2	0.411	0.008	20	91.3	65
Sector X	210	2210	1	1	0.384	0.010	21	91.1	65
Sector X	210	2230	1	2	0.365	0.012	80	91.0	65
Sector X	210	2250	1	2	0.350	0.016	27	90.9	65
Sector X	210	2270	1	2	0.347	0.014	31	90.8	65
Sector X	210	2290	1	2	0.348	0.014	41	90.7	65
Sector X	210	2310	1	2	0.330	0.014	50	90.6	65
Sector X	210	2330	1	2	0.325	0.013	25	90.4	65
Sector X	210	2350	1	2	0.335	0.015	25	90.2	65
Sector X	210	2370	1	1	0.378	0.011	20	90.1	65
Sector X	210	2390	1	1	0.374	0.005	25	89.9	65
Sector X	210	2410	2	2	0.354	0.007	19	89.8	65
Sector X	210	2430	2	2	0.371	0.007	26	89.6	65
Sector X	210	2450	2	2	0.381	0.009	23	89.4	65
Sector X	210	2470	2	2	0.363	0.010	30	89.3	65
Sector X	210	2490	2	2	0.568	0.009	133	89.1	65
Sector X	210	2510	2	2	0.446	0.009	176	89.0	65
Sector X	210	2530	2	2	0.281	0.006	159	88.9	65
Sector X	210	2550	2	2	0.252	0.004	155	88.8	65
Sector X	210	2570	2	2	0.261	0.004	127	88.7	65
Sector X	210	2590	2	2	0.356	0.004	102	88.6	65
Sector X	210	2610	2	2	0.430	0.004	65	88.5	65
Sector X	210	2630	2	2	0.432	0.004	34	88.5	65
Sector X	210	2650	2	2	0.366	0.004	38	88.4	65
Sector X	210	2670	2	2	0.301	0.004	41	88.4	65
Sector X	230	2010	1	1	0.774	0.028	26	93.4	65
Sector X	230	2030	1	1	0.793	0.068	13	93.4	65
Sector X	230	2050	1	1	0.765	0.082	15	93.4	65
Sector X	230	2070	1	1	0.724	0.038	7	93.6	65
Sector X	230	2090	1	1	0.692	0.041	7	92.2	65
Sector X	230	2110	1	1	0.515	0.029	12	92.0	65
Sector X	230	2130	1	1	0.405	0.023	15	91.8	65
Sector X	230	2150	1	2	0.466	0.014	18	91.6	65

Sector	Norte	Cota	Mena	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)
Sector X	230	2170	1	2	0.515	0.002	27	91.5	65
Sector X	230	2190	1	2	0.515	0.007	28	91.4	65
Sector X	230	2210	1	2	0.496	0.007	28	91.3	65
Sector X	230	2230	1	2	0.385	0.008	25	91.1	65
Sector X	230	2250	1	2	0.359	0.013	27	91.0	65
Sector X	230	2270	1	2	0.359	0.014	27	90.9	65
Sector X	230	2290	1	2	0.332	0.013	48	90.8	65
Sector X	230	2310	1	2	0.334	0.015	43	90.7	65
Sector X	230	2330	1	2	0.347	0.016	29	90.5	65
Sector X	230	2350	1	2	0.348	0.014	34	90.3	65
Sector X	230	2370	1	2	0.352	0.016	23	90.2	65
Sector X	230	2390	1	2	0.369	0.005	21	90.0	65
Sector X	230	2410	1	2	0.349	0.004	20	89.9	65
Sector X	230	2430	2	2	0.350	0.007	16	89.7	65
Sector X	230	2450	2	2	0.370	0.009	21	89.5	65
Sector X	230	2470	2	2	0.466	0.012	28	89.4	65
Sector X	230	2490	2	2	0.575	0.013	109	89.2	65
Sector X	230	2510	2	2	0.322	0.011	158	89.1	65
Sector X	230	2530	2	2	0.298	0.006	151	89.0	65
Sector X	230	2550	2	2	0.287	0.005	151	88.9	65
Sector X	230	2570	2	2	0.324	0.004	142	88.8	65
Sector X	230	2590	2	2	0.333	0.004	94	88.7	65
Sector X	230	2610	2	2	0.314	0.004	64	88.7	65
Sector X	230	2630	2	2	0.320	0.004	37	88.6	65
Sector X	230	2650	2	2	0.274	0.004	38	88.5	65

Tabla N°131: Muestra 100 Unidades de 4156 de la base de datos.

4.2.1.- Distribución de leyes:

Para expresar la cantidad de un elemento químico en una roca se puede usar porcientos (%), ppm (partes por millón) o gramos por tonelada (g/t). Todas estas medidas son razones entre "Elemento de Interés" / roca total. Es decir, la roca total será 100 en el caso de porcientos o 1.000.000 en el caso de ppm o tonelada. Además, se puede expresar la cantidad en una fracción por peso o por volumen.

A continuación, se observa una imagen de la sección del yacimiento en la que se está trabajando, como se puede apreciar, gran parte del yacimiento presenta una ley bastante alta, en la sección presentada el límite de la superficie está representada por el color Negro pudiéndose distinguir claramente el nivel de la superficie.

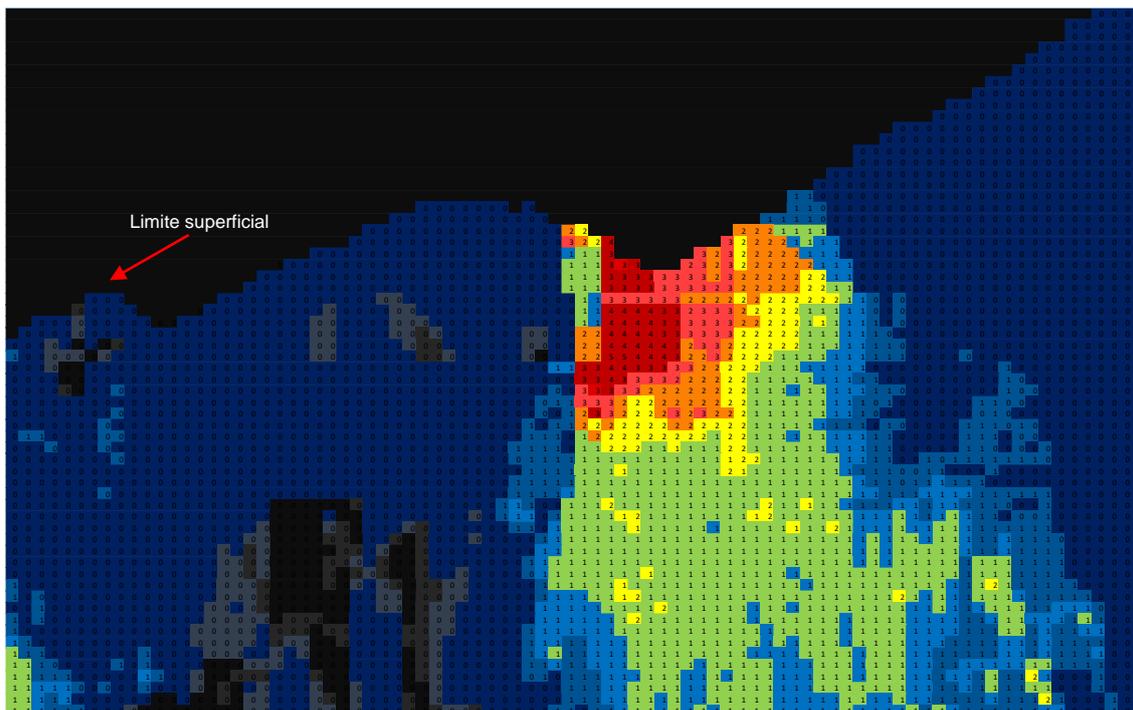


Imagen N° 5: distribución de leyes en el modelo de bloques.

LEYENDA DE LEYES % CU	
	3.000 y superiores
	2.975
	2.475
	1.975
	1.475
	0.975
	0.725
	0.475
	0.225
	0.200
	0.175
	0.15 e Inferiores

Tabla N°132: Leyenda leyes de Cu %, Caso de estudio.

Para determinar la valorización de los bloques primero debemos determinar ciertos indicadores y parámetros que nos serán de utilidad para el análisis del yacimiento en el que estamos trabajando, como por ejemplo la ley equivalente para el Cu y Mo.

4.2.2.- Ley equivalente

La ley equivalente es utilizada para determinar el global de recurso mineral contenido en una porción del macizo, Es decir la ley equivalente considera tanto el recurso principal de extracción del yacimiento como los recursos secundarios, de esta manera se llevan las leyes del subproducto al producto principal obteniendo como resultado una ley que integra todos los minerales de interés.

Nuestro caso de estudio al tener contenido de Cu y de Mo es requerido obtener una ley equivalente para determinar la ley de cada bloque considerando ambos recursos.

La fórmula para determinar la ley equivalente es la siguiente:

$$Leq = Lp + (FC1 \times L1) + (FC2 \times L2) + \dots + (FCn \times Ln)$$

Donde:

- Lp: Ley del producto principal.
- Ln: Ley del subproducto n.
- FCn: Factor de conversión del subproducto n.

El factor de conversión del subproducto "n" (FCn) está representada por la siguiente formula:

$$FCn \text{ (adimensional)} = \frac{((Pn - Des.n) \times Rn)}{((P - Des) \times R)}$$

Donde:

- P: Precio del producto principal.
- R: Recuperación del producto principal.
- Des: Descuento aplicable al precio del producto principal.
- Pn: Precio del subproducto n.
- Rn: Recuperación del subproducto n.
- Des.n: Descuento aplicable al precio del subproducto.

Aplicando la formulación presentada tendríamos los siguientes resultados:

*Para el primer caso tendríamos la siguiente formula:

$$Ley Eq = 1.174 + \left(\frac{(20 - 10) * \left(\frac{65}{100}\right)}{(2.5 - 0.7) * \left(\frac{92.6}{100}\right) * 2.2046} \right) * 0.037 = 1.3390$$

Sector	Norte	Cota	Mena	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq
Sector X	190	2010	1	1	1.274	0.0367	67	92.62	65	1.339
Sector X	190	2030	1	1	1.345	0.0368	94	92.81	65	1.410
Sector X	190	2050	1	1	1.437	0.0450	86	92.91	65	1.517
Sector X	190	2070	1	1	1.404	0.0471	89	93.02	65	1.487
Sector X	190	2090	1	1	1.391	0.0489	104	93.07	65	1.477
Sector X	190	2110	1	1	1.177	0.0602	85	93.20	65	1.283
Sector X	190	2130	1	2	0.864	0.0695	15	93.26	65	0.986
Sector X	190	2150	1	2	0.635	0.0685	13	93.09	65	0.756
Sector X	190	2170	1	2	0.560	0.0191	21	91.25	65	0.595
Sector X	190	2190	1	1	0.427	0.0191	19	91.13	65	0.462
Sector X	190	2210	1	1	0.516	0.0263	18	91.02	65	0.564
Sector X	190	2230	1	2	0.650	0.0331	11	90.90	65	0.710
Sector X	190	2250	1	2	0.372	0.0275	6	90.77	65	0.421
Sector X	190	2270	1	2	0.439	0.0238	6	90.65	65	0.482
Sector X	190	2290	1	2	0.395	0.0177	31	90.53	65	0.427
Sector X	190	2310	1	2	0.322	0.0133	51	90.40	65	0.346
Sector X	190	2330	1	1	0.278	0.0133	45	90.27	65	0.302
Sector X	190	2350	1	1	0.247	0.0120	36	90.12	65	0.269
Sector X	190	2370	1	1	0.251	0.0119	25	89.97	65	0.273
Sector X	190	2390	2	1	0.331	0.0057	35	89.80	65	0.342
Sector X	190	2410	2	1	0.322	0.0071	23	89.63	65	0.335
Sector X	190	2430	2	1	0.310	0.0080	27	89.47	65	0.325
Sector X	190	2450	2	2	0.308	0.0081	26	89.31	65	0.323
Sector X	190	2470	2	2	0.332	0.0117	24	89.13	65	0.353
Sector X	190	2490	2	2	0.337	0.0157	99	88.97	65	0.366
Sector X	190	2510	2	2	0.357	0.0093	127	88.84	65	0.374
Sector X	190	2530	2	2	0.357	0.0064	173	88.73	65	0.368
Sector X	190	2550	2	2	0.322	0.0045	173	88.63	65	0.330
Sector X	190	2570	2	2	0.280	0.0039	172	88.55	65	0.287
Sector X	190	2590	2	2	0.339	0.0043	132	88.47	65	0.347
Sector X	190	2610	2	2	0.453	0.0044	115	88.41	65	0.461
Sector X	190	2630	2	2	0.547	0.0045	65	88.36	65	0.555
Sector X	190	2650	2	2	0.376	0.0046	61	88.32	65	0.385

Sector	Norte	Cota	Mena	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq
Sector X	210	2010	1	1	1.164	0.0342	59	93.08	65	1.224
Sector X	210	2030	1	1	1.185	0.0398	99	93.14	65	1.255
Sector X	210	2050	1	1	1.227	0.0420	89	93.20	65	1.300
Sector X	210	2070	1	1	1.185	0.1037	15	93.37	65	1.367
Sector X	210	2090	1	1	0.991	0.1013	14	93.39	65	1.168
Sector X	210	2110	1	1	0.713	0.0329	13	91.83	65	0.772
Sector X	210	2130	1	1	0.554	0.0261	16	91.66	65	0.600
Sector X	210	2150	1	2	0.417	0.0236	19	91.51	65	0.459
Sector X	210	2170	1	1	0.398	0.0098	22	91.38	65	0.415
Sector X	210	2190	1	2	0.411	0.0078	20	91.26	65	0.425
Sector X	210	2210	1	1	0.384	0.0099	21	91.14	65	0.402
Sector X	210	2230	1	2	0.365	0.0119	80	91.03	65	0.387
Sector X	210	2250	1	2	0.350	0.0158	27	90.92	65	0.378
Sector X	210	2270	1	2	0.347	0.0141	31	90.78	65	0.373
Sector X	210	2290	1	2	0.348	0.0138	41	90.65	65	0.373
Sector X	210	2310	1	2	0.330	0.0141	50	90.56	65	0.356
Sector X	210	2330	1	2	0.325	0.0130	25	90.42	65	0.349
Sector X	210	2350	1	2	0.335	0.0150	25	90.23	65	0.362
Sector X	210	2370	1	1	0.378	0.0111	20	90.08	65	0.398
Sector X	210	2390	1	1	0.374	0.0054	25	89.92	65	0.383
Sector X	210	2410	2	2	0.354	0.0065	19	89.76	65	0.366
Sector X	210	2430	2	2	0.371	0.0071	26	89.61	65	0.384
Sector X	210	2450	2	2	0.381	0.0095	23	89.40	65	0.398
Sector X	210	2470	2	2	0.363	0.0097	30	89.25	65	0.380
Sector X	210	2490	2	2	0.568	0.0091	133	89.12	65	0.585
Sector X	210	2510	2	2	0.446	0.0090	176	88.99	65	0.462
Sector X	210	2530	2	2	0.281	0.0057	159	88.88	65	0.292
Sector X	210	2550	2	2	0.252	0.0036	155	88.78	65	0.259
Sector X	210	2570	2	2	0.261	0.0041	127	88.69	65	0.269
Sector X	210	2590	2	2	0.356	0.0042	102	88.61	65	0.364
Sector X	210	2610	2	2	0.430	0.0043	65	88.55	65	0.438
Sector X	210	2630	2	2	0.432	0.0044	34	88.49	65	0.440
Sector X	210	2650	2	2	0.366	0.0042	38	88.43	65	0.374
Sector X	210	2670	2	2	0.301	0.0040	41	88.39	65	0.308
Sector X	230	2010	1	1	0.774	0.0285	26	93.41	65	0.824
Sector X	230	2030	1	1	0.793	0.0679	13	93.41	65	0.912
Sector X	230	2050	1	1	0.765	0.0820	15	93.42	65	0.908
Sector X	230	2070	1	1	0.724	0.0382	7	93.59	65	0.791
Sector X	230	2090	1	1	0.692	0.0405	7	92.17	65	0.764
Sector X	230	2110	1	1	0.515	0.0289	12	91.97	65	0.566
Sector X	230	2130	1	1	0.405	0.0228	15	91.79	65	0.446
Sector X	230	2150	1	2	0.466	0.0145	18	91.63	65	0.492
Sector X	230	2170	1	2	0.515	0.0020	27	91.49	65	0.519

Sector	Norte	Cota	Mena	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq
Sector X	230	2190	1	2	0.515	0.0066	28	91.37	65	0.526
Sector X	230	2210	1	2	0.496	0.0070	28	91.25	65	0.509
Sector X	230	2230	1	2	0.385	0.0078	25	91.14	65	0.399
Sector X	230	2250	1	2	0.359	0.0129	27	91.00	65	0.382
Sector X	230	2270	1	2	0.359	0.0135	27	90.93	65	0.384
Sector X	230	2290	1	2	0.332	0.0127	48	90.80	65	0.355
Sector X	230	2310	1	2	0.334	0.0151	43	90.67	65	0.361
Sector X	230	2330	1	2	0.347	0.0162	29	90.47	65	0.377
Sector X	230	2350	1	2	0.348	0.0136	34	90.33	65	0.373
Sector X	230	2370	1	2	0.352	0.0161	23	90.18	65	0.382
Sector X	230	2390	1	2	0.369	0.0046	21	90.03	65	0.377
Sector X	230	2410	1	2	0.349	0.0042	20	89.88	65	0.356
Sector X	230	2430	2	2	0.350	0.0066	16	89.67	65	0.362
Sector X	230	2450	2	2	0.370	0.0086	21	89.52	65	0.386
Sector X	230	2470	2	2	0.466	0.0123	28	89.38	65	0.489
Sector X	230	2490	2	2	0.575	0.0134	109	89.25	65	0.599
Sector X	230	2510	2	2	0.322	0.0107	158	89.13	65	0.342
Sector X	230	2530	2	2	0.298	0.0063	151	89.01	65	0.309
Sector X	230	2550	2	2	0.287	0.0046	151	88.91	65	0.296
Sector X	230	2570	2	2	0.324	0.0042	142	88.82	65	0.332
Sector X	230	2590	2	2	0.333	0.0042	94	88.74	65	0.341
Sector X	230	2610	2	2	0.314	0.0042	64	88.66	65	0.322
Sector X	230	2630	2	2	0.320	0.0040	37	88.60	65	0.328
Sector X	230	2650	2	2	0.274	0.0040	38	88.54	65	0.281

Tabla N°133: Ley equivalente, Muestra 100 Unidades de 4156 de la base de datos.

4.2.3.- Ley de corte:

La ley de corte es un indicador que nos brinda información relacionada a la ley de mineral más baja que puede ser explotado en relación a determinado precio del mineral de interés. Es decir, todo material con una ley superior a la ley de corte será denominado como mineral y tendrá como destino la planta de procesamiento, por otro lado, todo material con una ley inferior a la ley de corte será considerado estéril.

Para el cálculo de la ley de corte utilizamos la formula presentada a continuación:

$$Ley\ de\ corte(\%) = \frac{C_m + C_p}{R(P_m - D)}$$

Donde:

- P_m: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- C_m: Costo mina (\$/ton).
- C_p: Costo plata (\$/ton).
- R: Recuperación (%)

En la aplicación para nuestro yacimiento obtendremos la siguiente tabla para diferentes precios del Cu.

Se trabajó con un precio del cobre a 2.5 USD/lb.

$$Ley\ de\ corte(\%) = \frac{C_m + C_p}{R(P_m - D)}$$

Precio Cu (USD/lb)	2.5
Recuperación Cu	0.89
Descuento Cu (USD/lb)	0.7
Costo Variable Mina (US\$/t)	1.56
Costo Variable Planta (US\$/t)	5.3

Tabla N°134: Parámetros mina para la ley de corte.

$$LC = \frac{1.56 + 5.3}{(2.5 - 0.7) * 0.89 * 2204.62} * 100 = 0.19424$$

Dónde: 2204.62 es el factor de conversión de libras a toneladas

Ley de corte crítica	
Precio (USD/lb)	Lc
2.000	0.26894
2.050	0.25898
2.100	0.24973
2.150	0.24112
2.200	0.23308
2.250	0.22556

Ley de corte critica	
Precio (USD/lb)	Lc
2.300	0.21851
2.350	0.21189
2.400	0.20566
2.450	0.19978
2.500	0.19424
2.550	0.18899
2.600	0.18401
2.650	0.17929
2.700	0.17481
2.750	0.17055
2.800	0.16649
2.850	0.16262
2.900	0.15892
2.950	0.15539
3.000	0.15201

Tabla N°135: Ley de corte critica.

4.3.- VALORIZACIÓN DE BLOQUES

Para la estimación del valor de los bloques en el caso de estudio presentado se realizará una comparación del método convencional de valorización frente al método de valorización planteado en la tesis de investigación, por lo cual se dividirá la sección de dos partes:

- Valorización de Bloques Convencional: Donde se hace uso de la metodología de uso común utilizada para la valorización de bloques.
- Valorización de Bloques Integral: Es el método de valorización planteado en la tesis de investigación, en la cual incluye los costos de remediación ambiental en el proceso de valorización de bloques mediante la reparametrización de la formula presentado en el capítulo anterior.

4.3.1.- Valorización de Bloques Convencional

Para el cálculo del valor de bloques convencional se hará uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Block Value: } ((P_m - D) * \text{Ley} * \text{ton} * \text{Rec}) - (C_m + C_p)$$

Donde:

- P_m: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Ley: ley mineral (%).
- Rec: porcentaje de recuperación (%).
- C_m: Costo mina (\$/ton).
- C_p: Costo plata (\$/ton).
- Ton: Tonelaje del bloque (tn).

- **Costos Mina (CM)**

Se consideran Costos Mina, a los costos en US\$/Ton de material movido relacionados con la extracción del mineral, es decir los costos Mina, que incluyen los siguientes procesos:

Como Costos Directos (Costos Mina) (CM):

- Perforación.
- Voladura.
- Carguío.
- Transporte.
- Servicios de apoyo Mina o servicios auxiliares.
- Administración.

Además, también se maneja como un Costo a la Depreciación que se puede sumar al costo final de Costos Mina para obtener un indicador

Mina a cielo abierto	
Costo Variable Mina (US\$/t)	1.56

Tabla N°136: Costo variable Mina.

- **Costos planta (CP)**

Se considera como Costos de Plata o simplemente costos planta, los relacionados con el proceso del mineral (CP) y se expresa en unidades de US\$/Ton de Mineral tratado. Además, se incluyen costos administrativos (en las mismas unidades). Cabe notar que la depreciación de las instalaciones de la planta está incluida dentro del costo de proceso.

Mina a cielo abierto	
Costo Variable Planta (US\$/t)	5.3

Tabla N°137: Costo variable Planta.

La fórmula utilizada para obtener el resultado mostrado a continuación es la siguiente:

*Cálculo para el primer bloque de la muestra.

$$Block\ Value: \frac{(((2.5 - 0.7) * 2204.6) * \frac{1.274}{100} * (20 * 20 * 20 * 2.5) * \frac{92.6}{100}) - ((1.56 + 5.3) * 20 * 20 * 20 * 2.5)}{1000000}$$

= 0.7994MMUSD (Millones de Dolares)

Sector	Norte	Cota	Me na	cat eg	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque MM.USD
Sector X	190	2010	1	1	1.274	0.0367	67	92.617	65	1.339	0.799
Sector X	190	2030	1	1	1.345	0.0368	94	92.809	65	1.410	0.853
Sector X	190	2050	1	1	1.437	0.0450	86	92.906	65	1.517	0.923
Sector X	190	2070	1	1	1.404	0.0471	89	93.021	65	1.487	0.899
Sector X	190	2090	1	1	1.391	0.0489	104	93.070	65	1.477	0.890
Sector X	190	2110	1	1	1.177	0.0602	85	93.198	65	1.283	0.733
Sector X	190	2130	1	2	0.864	0.0695	15	93.259	65	0.986	0.502
Sector X	190	2150	1	2	0.635	0.0685	13	93.091	65	0.756	0.332
Sector X	190	2170	1	2	0.560	0.0191	21	91.248	65	0.595	0.269
Sector X	190	2190	1	1	0.427	0.0191	19	91.129	65	0.462	0.172

Sector	Norte	Cota	Me na	cat eg	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque MM.USD
Sector X	190	2210	1	1	0.516	0.0263	18	91.016	65	0.564	0.236
Sector X	190	2230	1	2	0.650	0.0331	11	90.904	65	0.710	0.332
Sector X	190	2250	1	2	0.372	0.0275	6	90.770	65	0.421	0.131
Sector X	190	2270	1	2	0.439	0.0238	6	90.653	65	0.482	0.179
Sector X	190	2290	1	2	0.395	0.0177	31	90.530	65	0.427	0.146
Sector X	190	2310	1	2	0.322	0.0133	51	90.401	65	0.346	0.094
Sector X	190	2330	1	1	0.278	0.0133	45	90.269	65	0.302	0.062
Sector X	190	2350	1	1	0.247	0.0120	36	90.124	65	0.269	0.039
Sector X	190	2370	1	1	0.251	0.0119	25	89.969	65	0.273	0.042
Sector X	190	2390	2	1	0.331	0.0057	35	89.803	65	0.342	0.099
Sector X	190	2410	2	1	0.322	0.0071	23	89.633	65	0.335	0.092
Sector X	190	2430	2	1	0.310	0.0080	27	89.468	65	0.325	0.083
Sector X	190	2450	2	2	0.308	0.0081	26	89.310	65	0.323	0.081
Sector X	190	2470	2	2	0.332	0.0117	24	89.134	65	0.353	0.097
Sector X	190	2490	2	2	0.337	0.0157	99	88.967	65	0.366	0.101
Sector X	190	2510	2	2	0.357	0.0093	127	88.842	65	0.374	0.115
Sector X	190	2530	2	2	0.357	0.0064	173	88.728	65	0.368	0.114
Sector X	190	2550	2	2	0.322	0.0045	173	88.631	65	0.330	0.089
Sector X	190	2570	2	2	0.280	0.0039	172	88.546	65	0.287	0.060
Sector X	190	2590	2	2	0.339	0.0043	132	88.474	65	0.347	0.101
Sector X	190	2610	2	2	0.453	0.0044	115	88.412	65	0.461	0.181
Sector X	190	2630	2	2	0.547	0.0045	65	88.360	65	0.555	0.246
Sector X	190	2650	2	2	0.376	0.0046	61	88.316	65	0.385	0.127
Sector X	210	2010	1	1	1.164	0.0342	59	93.075	65	1.224	0.723
Sector X	210	2030	1	1	1.185	0.0398	99	93.143	65	1.255	0.738
Sector X	210	2050	1	1	1.227	0.0420	89	93.198	65	1.300	0.770
Sector X	210	2070	1	1	1.185	0.1037	15	93.373	65	1.367	0.741
Sector X	210	2090	1	1	0.991	0.1013	14	93.385	65	1.168	0.597
Sector X	210	2110	1	1	0.713	0.0329	13	91.831	65	0.772	0.382
Sector X	210	2130	1	1	0.554	0.0261	16	91.663	65	0.600	0.266
Sector X	210	2150	1	2	0.417	0.0236	19	91.513	65	0.459	0.165
Sector X	210	2170	1	1	0.398	0.0098	22	91.380	65	0.415	0.151
Sector X	210	2190	1	2	0.411	0.0078	20	91.259	65	0.425	0.160
Sector X	210	2210	1	1	0.384	0.0099	21	91.144	65	0.402	0.140
Sector X	210	2230	1	2	0.365	0.0119	80	91.031	65	0.387	0.127
Sector X	210	2250	1	2	0.350	0.0158	27	90.916	65	0.378	0.115
Sector X	210	2270	1	2	0.347	0.0141	31	90.781	65	0.373	0.113
Sector X	210	2290	1	2	0.348	0.0138	41	90.655	65	0.373	0.113
Sector X	210	2310	1	2	0.330	0.0141	50	90.562	65	0.356	0.100
Sector X	210	2330	1	2	0.325	0.0130	25	90.422	65	0.349	0.096
Sector X	210	2350	1	2	0.335	0.0150	25	90.232	65	0.362	0.103
Sector X	210	2370	1	1	0.378	0.0111	20	90.076	65	0.398	0.133

Sector	Norte	Cota	Me na	cat eg	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque MM.USD
Sector X	210	2390	1	1	0.374	0.0054	25	89.920	65	0.383	0.129
Sector X	210	2410	2	2	0.354	0.0065	19	89.763	65	0.366	0.115
Sector X	210	2430	2	2	0.371	0.0071	26	89.608	65	0.384	0.127
Sector X	210	2450	2	2	0.381	0.0095	23	89.399	65	0.398	0.133
Sector X	210	2470	2	2	0.363	0.0097	30	89.254	65	0.380	0.120
Sector X	210	2490	2	2	0.568	0.0091	133	89.117	65	0.585	0.264
Sector X	210	2510	2	2	0.446	0.0090	176	88.993	65	0.462	0.178
Sector X	210	2530	2	2	0.281	0.0057	159	88.881	65	0.292	0.061
Sector X	210	2550	2	2	0.252	0.0036	155	88.781	65	0.259	0.040
Sector X	210	2570	2	2	0.261	0.0041	127	88.692	65	0.269	0.047
Sector X	210	2590	2	2	0.356	0.0042	102	88.614	65	0.364	0.113
Sector X	210	2610	2	2	0.430	0.0043	65	88.545	65	0.438	0.165
Sector X	210	2630	2	2	0.432	0.0044	34	88.485	65	0.440	0.166
Sector X	210	2650	2	2	0.366	0.0042	38	88.434	65	0.374	0.120
Sector X	210	2670	2	2	0.301	0.0040	41	88.389	65	0.308	0.074
Sector X	230	2010	1	1	0.774	0.0285	26	93.414	65	0.824	0.437
Sector X	230	2030	1	1	0.793	0.0679	13	93.408	65	0.912	0.451
Sector X	230	2050	1	1	0.765	0.0820	15	93.424	65	0.908	0.430
Sector X	230	2070	1	1	0.724	0.0382	7	93.588	65	0.791	0.401
Sector X	230	2090	1	1	0.692	0.0405	7	92.166	65	0.764	0.369
Sector X	230	2110	1	1	0.515	0.0289	12	91.967	65	0.566	0.239
Sector X	230	2130	1	1	0.405	0.0228	15	91.789	65	0.446	0.158
Sector X	230	2150	1	2	0.466	0.0145	18	91.632	65	0.492	0.202
Sector X	230	2170	1	2	0.515	0.0020	27	91.493	65	0.519	0.237
Sector X	230	2190	1	2	0.515	0.0066	28	91.368	65	0.526	0.236
Sector X	230	2210	1	2	0.496	0.0070	28	91.251	65	0.509	0.222
Sector X	230	2230	1	2	0.385	0.0078	25	91.137	65	0.399	0.141
Sector X	230	2250	1	2	0.359	0.0129	27	91.004	65	0.382	0.122
Sector X	230	2270	1	2	0.359	0.0135	27	90.929	65	0.384	0.122
Sector X	230	2290	1	2	0.332	0.0127	48	90.802	65	0.355	0.102
Sector X	230	2310	1	2	0.334	0.0151	43	90.668	65	0.361	0.103
Sector X	230	2330	1	2	0.347	0.0162	29	90.475	65	0.377	0.112
Sector X	230	2350	1	2	0.348	0.0136	34	90.330	65	0.373	0.113
Sector X	230	2370	1	2	0.352	0.0161	23	90.181	65	0.382	0.115
Sector X	230	2390	1	2	0.369	0.0046	21	90.029	65	0.377	0.126
Sector X	230	2410	1	2	0.349	0.0042	20	89.879	65	0.356	0.111
Sector X	230	2430	2	2	0.350	0.0066	16	89.667	65	0.362	0.112
Sector X	230	2450	2	2	0.370	0.0086	21	89.520	65	0.386	0.126
Sector X	230	2470	2	2	0.466	0.0123	28	89.378	65	0.489	0.194
Sector X	230	2490	2	2	0.575	0.0134	109	89.247	65	0.599	0.270
Sector X	230	2510	2	2	0.322	0.0107	158	89.125	65	0.342	0.091
Sector X	230	2530	2	2	0.298	0.0063	151	89.013	65	0.309	0.073

Sector	Norte	Cota	Me na	cat eg	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque MM.USD
Sector X	230	2550	2	2	0.287	0.0046	151	88.911	65	0.296	0.066
Sector X	230	2570	2	2	0.324	0.0042	142	88.819	65	0.332	0.091
Sector X	230	2590	2	2	0.333	0.0042	94	88.737	65	0.341	0.097
Sector X	230	2610	2	2	0.314	0.0042	64	88.663	65	0.322	0.084
Sector X	230	2630	2	2	0.320	0.0040	37	88.597	65	0.328	0.088
Sector X	230	2650	2	2	0.274	0.0040	38	88.539	65	0.281	0.055

Tabla N°138: Tabla calculo valor de bloques convencional.

De la obtención del valor de bloques se puede determinar lo siguiente:

De un total de 4156 bloques se determinó que 3718 se encuentran sobre la ley de corte de 0.1942 % los cuales representan un valor acumulado de 1345.89 Millones de dólares y, además, se determinó que de los 438 bloques que se encuentran por debajo de la ley de corte representan un valor de -34.031 Millones de dólares en dispersión cuya posibilidad de minado es inviable frente a un precio de mineral de 2.5 USD/lb.

Total de bloques	4156	Bloques
SI	3718	Bloques sobre la ley
NO	438	Bloques debajo de la ley
Valor acumulado	1345.894495	MMUSD
Valor de bloques debajo de la ley de corte	-34.03145239	MMUSD

Tabla N°139: Resultados costeo de bloques convencional.

4.3.2.- Valorización de Bloques Integral y CRA

En esta sección se pondrá a prueba la hipótesis planteada en la tesis de investigación.

Para determinar el valor del bloque con la integración de los costos de remediación ambiental debemos primero plantear los costos de remediación incurridos para cada proceso de remediación, para lo cual se planteará un escenario que servirá para evaluar el costo de cada proceso.

PARÁMETROS DEL ESCENARIO		
LOM (life of Mine)	15.00	años
Σ Ton (Mineral y Desmonte) *	7,563,920,000.00	Ton
* Ya que solo se cuenta con una sección del yacimiento mineral para el presente proyecto de investigación, se multiplicara la sección por su largo a 91 bloques de profundidad, generando un modelo de 91 x 91 bloques de base.		

Tabla N°140: Parámetros adicionales para el Caso de estudio.

4.3.2.1.- Calculo de Costos de Categoría I (CAT I)

Como ya se ha descrito en capítulos anteriores, los costos de categoría I se refieren a costos asociados a la remediación ambiental producto de los procesos mineros.

Los costos mostrados han sido procesados según los valores desarrollados en el capítulo III y han sido escalados al escenario propuesto.

Dentro del escenario propuesto se plantea el desarrollo de vías de acceso a la mina las cuales serán labores permanentes, considerándose un diseño de vía de 3 Km de largo y 30 metros de ancho, considerando también que esta labor es de carácter permanente, requerirá un riego a lo largo de la vida de la mina y monitoreos de aire y ruido, adicionalmente se planeó como requerimiento la recolección y almacenamiento de 2000 m² de topsoil.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Vías de Acceso a la Mina	Perdida de vegetación	Almacenes de Topsoil	1,013.5	USD/m2	2000	2,026,980.00	* Almacenamiento y recolección de 2000 m2 de topsoil.
	Generación de polvo y ruido	Colectores de Polvo	10,000.0	Und	0	-	* Se utilizara el método de riego de vías con aditivos para el control de material particulado
		Sistema de monitoreo de calidad del Aire	1,329.2	Und	7	9,304.40	*Se propone un monitoreo mensual para el desarrollo de vías de acceso por el periodo que dure el uso y construcción de dicha vía. (LOM 15 años)
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	7	1,033.83	*Se propone un monitoreo mensual para el desarrollo de vías de acceso por el periodo que dure el uso y construcción de dicha vía. (LOM 15 años)
		Riego de vías con aditivos	6.9	USD/Km ²	492750	3,395,047.50	*El riego se realizará por el periodo que se tiene planificado el uso de la vía (para el caso de estudio esta se realizara para un LOM de 15 años). * Riego de una vía de 3 Km de largo y 30 m de ancho.
	Erosión	Sistema de control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	0	-	* Para el caso no se consideró necesario el requerimiento de un drenaje puesto que se trata de una labor superficial.
		Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	* La labor no requiere un monitoreo de taludes para las vías de acceso superficiales
		Colocación de mallas o planta de árboles para evitar derrumbes.	6,080.6	USD/Ha	0	-	*
Total						5,432,365.73	

Tabla N°141: Costos Categoría I, Vías de Acceso a la Mina.

El escenario presentado también plantea el desarrollo de labores de acondicionamiento del terreno para descarga de material, desarrollo de bocaminas, desarrollo de pit's, pad de lixiviación, entre otros requerimientos. El cual requerirá recolección de topsoil por un área de 7000 m2, Monitoreos anuales por el largo de la vida de la mina, presencia de aguas subterráneas para lo cual requiere un sistema de drenaje y desarrollo de muros de contención.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota	
Acondicionamiento del terreno para descarga de material, desarrollo de bocaminas, desarrollo de pit's, pad de lixiviación, entre otros requerimientos	Pérdida de recurso forestal	Creación de almacenes acondicionados para el almacenamiento de topsoil y viveros para vegetación exótica	1,013.5	USD/m2	7000	7,094,430.00	* Almacenamiento y recolección de 2000 m2 de topsoil.	
		Programa de protección para la fauna de la región	590.8	Und	12	7,089.00	*12 Monitoreos para el periodo de acondicionamiento	
		Programa de protección para la flora de la región	443.1	Und	12	5,316.84	*12 Monitoreos para el periodo de acondicionamiento	
		desarrollo de programa de reforestación y monitoreo de revegetación	443.1	Und	0	-	*Costo a ser considerado en la Categoría II de Cierre	
	Erosión	Control de drenaje de fluidos	5.7	USD/TM	12000	67,800.00	*12K de Material movido con presencia de aguas subterráneas para labores de acondicionamiento.	
		Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil inestable	1,013.5	USD/m2	0	-	*Costo considera en pérdida de recurso forestal	
		Drenaje y sedimentación	0.1	USD/tms	70000	9,100.00	*Drenaje y sedimentación de 70Kde material a tratar para labores de acondicionamiento	
		creación de estructuras de contención	186.6	USD/m2	1200	223,884.00	*Bajo el supuesto que se requiera 1200 m2 de muro de contención.	
		Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	* Se considerara el alquiler de radares en la etapa de excavación del Pit.	
	Pérdida de tierra fértil (tierra agrícola)	Creación de almacenes acondicionados para el almacenamiento de tierra fértil para la agricultura	1,013.5	USD/m2	0	-	*El costo ya se ha considerado.	
	Total						7,407,619.84	

Tabla N°142: Costos Categoría I, Acondicionamiento del terreno.

Como cualquier unidad minera el escenario también plantea el desarrollo de labores de acondicionamiento de terreno para estructuras de administración, vivienda y almacenes. Actividades que tendrán impactos como la generación de polvo y ruido para lo cual se proponen Monitoreos y la colocación de colectores de polvo por el periodo de construcción y acondicionamiento. También se determinó que será conveniente la instalación de un sistema de recirculación de

agua para optimizar el consumo del recurso hídrico y por último se propone un monitoreo trimestral a raíz del impacto de las labores para evaluar la vulnerabilidad del ecosistema.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota	
Acondicionamiento de terreno para estructuras de administración, vivienda y almacenes	Generación de polvo y ruido	Colectores de Polvo	10,000.0	Und	4	40,000.00	* requerimiento para campamento minero, Administración, y almacenes 2 - Periodo estimado de construcción 4 Años.	
		Sistema de monitoreo de calidad del Aire	1,329.2	Und	16	21,267.20	*Monitoreo trimestral 4 Años	
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	48	7,089.12	*Monitoreo mensual 4 años.	
		Riego	6.9	USD/Km ²	43800	301,782.00	*Riego de via de 6 Km de largo con 5 m de ancho diario por 4 años	
	Generación de desperdicios	Almacenes especializados para cada tipo de material, Aceites, gases, líquidos, cementos, etc.	111.1	USD/baril	2300	255,530.00	*2300barriles de materiales peligrosos generados a lo largo del periodo de construcción.	
		Sistema de tratamiento de aguas residuales	0.1	USD/tm ^s	0	-	*	
		Disposición y Manejo de Residuos Sólidos	5,500.0	USD/me ^s	0	-	*	
		Desarrollo de sistema de administración y recirculación de agua	0.1	USD/tm ^s	0	383,133.00	*Costo de planta de recirculación y tratamiento.	
	Vulnerabilidad del ecosistema	Preparación del sitio	3,485.5	Und	16	55,768.00	*Monitoreo trimestral 4 Años	
		Instalaciones para la protección ambiental						
		Otras medidas específicas						
	Total						1,064,569.32	

Tabla N°143: Costos Categoría I, Acondicionamiento del terreno II.

Una de las labores indispensables y de carácter primario es el de perforación y voladura por lo cual el escenario planteado también lo presenta por sus impactos ambientales como es la generación de polvo, ruido y vibraciones. Para lo cual se propone un sistema de monitoreo de polvo y ruido mensual por el periodo de vida de la mina, adicionalmente se considera un sistema para la gestión de los desperdicios.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Perforación y Voladura	Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	180	239,256.00	Mensual por el LOM 15 Años
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	180	26,584.20	Mensual por el LOM 15 Años
	Generación de desperdicio	Disposición y manejo de residuos	70.0	USD/Ton	18000	1,260,000.00	* Generación de 18 K Ton de residuos anuales. Por el Periodo de 15 años
	Ondas de Choque y Vibración	Sistema de monitoreo de Vibración y estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	*Sistema de monitoreo considerado en el desarrollo de Pit
Total						1,525,840.20	

Tabla N°144: Costos Categoría I, Perforación y Voladura.

El proceso de carguío y acarreo es también una labor de carácter primario y por lo tanto es indispensable su incorporación en el escenario de estudio, para el cual se ha determinado los siguientes impactos ambientales: Generación de polvo y ruido, Generación de desperdicio y Alteración de la vegetación colindante.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Carguío y acarreo	Generación de polvo y ruido	Colectores de Polvo	10,000.0	Und	0	-	*Sin presencia de colectores de Polvo
		Sistema de monitoreo de calidad del Aire	1,329.2	Und	60	79,752.00	*Trimestral por el Lom 15 Años.
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	60	8,861.40	*Trimestral por el Lom 15 Años.
		Riego	6.9	USD/Km2	3777750	26,028,697.50	*Riego diario para una vía de 23 Km de largo con 30 m de ancho por el Lom de 15 Años.
	Generación de desperdicio	Creación de áreas apropiadas para la disposición de desperdicios	70.0	USD/Ton	37500	2,625,000.00	*Bajo el supuesto que se genere 37500 Ton de desperdicio anual producto del carguío y acarreo
Alteración de la vegetación colindante	Creación de viveros o refugios para la vegetación de la región	1,013.5	USD/m2	0	-	*Costo considerado en el desarrollo del pit	
Total						28,742,310.90	

Tabla N°145: Costos Categoría I, Carguío y acarreo.

El escenario planteado es para una mina a cielo abierto por lo cual también se consideró los impactos ambientales generados en el proceso de desarrollo del pit que ciertamente van ligados a los procesos de perforación y voladura y carguío y acarreo, sin embargo en este apartado se pretende mencionar impactos que no derivan de los procesos mencionados anterior mente si no directamente relacionados al PIT, como es la generación de drenaje ácido, contaminación de aguas subterráneas, erosión y alteración de la superficie.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Excavación del Pit	acid mine drainage	sistema de tratamiento de drenaje ácido	0.1	USD/tms	7000000	910,000.00	*7000 K con material con requerimiento de drenaje durante el LOM 15, según modelo hidrológico.
	Contaminación de agua Subterránea	Instalación de sistemas de drenaje	0.7	USD/m3	90000	59,040.00	* Sistema de drenaje con capacidad de 90 K m3 de material.
		Desarrollo de un sistema de monitoreo de PH	8,100.0	Und	60	486,000.00	monitoreo trimestral por el LOM de 15 Años.
	Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	0	-	* ya se consideró el costo
		Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	0	-	* ya se consideró el costo
		Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	360	9,000,000.00	* Alquiler de 2 radares por el periodo del LOM15 Años.
	Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua estructuras de reencauzamiento	10.0	USD/m3	0	-	* No se consideró costo de alteración de corrientes.
	Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	0	-	* No se consideró un cerco.
	Alteración de los niveles de agua subterránea	Sistema de monitoreo de aguas subterráneas	11,200.0	Und	60	672,000.00	*Trimestral por el Lom 15 Años.
	Alteración de la superficie	Sistema de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	* ya se consideró el costo
Relleno de áreas inestables		0.9	USD/m3	3200	2,720.00	*3200 m2 que requieren nivelación.	
Total						11,129,760.00	

Tabla N°146: Costos Categoría I, Excavación del Pit.

Ahora bien, toda operación minera a cielo abierto también acarrea consigo el manejo de material estéril para poder llegar al material mineralizado, dicho material también requiere una disposición especial, para lo cual el escenario planteado también considera impactos como es la generación de polvo, ruido y medidas de remediación como la instalación de cercos perimétricos para el cuidado de la fauna local.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Disposición de material estéril	Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	60	79,752.00	*Trimestral por el Lom de la Mina
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	60	8,861.40	*Trimestral por el Lom de la Mina
		Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	0	-	*No se consideró la colocación de un colector de polvo
		Riego de vías	6.9	USD/Km2	0	-	*Costo ya considerado en el acarreo de material.
	Generación de drenaje ácido (AMD)	sistema de monitoreo y control de drenaje ácido	0.1	USD/tms	0	-	*Sin presencia de drenaje
		Sistema de tratamiento de aguas residuales				-	
	Contaminación de agua Subterránea	Instalación de sistemas de bombeo	0.7	USD/m3	0	-	*Sin presencia de aguas subterráneas
		Desarrollo de un sistema de monitoreo de PH	11,200.0	Und	0	-	*Sin presencia de aguas subterráneas
	Erosión	Control de drenaje de fluidos	5.7	USD/TM	0	-	*
		Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	0	-	*
		Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	* No requiere
	Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	0	-	*
		estructuras de reencauzamiento					
	Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	1500	41,625.00	*Por la colocación de 1500 m2 de cerco perimétrico
Total						130,238.40	

Tabla N°147: Costos Categoría I, Disposición de material estéril.

Por otro lado, el Chancado de material, en la actualidad, es un requerimiento necesario para permitir que el material extraído de mina sea apto para posteriores procesos, por lo cual ha sido incluido en el caso de estudio presentado.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Chancado	Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	60	79,752.00	*Trimestral, por el LOM de la Mina
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	60	8,861.40	*Trimestral, por el LOM de la Mina
	Dispersión de metales pesados	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	2	20,000.00	* Se consideró la colocación de 2 colectores.
		Sistema de monitoreo del aire en chancado	1,329.2	Und	15	19,938.00	*Monitoreo general anual.
Total						128,551.40	

Tabla N°148: Costos Categoría I, Chancado.

La lixiviación es uno de los procesos más utilizados en minería para la recuperación del cobre y al igual que los demás procesos mineros también presentan impactos ambientales que requieren ciertas medidas de remediación como es un sistema de control de drenaje de fluidos, sistemas para evaluar la estabilidad de las pilas, Monitoreos, entre otros.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Lixiviación de Pilas	Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.1	USD/tms	6570000	854,100.00	*Pilas de 1200 Ton con requerimiento de drenaje diario por el LOM
		Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	0	-	*Costo considerado en acondicionamiento de terreno.
		Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	* La estabilidad se aseguró por medio de prismas
		Compactación del terreno	0.9	USD/m3	0	-	*Costo considerado en acondicionamiento de terreno.
		drenaje y pozas de sedimentación	0.1	USD/tms	0	-	*
	Generación de drenaje ácido (AMD)	sistema de monitoreo y control de drenaje ácido	0.1	USD/tms	0	-	*
		Sistema de tratamiento de aguas residuales	0.1	USD/tms	0	-	*
		Sistema de estabilización química de las aguas					
	Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	0	-	* el proceso no generó alteración de corrientes
		estructuras de reencauzamiento					
	Condiciones peligrosas para los seres vivos	Instalación de un cerco perimétrico	27.8	USD/m2	1000	27,750.00	* 100 m2 requeridos.
		instalación de redes para la protección de las aves	1.8	USD/m2	0	-	* bajo el escenario que no exista presencia de aves
		Sistema de monitoreo y gestión de agentes químicos	590.8	Und	60	35,445.00	*Trimestral por el LOM
		Instalación de estructuras de almacenamiento de sustancias peligrosas	111.1	USD/barril	8550	949,905.00	* se consideró la generación de desperdicios a 570 barriles por año. Por el LOM de la mina.
sistema para la disposición de residuos		70.0	USD/Ton	63	4,410.00	*Bajo el escenario de generarse 4.2 Ton de residuo anual en el proceso de lixiviación.	
Contaminación química por	Sistema de monitoreo de agua	8,100.0	Und	60	486,000.00	*Trimestral por el LOM	
	Sistema de tratamiento y recirculación de agua	0.1	USD/tms	0	-	*	

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
	solución de agua						
	Dispersión de metales pesados	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	0	-	* El escenario planteado no lo requiere.
		Sistema de monitoreo de la calidad del aire	1,329.2	Und	60	79,752.00	*Trimestral por el LOM
		Sistema de monitoreo del proceso de lixiviación	0.1	USD/tms	0	-	*Costo ya considerado.
Total						2,437,362.00	

Tabla N°149: Costos Categoría I, Lixiviación de Pilas.

El proceso de molienda de material es requerido para poder permitir que el material mineralizado obtenga las dimensiones óptimas para los procesos de planta. Por esa razón se ha incluido este proceso y se han determinado los siguientes impactos: Generación de desperdicios, generación de ruido, polvo y dispersión de metales pesados.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Molienda	Generación de desperdicio	Creación de áreas apropiadas para la disposición de desperdicios	70.0	USD/Ton	8400	588,000.00	*560 ton anuales en generación de desperdicio en Bolas/barras y placas. Por el LOM de la Mina.
		Sistema de monitoreo de desperdicios					
	Generación de Polvo y Ruido	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	60	79,752.00	* Trimestral por el LOM
		Sistema de monitoreo de ruido ambiental	147.7	Und	60	8,861.40	* Trimestral por el LOM
		Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	1	10,000.00	*se consideró la instalación e un Colector.
	Dispersión de metales pesados	Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	0	-	*Costo ya considerado.
Sistema de monitoreo		1,329.2	Und	15	19,938.00	* Monitoreo anual general por el LOM	
Total						706,551.40	

Tabla N°150: Costos Categoría I, Molienda.

El producto de los procesos de planta se puede dividir en dos principales, en concentrados de mineral y relave, por lo cual se ha incluido como actividad la disposición de relaves, debido a la importancia de su adecuado manejo para

evitar la contaminación del ambiente, lo cual requiere un control de fluidos, sistemas de monitoreo y sistemas de tratamiento de agua.

Actividad	Impacto	Medidas de remediación	Costo Unitario	Unidad	Cantidad	Costo Total	Nota
Disposición de relaves	Erosión	Control de drenaje de fluidos	0.7	USD/m3	55000	36,080.00	* Sistema de drenaje para 55 K m3
		Creación de almacenes acondicionados para la conservación de topsoil	1,013.5	USD/m2	0	-	*Costo ya considerado.
		Implementar sistema de control de estabilidad de taludes	25,000.0	USD/mes	0	-	*
		Compactación del terreno	0.9	USD/m3	0	-	*Costo considerado en acondicionamiento de terreno
	Generación de drenaje ácido (AMD)	creación de pozos de sedimentación	1,720,144.0	Und	1	1,720,144.00	*Control de estabilidad y construcción de sistema de drenaje.
		sistema de monitoreo y control de drenaje ácido					
		Sistema de tratamiento de aguas residuales					
		Depósito de Relaves					
		Sistema de estabilización química de las agua					
	Fugas de agua	Monitoreo y control de aguas					
	Alteración de corrientes naturales	Desviación de corrientes de agua	10.0	USD/m3	0	-	*Sin alteración
		estructuras de reencauzamiento					
	Condiciones peligrosas para la fauna	Instalación de cercos perimétricos	27.8	USD/m2	2700	74,925.00	*2700 m2 de cerco perimétrico.
		Aislamiento del sistema de relaves					
		Implementar estructuras de almacenamiento bajo techo	*	USD/m2	0	-	* No se consideró el uso de domos
	Generación de Polvo	Sistema de monitoreo de Polvo	1,329.2	Und	60	79,752.00	* Trimestral por el LOM
		Instalación de colectores de polvo	10,000.0	Und	0	-	*Sin colectores
Riego		6.9	USD/Km ²	0	-	*Costo ya considerado.	
Dispersión de metales pesados	sistema de control de pozas	1,720,144.0	Und	0	-	*Costo ya considerado.	
	Sistema de monitoreo del aire	1,329.2	Und	15	19,938.00	*monitoreo anual general	
Total						1,930,839.00	

Tabla N°151: Costos Categoría I, Disposición de relaves.

Finalmente, la sumatoria de todos los costos de categoría I para determinar el CRA brinda el siguiente resultado:

Costo Total de Categoría I	60,636,008.19	USD
-----------------------------------	---------------	-----

Tabla N°152: Costo Total de Categoría I, Caso de estudio.

4.3.2.2.- Calculo de Costos de Categoría II (CAT II)

Los costos de categoría II o segunda categoría son aquellos costos asociados al cierre de la operación minera, estas son las últimas medidas de remediación medio ambiental que la empresa minera debe asumir. El cierre de minas es un proceso de larga duración e inicia incluso antes de acabar las reservas minerales con el objetivo de evitar dejar áreas contaminadas o algún tipo de pasivo ambiental.

Al iniciar el proceso de cierre de mina la empresa tiene la obligación de realizar todas las acciones necesarias para que el ambiente concesionado sea rehabilitado, brindando como resultado final un ambiente saludable, seguro y apropiado para el desarrollo de la vida. El cierre de minas se puede dividir en tres partes: Cierre Progresivo, Cierre Final y post cierre.

Los costos mostrados han sido procesados según los valores desarrollados en el capítulo III y han sido escalados al escenario propuesto.

A.- Calculo de costos de Cierre progresivo

El cierre progresivo se va generando a lo largo de la operación minera, en la cual se realizan cierres de labores que ya han cumplido los objetivos planteados y por lo cual se clausuran e inician un proceso de cierre que en el común de los proyectos se considera como primera actividad la revegetación del área de influencia de la labor.

CIERRE PROGRESIVO				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS Y SUELO ORGÁNICO				
Pila de Óxido Mineralizado				
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha.	15.7	20,140.64	316,208.05
Depósito de Suelo Orgánico				
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1 (para DSO)	ha	5.16	6,080.64	31,376.10
Depósito de Suelo Orgánico				
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	1.12	6,080.64	6,810.32
SUB TOTAL DE ACTIVIDADES DE CIERRE				354,394.47
OTROS COSTOS DIRECTOS				
Movilización y Desmovilización (5%)				17,719.72
SUB TOTAL DE OTROS COSTOS DIRECTOS				372,114.19

Tabla N°153: Calculo de Costo Categoría II, Cierre progresivo.

B.- Calculo de costos de Cierre Final

El cierre final va a englobar al desmantelamiento y remediación de suelos de las labores e infraestructura minera que hayan generado un impacto en el ambiente, por lo cual se han considerado las siguientes actividades:

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
MINA				
Tajo / Pit				
Construcción de Berma Perimétrica	m3	63,452.50	6.07	385,156.68
Instalación de Señales de Advertencia	Und	30	113.54	3,406.20
Adición de Cal para Tratamiento de Agua	TM	21,000.00	62.49	1,312,290.00
Desmontaje de Geomembrana en pozas	m2	1,730.00	0.8	1,384.00
Implementación de Cobertura y Revegetación (para pozas de colección y bombeo)	ha	0.36	20,140.64	7,250.63

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
Bombeo 2 años de TSF al Tajo (operación y mantenimiento)	año	2	1,026,636.22	2,053,272.44
INSTALACIONES DE PROCESAMIENTO				
Planta Concentradora				
Equipo Mecánico	Lote	1	1,108,718.38	1,108,718.38
Electricidad e Instrumentación	Lote	1	1,076,294.41	1,076,294.41
Conexiones	m	25,000.00	143.11	3,577,625.75
Transporte de Equipos	Lote	1	3,714,599.76	3,714,599.76
Acero Estructural	TM	1,961.20	402.71	789,800.72
Acabados de Arquitectura	Lote	1	438,407.95	438,407.95
Concreto	m3	17,555.00	69.34	1,217,248.97
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	21.09	20,140.64	424,766.10
Chancadoras Primarias				
Desmontaje de Equipos móviles	TM	240	244.67	58,720.80
Transporte de Equipos	TM	240	156.18	37,483.20
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	114	130.15	14,837.10
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	22.8	1,007.02	22,960.06
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	22.8	148.37	3,382.84
Sistema de Chancado de Pebbles				
Desmontaje de Equipos móviles	TM	154.02	244.67	37,684.07
Transporte de Equipos	TM	154.02	156.18	24,054.84
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	216.6	130.15	28,190.49
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	59.1	1,007.02	59,514.88
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	59.1	148.37	8,768.67
Silo de Cal				
Desmontaje de Equipos móviles	TM	1.85	244.67	452.64
Transporte de Equipos	TM	1.85	156.18	288.93
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	137.81	130.15	17,935.97
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	131.05	1,007.02	131,969.97
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	131.05	148.37	19,443.89
Concentrador gravimétrico				
Desmontaje de Equipos móviles	TM	39.06	244.67	9,556.81
Transporte de Equipos	TM	39.06	156.18	6,100.39
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	3.94	1,007.02	3,967.66
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	3.94	148.37	584.58
Molienda Terciaria y generadores				
Desmontaje de Equipos móviles	TM	309.8	244.67	75,798.77
Transporte de Equipos	TM	309.8	156.18	48,384.56

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	130	1,007.02	130,912.60
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	130	148.37	19,288.10
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	360	130.15	46,854.00
Sistema de Lavado				
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	10.54	130.15	1,371.78
INSTALACIONES DE MANEJO DE RESIDUOS Y SUELO ORGÁNICO				
Instalaciones de Manejo de Relaves				
Presa, Depósito de Relaves				
Construcción de Vertedero	Global	1	39,955.11	39,955.11
Construcción de Canal de Descarga	Global	1	1,408,002.45	1,408,002.45
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	57.6	149,540.64	8,613,540.86
Tuberías de Transporte de Relaves				
Desmontaje de Tubería	m	9,000.00	20.49	184,410.00
Transporte de Equipos del Sistema de relaves	Global	1	47,906.80	47,906.80
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	100	130.15	13,015.00
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	165	1,007.02	166,158.30
Estación de Bombeo				
Desmontaje de Equipos	TM	4.5	4,085.20	18,383.40
Transporte de Equipos	TM	4.5	156.18	702.81
Desmontaje de Tubería	m	610	13.66	8,332.60
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	22.7	1,007.02	22,859.35
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	22.7	148.37	3,368.00
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	490	130.15	63,773.50
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.45	20,140.64	9,063.29
Depósitos de Desmote				
Construcción de Canales de Drenaje (Canal Eje 1)	Global	1	140,409.83	140,409.83
Construcción de Canal de Derivación (Canal Eje 3)	Global	1	618,574.68	618,574.68
Construcción de Canales de Drenaje (Canal Eje 2)	Global	1	266,938.21	266,938.21
Construcción de Canal de Derivación (Canal Rápida)	Global	1	380,013.14	380,013.14
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	100.23	149,540.64	14,988,458.35
Depósitos de Suelo Orgánico				
Depósito N° 1				
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	3.11	6,080.64	18,910.79
Depósito N° 2				
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	1.27	6,080.64	7,722.41
Depósito y Sistema de Sedimentación				
Desmontaje de Geomembrana	m2	900	0.8	720

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	120	130.15	15,618.00
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	25.8	6,080.64	156,880.51
Depósito Andenes				
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	1.71	6,080.64	10,397.89
INSTALACIONES PARA EL MANEJO DE AGUAS				
Infraestructura para el Manejo de Agua Fresca y de Agua Potable				
Planta de Tratamiento de Agua Potable				
Desmontaje de Equipos	TM	0.5	4,085.20	2,042.60
Transporte de Equipos	TM	0.5	156.18	78.09
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	20	1,007.02	20,140.40
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	20	148.37	2,967.40
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	18	130.15	2,342.70
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.04	20,140.64	805.63
Plantas de Tratamiento de Agua de Compensación				
Desmontaje de Equipos	TM	0.83	4,085.20	3,390.72
Transporte de Equipos	TM	0.83	156.18	129.63
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	40	1,007.02	40,280.80
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	40	148.37	5,934.80
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	29.88	130.15	3,888.88
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.08	20,140.64	1,611.25
Infraestructura para el Manejo de Aguas Servidas Domésticas				
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas				
Desmontaje de Equipos	TM	0.75	4,085.20	3,063.90
Transporte de Equipos	TM	0.75	156.18	117.14
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	3	1,007.02	3,021.06
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	3	148.37	445.11
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	7	130.15	911.05
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.04	20,140.64	805.63
Infraestructura para el Manejo de Agua Almacenada en el depósito de Relaves y Distribución de Agua Utilizada en Procesos Industriales				
Planta de Tratamiento de Agua Industrial				
Desmontaje de Equipos	TM	0.75	4,085.20	3,063.90
Transporte de Equipos	TM	0.75	156.18	117.14
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	22	130.15	2,863.30
Otra Infraestructura de Manejo de Aguas Pluviales				
Sistema de Floculación y Sedimentación				

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
Desmontaje de Geomembrana	m2	6,152.50	0.8	4,922.00
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	1	1,007.02	1,007.02
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	1	148.37	148.37
Desmontaje de Equipos	TM	0.3	4,085.20	1,225.56
Transporte de Equipos	TM	0.3	156.18	46.85
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	31	130.15	4,034.65
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.81	20,140.64	16,313.92
CAMPAMENTO, OFICINAS, TALLERES, ALMACENES Y OTROS				
Campamento de Operación e Instalaciones Asociadas				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	318.7	1,007.02	320,937.27
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	318.7	148.37	47,285.52
Desmantelamiento de Tanque de Gas Propano	Global	1	5,644.00	5,644.00
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	200	1.53	306
Desmantelamiento de Planta de Agua Potable	Global	1	135,456.00	135,456.00
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	2,330.28	130.15	303,285.94
Retiro de Instalaciones Sanitarias y Eléctricas	Global	4	113.61	454.44
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	2.8	20,140.64	56,393.79
Oficinas Administrativas				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	161.5	1,007.02	162,633.73
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	161.5	148.37	23,961.76
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	598.6	130.15	77,907.79
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	1.7	20,140.64	34,239.09
Nuevo Taller de Mantenimiento				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	161.5	1,007.02	162,633.73
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	161.5	148.37	23,961.76
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	598.6	130.15	77,907.79
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.35	20,140.64	7,049.22
Oficinas Relaciones Comunitarias				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	20.01	1,007.02	20,150.47
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	20.01	148.37	2,968.88
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	20	130.15	2,603.00
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.04	20,140.64	805.63
Almacén General				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	82.5	1,007.02	83,079.15
Transporte de Estructuras en Almacén General	Global	1	15,537.30	15,537.30
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	170	130.15	22,125.50

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
Almacén de Testigos				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	60.94	1,007.02	61,367.80
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	60.94	148.37	9,041.67
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	1,081.80	130.15	140,796.27
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.04	20,140.64	805.63
Almacén de Reactivos				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	19.74	1,007.02	19,878.57
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	19.74	148.37	2,928.82
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	231	130.15	30,064.65
Sistema de Suministro y Distribución de Combustible				
Desmontaje de Equipos	TM	5.75	4,085.20	23,489.90
Transporte de Equipos	TM	5.75	156.18	898.04
Desmantelamiento de Estructuras Metálicas (incluye tanques)	TM	72.6	1,007.02	73,109.65
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	72.6	148.37	10,771.66
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	825.46	130.15	107,433.62
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.86	20,140.64	17,320.95
Almacenamiento de Residuos Sólidos				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	5	1,007.02	5,035.10
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	5	148.37	741.85
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	125	1.53	191.25
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	9	130.15	1,171.35
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.12	20,140.64	2,416.88
Cancha de Almacenamiento temporal de chatarra				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	5	1,007.02	5,035.10
Transporte de Estructuras Metálicas	TM	5	148.37	741.85
Desmantelamiento de Cerco Perimétrico	m	125	1.53	191.25
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	9	130.15	1,171.35
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	0.18	20,140.64	3,625.32
Laboratorio Metalúrgico				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	37	1,007.02	37,259.74
Transporte de Estructuras Metálicas laboratorio	Global	1	5,473.60	5,473.60
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	407	130.15	52,971.05
Almacén de Explosivos (Polvorín)				
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	30	1,007.02	30,210.60
Transporte de Estructuras Metálicas polvorin	Global	1	3,960.43	3,960.43
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	200	130.15	26,030.00
Implementación de Cobertura y Revegetación Tipo 1	ha	1.29	20,140.64	25,981.43

CIERRE FINAL				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$)	Parcial (US\$)
Planta Portátil de Clasificación de Agregados				
Desmontaje de Equipos móviles	TM	90	244.67	22,020.30
Transporte de Equipos	TM	90	156.18	14,056.20
Desmontaje de Estructuras Metálicas	TM	212.6	1,007.02	214,092.45
Demolición de Estructuras de Concreto	m3	449	130.15	58,437.35
Implementación de Cobertura y Revegetación	ha	1.4	20,140.64	28,196.90
SUB TOTAL DE ACTIVIDADES DE CIERRE				46,872,810.71
OTROS COSTOS DIRECTOS				
Movilización y Desmovilización en la Unidad Minera (5%)				2,343,640.54
SUB TOTAL DE OTROS COSTOS DIRECTOS				2,343,640.54
TOTAL COSTOS DIRECTOS				49,216,451.25

Tabla N°154: Calculo de Costo Categoría II, Cierre Final.

C.- Calculo de costos de Post Cierre

Los costos de post cierre minero son el producto de todas las actividades relacionadas a la evaluación, monitoreo y cuidado de labores mineras, que han pasado por el proceso de cierre, pero que requieren un mayor grado de atención a lo largo del tiempo, el cual estará estipulado en el plan de cierre de mina presentado por la unidad minera a la autoridad competente.

POST CIERRE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(US\$)	Parcial (US\$)
MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST-CIERRE				
TAJO CERRO CORONA Y CANTERAS				
Inspecciones Visuales Paredes del Tajo y Sistema de Barrera - Semestral (5 años)	Und	10	1,000.00	10,000.00
Inspección de Señales de Advertencia - Trimestral (5 años)	Und	20	250	5,000.00
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas en Canales de Canteras - Anual (5 años)	Und	5	15,000.00	75,000.00
Mantenimiento de Señales de Seguridad - Anual (5 años)	Und	5	500	2,500.00

POST CIERRE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(US\$)	Parcial (US\$)
Monitoreo Geotécnico y del Nivel de Agua en el Tajo - Semestral (11 años)	Und	22	6,000.00	132,000.00
PRESA Y DEPÓSITO DE RELAVES				
Inspecciones Visuales de Presa de Relaves, Canales, Sistema de Recolección - Semestral (5 años)	Und	10	1,500.00	15,000.00
Mantenimiento y Calibración de Sismógrafo y Piezómetros - Anual (5 años)	Und	5	3,000.00	15,000.00
Monitoreo de la Estabilidad Física de la Presa y Depósito de Relaves (Lectura de Sismógrafos y Piezómetro) - Semestral (5 años)	Und	10	5,000.00	50,000.00
Monitoreo del Nivel de Agua en la Poza de Agua Superficial - Semestral (5 años)	Und	10	1,500.00	15,000.00
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas en el Canal y Vertedero - Anual (5 años)	Und	5	15,000.00	75,000.00
Mantenimiento de las Paredes de los Canales y Vertedero - Anual (5 años)	Und	5	30,000.00	150,000.00
MANTENIMIENTO EN DEPÓSITOS DE DESMONTE				
Inspecciones Visuales de los Depósitos de Desmonte - Semestral (5 años)	Und	10	1,000.00	10,000.00
Inspecciones Visuales de Canales de Derivación - Semestral (5 años)	Und	10	1,000.00	10,000.00
Mantenimiento y Calibración de Piezómetros- Anual (5 años)	Und	5	10,000.00	50,000.00
Monitoreo de la Estabilidad Física de los Depósitos de Desmonte (Lectura de Piezómetro y Mediciones Topográficas) - Anual (5 años)	Und	5	10,000.00	50,000.00
Limpieza de Escombros y Crecimiento de Plantas en Canales - Anual (5 años)	Und	5	15,000.00	75,000.00
Mantenimiento de las Paredes de los Canales - Anual (5 años)	Und	5	30,000.00	150,000.00
MANTENIMIENTO EN LAS INSTALACIONES DE MANEJO DE AGUA				
Inspecciones Visuales de la Planta de Tratamiento del TSF, Canales de Derivación, Aliviaderos y Vertederos - Semestral (5 años)	Und	10	1,500.00	15,000.00
MANTENIMIENTO DE ACCESOS				
Mantenimiento de Cunetas y Alcantarillas antes de Lluvias - Anual (5 años)	Und	5	30,000.00	150,000.00
MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA (Incluye Aseguramiento y Control de la Calidad)				
Monitoreo de Agua Superficial y Efluentes				
Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales y Efluentes (15 estaciones - trimestral x 5 años)	Evento	20	8,100.00	162,000.00
Monitoreo de Calidad de Aguas Superficiales (7 estaciones - semestral x 6 años)	Evento	12	5,400.00	64,800.00
MONITOREO BIOLÓGICO				
Monitoreo de Revegetación - Mensual (6 meses)	Und	6	1,420.00	8,520.00
Monitoreo de Revegetación - Semestral (4 años)	Und	8	1,420.00	11,360.00
Monitoreo de Biología Acuática - Semestral (5 años)	Und	10	3,300.00	33,000.00
Monitoreo de Biología Terrestre - Semestral (5 años)	Und	10	10,900.00	109,000.00
TOTAL DE MANTENIMIENTO Y MONITOREO POST CIERRE				1,443,180.00

Tabla N°155: Calculo de Costo Categoría II, Post Cierre.

4.3.2.3.- Calculo de Costos de Categoría III (CAT III)

Los costos de categoría III o de tercera categoría son aquellos costos asociados a permisos, normativa, legales, costos del propietario 2% , del departamento de ingeniería e ingeniería ambiental 6% , consultas técnicas o materiales especializados para labores específicas de carácter ambiental, etc., por lo cual, estos costos serán bastante variables ya que dependerán de las labores a realizar, el uso de nuevas tecnologías o requerimientos especiales que hayan sido necesarios para la viabilidad de la operación y que deben de ser estudiados y aprobados por una autoridad competente.

Los costos mostrados han sido procesados según los valores desarrollados en el capítulo III y han sido escalados al escenario propuesto.

COSTO DE REMEDIACIÓN EN PROCESOS MINEROS	60,636,008.19
COSTOS CAT III Procesos Mineros	
Costos del Propietario (2%)	1,212,720.16
Proyecto / Ingeniería Ambiental (6%)	3,638,160.49
Gerencia del Proyecto y de la Construcción (8%)	4,850,880.66
Costos de Permisos, Normativos y Legales (3%)	1,819,080.25
TOTAL COSTO CAT III	
	11,520,841.56

Tabla N°156: Calculo de Costo Categoría III, Procesos Mineros.

COSTO CIERRE PROGRESIVO	372,114.19
COSTOS CAT III Cierre Progresivo	
Costos del Propietario (2%)	7,442.28
Proyecto / Ingeniería Ambiental (6%)	22,326.85
Gerencia del Proyecto y de la Construcción (8%)	29,769.14
Costos de Permisos, Normativos y Legales (3%)	11,163.43
TOTAL COSTO CAT III	
	70,701.70

Tabla N°157: Calculo de Costo Categoría III, Cierre Progresivo.

COSTO CIERRE FINAL	46,872,810.71
COSTOS CAT III Cierre Final	
Costos del Propietario (2%)	937,456.21
Ingeniería del Cierre y Ambiental (6%)	2,812,368.64
Gerencia del Proyecto y Construcción del Cierre (8%)	3,749,824.86
Costos de Permisos, Normativos y Legales (3%)	1,406,184.32
TOTAL COSTO CAT III	8,905,834.03

Tabla N°158: Calculo de Costo Categoría III, Cierre Final.

4.3.2.4.- Calculo de Costos de Categoría IV (CAT IV)

Los costos de Categoría cuatro o de cuarta categoría son aquellos montos relacionados con la estimación de riesgos ambientales derivados de la operación o relacionados a desastres naturales que pudieran causar daños a instalaciones o infraestructura que pudiera derivar en algún daño ambiental mayor.

Para el desarrollo del caso de estudio se ha considerado un riesgo del 15 % (Riesgo bajo) según la fórmula planteada en el Capítulo III.

Los costos mostrados han sido procesados según los valores desarrollados en el capítulo III y han sido escalados al escenario propuesto.

*Estimación de riesgo al 15 %, (Riesgo Bajo), la presente estimación será variable según las condiciones de operación previstas, se recomienda la utilización del Manual básico para la estimación del riesgo presentado por el INDECI.

$$\text{Costos Categoría IV (Riesgo)} = \left(\sum \text{Costos Cat I} + \text{Costos Cat II} + \text{Costos Cat III} \right) * 0.15$$

Costos CAT I	
CRA de procesos	60,636,008.19

Tabla N°159: Calculo de Costo Categoría IV, total Cat I.

Costos CAT II	
Cierre Progresivo	372,114.19
Cierre Final	49,216,451.25
Post Cierre	1,443,180.00
TOTAL	51,031,745.44

Tabla N°160: Calculo de Costo Categoría IV, total Cat II.

Costos CAT III	
CRA de Procesos	11,520,841.56
Cierre Progresivo	70,701.70
Cierre Final	8,905,834.03
TOTAL	20,497,377.29

Tabla N°161: Calculo de Costo Categoría IV, total Cat III.

Total Costos CAT IV	
Σ Costos	132,165,130.92
CAT IV (Riesgo 15 %)	19,824,769.64

Tabla N°162: Calculo de Costo Categoría IV.

4.3.3.- Calculo de costos de remediación ambiental CRA

Se determinó el costo de remediación ambiental (CRA) según la formula plantada en el capítulo III.

$$CrA = \frac{\sum \text{Costos Cat I} + \text{Costos Cat II} + \text{Costos Cat III} + \text{Costos Cat IV}}{\sum Ton_{\text{mineral}} + \sum Ton_{\text{desmonte}}}$$

Donde:

- Costos Cat I: Costos de categoría I Procesos Mineros (\$).
- Costos Cat II: Costos de categoría II Costos de cierre (\$).
- Costos Cat III: Costos de categoría III Costos de permisos (\$).
- Costos Cat IV: Costos Categoría IV Costo de Riesgo (\$).
- Ton mineral: Toneladas de Mineral (Ton).
- Ton desmonte: Toneladas de Desmonte (Ton).

4.3.3.1.- Impuesto General a las Ventas IGV

Concepto:

El IGV o Impuesto General a las Ventas es un impuesto que grava todas las fases del ciclo de producción y distribución, está orientado a ser asumido por el consumidor final, encontrándose normalmente en el precio de compra de los productos que adquiere.

En el presente caso de estudio se aplicará IGV según la siguiente base legal:

Art. 1° del T.U.O. de la Ley del Impuesto General a las Ventas aprobado por Decreto Supremo N° 055-99-EF y Artículo 2 del Reglamento de la Ley del IGV, Decreto Supremo N° 029-94-EF.

Tasa del IGV : Art. 17°. TUO de la Ley del Impuesto General a las Ventas, aprobado por D.S. 055-99-EF y Art.1° - Ley N° 29666

Tasa del IPM -Impuesto de Promoción Municipal - Art. 76° - Decreto Legislativo N° 776 .

Donde se indica como operaciones gravadas con IGV a “Los contratos de construcción”. A todos los contratos de construcción que se ejecuten a nivel nacional, cualquiera sea su denominación, sujeto que lo realice, lugar de celebración del contrato o de percepción de los ingresos.

Tasa:

Se aplica una tasa de 16% en las operaciones gravadas con el IGV. A esa tasa se añade la tasa de 2% del Impuesto de Promoción Municipal (IPM).

De tal modo a cada operación gravada se le aplica un total de 18%: IGV + IPM.

4.3.3.2.- Estimación de los costos de remediación ambiental CRA

Mediante la aplicación de la formula y la inclusión del 18 % de IGV obtenemos el siguiente resultado:

$$CrA = \frac{\sum \text{Costos Cat I} + \text{Costos Cat II} + \text{Costos Cat III} + \text{Costos Cat IV}}{\sum \text{Ton}_{\text{mineral}} + \sum \text{Ton}_{\text{desmonte}}}$$

$$CrA = \frac{60,6MM + 51,0MM + 20,4MM + 19,8MM + ((60,6MM + 51,0MM + 20,4MM) * 0.18)}{7'563MM}$$

$$CrA = 0.0353$$

Σ Ton (Mineral y Desmonte)	7,563,920,000.00
Σ Costos + IGV (18%)	267,347,182.10
CRA	0.0353

Tabla N°163: Calculo de Costos de remediación Ambiental CRA.

4.3.3.3.- Valorización de bloques Integral (CRA)

Mediante la aplicación de la fórmula planteada en la presente tesis de investigación se determinará el valor de los boques con la integración de los costos de remediación ambiental.

Para ello utilizaremos la siguiente formula:

$$\text{Block Value: } ((P_m - D) * \text{Ley} * \text{ton} * \text{Rec}) - (C_m + C_p + Cra)$$

Donde:

- P_m: precio del mineral (\$/lb ó \$/oz).
- D: descuento (\$/lb ó \$/oz).
- Ley: ley mineral (%).
- Rec: porcentaje de recuperación (%).
- C_m: Costo mina (\$/ton).
- C_p: Costo plata (\$/ton).
- Ton: Tonelaje del bloque (tn).
- CrA: costos de remediación ambiental (\$/ton).

- **Costos Mina (CM)**

Se consideran Costos Mina, a los costos en US\$/Ton de material movido relacionados con la extracción del mineral, es decir los costos Mina, que incluyen los siguientes procesos:

Como Costos Directos (Costos Mina) (CM):

- Perforación.
- Voladura.
- Carguío.
- Transporte.
- Servicios de apoyo Mina o servicios auxiliares.
- Administración.

Además, también se maneja como un Costo a la Depreciación que se puede sumar al costo final de Costos Mina para obtener un indicador

Mina a cielo abierto	
Costo Variable Mina (US\$/t)	1.56

Tabla N°164: Costo variable Mina.

- **Costos planta (CP)**

Se considera como Costos de Planta o simplemente costos planta, los relacionados con el proceso del mineral (CP) y se expresa en unidades de US\$/Ton de Mineral tratado. Además, se incluyen costos administrativos (en las mismas unidades). Cabe notar que la depreciación de las instalaciones de la planta está incluida dentro del costo de proceso.

Mina a cielo abierto	
Costo Variable Planta (US\$/t)	5.3

Tabla N°165: Costo variable Planta.

- **Costos de remediación ambiental (CRA)**

Se considera como Costos de Remediación Ambiental (CRA) a todos los costos relacionados con actividades u obras de carácter ambiental que buscan evitar, reducir y monitorear el impacto ambiental generado por la operación minera.

Adicionalmente este costo de remediación ambiental integra los costos de permisos, impuestos y requerimientos especiales que sean necesarios para la realización de cualquier actividad dentro de los parámetros del CRA.

Mina a cielo abierto	
Costo Variable CRA (US\$/t)	0.0353

Tabla N°166: Costo variable CRA.

Mediante la aplicación de la fórmula propuesta obtendremos el siguiente resultado:

*Cálculo del Block Value para el primer bloque de la muestra.

$$BV: \frac{(((2.5 - 0.7) * 2204.6) * \frac{1.274}{100} * (20 * 20 * 20 * 2.5) * \frac{92.6}{100}) - ((1.56 + 5.3 + 0.0353) * 20 * 20 * 20 * 2.5)}{1000000}$$

= 0.7987MMUSD (Millones de Dolares)

Sector	Norte	Cota	Me na	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque CRA MM.USD
Sector X	190	2010	1	1	1.274	0.037	67	92.617	65	1.339	0.7987
Sector X	190	2030	1	1	1.345	0.037	94	92.809	65	1.410	0.8525
Sector X	190	2050	1	1	1.437	0.045	86	92.906	65	1.517	0.9220
Sector X	190	2070	1	1	1.404	0.047	89	93.021	65	1.487	0.8985
Sector X	190	2090	1	1	1.391	0.049	104	93.070	65	1.477	0.8897
Sector X	190	2110	1	1	1.177	0.060	85	93.198	65	1.283	0.7326
Sector X	190	2130	1	2	0.864	0.069	15	93.259	65	0.986	0.5013
Sector X	190	2150	1	2	0.635	0.069	13	93.091	65	0.756	0.3313
Sector X	190	2170	1	2	0.560	0.019	21	91.248	65	0.595	0.2680
Sector X	190	2190	1	1	0.427	0.019	19	91.129	65	0.462	0.1711
Sector X	190	2210	1	1	0.516	0.026	18	91.016	65	0.564	0.2350
Sector X	190	2230	1	2	0.650	0.033	11	90.904	65	0.710	0.3310

Sector	Norte	Cota	Me na	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque CRA MM.USD
Sector X	190	2250	1	2	0.372	0.028	6	90.770	65	0.421	0.1299
Sector X	190	2270	1	2	0.439	0.024	6	90.653	65	0.482	0.1780
Sector X	190	2290	1	2	0.395	0.018	31	90.530	65	0.427	0.1457
Sector X	190	2310	1	2	0.322	0.013	51	90.401	65	0.346	0.0929
Sector X	190	2330	1	1	0.278	0.013	45	90.269	65	0.302	0.0611
Sector X	190	2350	1	1	0.247	0.012	36	90.124	65	0.269	0.0388
Sector X	190	2370	1	1	0.251	0.012	25	89.969	65	0.273	0.0415
Sector X	190	2390	2	1	0.331	0.006	35	89.803	65	0.342	0.0983
Sector X	190	2410	2	1	0.322	0.007	23	89.633	65	0.335	0.0911
Sector X	190	2430	2	1	0.310	0.008	27	89.468	65	0.325	0.0823
Sector X	190	2450	2	2	0.308	0.008	26	89.310	65	0.323	0.0805
Sector X	190	2470	2	2	0.332	0.012	24	89.134	65	0.353	0.0966
Sector X	190	2490	2	2	0.337	0.016	99	88.967	65	0.366	0.1001
Sector X	190	2510	2	2	0.357	0.009	127	88.842	65	0.374	0.1139
Sector X	190	2530	2	2	0.357	0.006	173	88.728	65	0.368	0.1132
Sector X	190	2550	2	2	0.322	0.005	173	88.631	65	0.330	0.0885
Sector X	190	2570	2	2	0.280	0.004	172	88.546	65	0.287	0.0590
Sector X	190	2590	2	2	0.339	0.004	132	88.474	65	0.347	0.0999
Sector X	190	2610	2	2	0.453	0.004	115	88.412	65	0.461	0.1800
Sector X	190	2630	2	2	0.547	0.005	65	88.360	65	0.555	0.2458
Sector X	190	2650	2	2	0.376	0.005	61	88.316	65	0.385	0.1259
Sector X	210	2010	1	1	1.164	0.034	59	93.075	65	1.224	0.7221
Sector X	210	2030	1	1	1.185	0.040	99	93.143	65	1.255	0.7377
Sector X	210	2050	1	1	1.227	0.042	89	93.198	65	1.300	0.7693
Sector X	210	2070	1	1	1.185	0.104	15	93.373	65	1.367	0.7403
Sector X	210	2090	1	1	0.991	0.101	14	93.385	65	1.168	0.5964
Sector X	210	2110	1	1	0.713	0.033	13	91.831	65	0.772	0.3816
Sector X	210	2130	1	1	0.554	0.026	16	91.663	65	0.600	0.2648
Sector X	210	2150	1	2	0.417	0.024	19	91.513	65	0.459	0.1647
Sector X	210	2170	1	1	0.398	0.010	22	91.380	65	0.415	0.1505
Sector X	210	2190	1	2	0.411	0.008	20	91.259	65	0.425	0.1597
Sector X	210	2210	1	1	0.384	0.010	21	91.144	65	0.402	0.1397
Sector X	210	2230	1	2	0.365	0.012	80	91.031	65	0.387	0.1261
Sector X	210	2250	1	2	0.350	0.016	27	90.916	65	0.378	0.1145
Sector X	210	2270	1	2	0.347	0.014	31	90.781	65	0.373	0.1124
Sector X	210	2290	1	2	0.348	0.014	41	90.655	65	0.373	0.1126
Sector X	210	2310	1	2	0.330	0.014	50	90.562	65	0.356	0.0994
Sector X	210	2330	1	2	0.325	0.013	25	90.422	65	0.349	0.0956
Sector X	210	2350	1	2	0.335	0.015	25	90.232	65	0.362	0.1020
Sector X	210	2370	1	1	0.378	0.011	20	90.076	65	0.398	0.1323
Sector X	210	2390	1	1	0.374	0.005	25	89.920	65	0.383	0.1287

Sector	Norte	Cota	Me na	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque CRA MM.USD
Sector X	210	2410	2	2	0.354	0.007	19	89.763	65	0.366	0.1145
Sector X	210	2430	2	2	0.371	0.007	26	89.608	65	0.384	0.1258
Sector X	210	2450	2	2	0.381	0.009	23	89.399	65	0.398	0.1323
Sector X	210	2470	2	2	0.363	0.010	30	89.254	65	0.380	0.1190
Sector X	210	2490	2	2	0.568	0.009	133	89.117	65	0.585	0.2637
Sector X	210	2510	2	2	0.446	0.009	176	88.993	65	0.462	0.1770
Sector X	210	2530	2	2	0.281	0.006	159	88.881	65	0.292	0.0606
Sector X	210	2550	2	2	0.252	0.004	155	88.781	65	0.259	0.0396
Sector X	210	2570	2	2	0.261	0.004	127	88.692	65	0.269	0.0461
Sector X	210	2590	2	2	0.356	0.004	102	88.614	65	0.364	0.1123
Sector X	210	2610	2	2	0.430	0.004	65	88.545	65	0.438	0.1641
Sector X	210	2630	2	2	0.432	0.004	34	88.485	65	0.440	0.1653
Sector X	210	2650	2	2	0.366	0.004	38	88.434	65	0.374	0.1191
Sector X	210	2670	2	2	0.301	0.004	41	88.389	65	0.308	0.0732
Sector X	230	2010	1	1	0.774	0.028	26	93.414	65	0.824	0.4360
Sector X	230	2030	1	1	0.793	0.068	13	93.408	65	0.912	0.4501
Sector X	230	2050	1	1	0.765	0.082	15	93.424	65	0.908	0.4290
Sector X	230	2070	1	1	0.724	0.038	7	93.588	65	0.791	0.4001
Sector X	230	2090	1	1	0.692	0.041	7	92.166	65	0.764	0.3681
Sector X	230	2110	1	1	0.515	0.029	12	91.967	65	0.566	0.2379
Sector X	230	2130	1	1	0.405	0.023	15	91.789	65	0.446	0.1574
Sector X	230	2150	1	2	0.466	0.014	18	91.632	65	0.492	0.2014
Sector X	230	2170	1	2	0.515	0.002	27	91.493	65	0.519	0.2363
Sector X	230	2190	1	2	0.515	0.007	28	91.368	65	0.526	0.2352
Sector X	230	2210	1	2	0.496	0.007	28	91.251	65	0.509	0.2216
Sector X	230	2230	1	2	0.385	0.008	25	91.137	65	0.399	0.1405
Sector X	230	2250	1	2	0.359	0.013	27	91.004	65	0.382	0.1216
Sector X	230	2270	1	2	0.359	0.014	27	90.929	65	0.384	0.1214
Sector X	230	2290	1	2	0.332	0.013	48	90.802	65	0.355	0.1012
Sector X	230	2310	1	2	0.334	0.015	43	90.668	65	0.361	0.1023
Sector X	230	2330	1	2	0.347	0.016	29	90.475	65	0.377	0.1116
Sector X	230	2350	1	2	0.348	0.014	34	90.330	65	0.373	0.1119
Sector X	230	2370	1	2	0.352	0.016	23	90.181	65	0.382	0.1143
Sector X	230	2390	1	2	0.369	0.005	21	90.029	65	0.377	0.1257
Sector X	230	2410	1	2	0.349	0.004	20	89.879	65	0.356	0.1108
Sector X	230	2430	2	2	0.350	0.007	16	89.667	65	0.362	0.1113
Sector X	230	2450	2	2	0.370	0.009	21	89.520	65	0.386	0.1250
Sector X	230	2470	2	2	0.466	0.012	28	89.378	65	0.489	0.1930
Sector X	230	2490	2	2	0.575	0.013	109	89.247	65	0.599	0.2692
Sector X	230	2510	2	2	0.322	0.011	158	89.125	65	0.342	0.0902
Sector X	230	2530	2	2	0.298	0.006	151	89.013	65	0.309	0.0725

Sector	Norte	Cota	Me na	categ	Ley Cu (%)	Ley Mo (%)	Ley AS (ppm)	Rec Cu (%)	Rec Mo (%)	Ley Eq	Valor de bloque CRA MM.USD
Sector X	230	2550	2	2	0.287	0.005	151	88.911	65	0.296	0.0649
Sector X	230	2570	2	2	0.324	0.004	142	88.819	65	0.332	0.0905
Sector X	230	2590	2	2	0.333	0.004	94	88.737	65	0.341	0.0966
Sector X	230	2610	2	2	0.314	0.004	64	88.663	65	0.322	0.0832
Sector X	230	2630	2	2	0.320	0.004	37	88.597	65	0.328	0.0873
Sector X	230	2650	2	2	0.274	0.004	38	88.539	65	0.281	0.0545

Tabla N°167: Tabla calculo valor de bloques Integral.

De la obtención del valor de bloques Integral propuesto en la tesis de investigación se puede determinar lo siguiente:

De un total de 4156 bloques se determinó que 3718 se encuentran sobre la ley de corte de 0.1942 % los cuales representan un valor acumulado de 1343.26 Millones de dólares y, además, se determinó que de los 438 bloques que se encuentran por debajo de la ley de corte representan un valor de -34.341 Millones de dólares en dispersión cuya posibilidad de minado es inviable frente a un precio de mineral de 2.5 USD/lb.

TOTAL DE BLOQUES	4156	Bloques
SI	3718	Bloques sobre la ley
NO	438	Bloques debajo de la ley
Valor acumulado	1343.266236	MMUSD
Valor de bloques debajo de la ley de corte	-34.34107509	MMUSD

Tabla N°168: Resultados costeo de bloques Integral.

4.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Si evaluamos los resultados obtenidos del costeo de bloques del método convencional frente a los resultados obtenidos en el método integral propuesto en la presente tesis de investigación obtendremos los siguientes valores:

VALOR ACUMULADO CONVENCIONAL	1345.894495	MMUSD
VALOR ACUMULADO INTEGRAL	1343.266236	MMUSD
DIFERENCIA	2.628258424	MMUSD

Tabla N°169: Tabla análisis de resultados diferencia de valor acumulado.

Se observa que existe una diferencia de la valorización acumulada de 2.63 Millones de dólares que solo representan una sección del modelo de bloques que ha sido utilizado para poner en practica la hipótesis planteada.

Por otro lado, si analizamos la data en el modelo de bloques en su conjunto, considerando 91 secciones del mismo, similares a la sección del caso de estudio la diferencia incrementaría como se ve en el siguiente cuadro:

VALOR ACUMULADO CONVENCIONAL	1345.894495	MMUSD
VALOR ACUMULADO INTEGRAL	1343.266236	MMUSD
DIFERENCIA	2.628258424	MMUSD
DIFERENCIA A 91 SECCIONES	239.1715166	MMUSD

Tabla N°169: Análisis de resultados, diferencia de valor a 91 secciones.

Se observa que el monto asciende 239.17 Millones de dólares que viene a representar un costo de relevancia en la planificación minera y por ende se comprueba que estos costos deben de ser considerados en el proceso de valorización.

Si analizamos la diferencia de costos que existe en los bloques por unidad podremos obtener los siguientes resultados.

*muestra de 6 bloques para el análisis de resultados.

Valor de bloque Convencional MM.USD	Valor de bloque CRA MM.USD	Diferencia	USD	% Diferencia
0.799431043	0.798724142	0.0007069	706.901	0.088
0.853174132	0.852467231	0.0007069	706.901	0.083
0.922669865	0.921962964	0.0007069	706.901	0.077
0.899156975	0.898450074	0.0007069	706.901	0.079
0.890427451	0.88972055	0.0007069	706.901	0.079
0.73331024	0.732603339	0.0007069	706.901	0.096

Tabla N°170: Análisis de resultados, Muestra diferencia de valor unitario.

Se aprecia que la diferencia de los costos en bloques individuales es el mismo 706.901 USD, que es un valor invariable puesto que se desprende de multiplicar el costo CRA por el tonelaje de cada bloque (en este caso el tonelaje de cada bloque es el mismo frente al escenario propuesto de un densidad media de 2.5 t/m³ y una dimensión de los bloques de 20m³), sin embargo, se observa que el porcentaje de diferencia frente al valor de bloques convencional si es variable, y esto se debe a las diferentes leyes de cada bloque que dotan de mayor o menor riqueza mineral a cada porción del bloque.

Ahora bien, en la práctica podemos plantearnos diferentes escenarios y concluir que el yacimiento tiene un valor determinado, del cual se espera también determinada utilidad, sin embargo, sin la aplicación del modelo matemático presentado, estos valores podrían variar a los esperados en un inicio, lo cual queda demostrado en el análisis realizado.

Mediante el análisis del siguiente grafico se determinó el comportamiento de los costos de remediación ambiental en una operación minera, destacando dos puntos importantes:

- Primero, se puede observar que frente a un yacimiento pequeño de bajo movimiento de material el CRA es mayor y este va reduciéndose conforme se incrementa el tamaño del yacimiento mineral.
- Segundo, evidentemente el valor acumulado del yacimiento aumenta frente a un mayor tonelaje de recurso mineral.

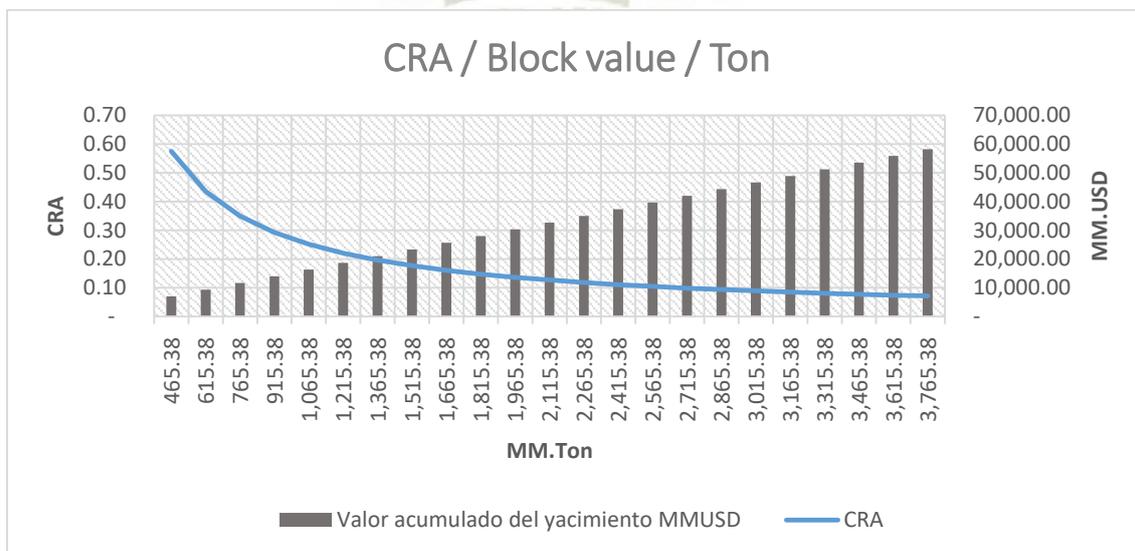


Gráfico N° 4: Costos re remediación ambiental vs Valor del yacimiento vs toneladas.

4.6.- CONCLUSIONES

- Se ha logrado desarrollar un modelo matemático que permite integrar los costos de remediación ambiental en el proceso de valorización de bloques, el cual fue el objetivo principal de la tesis de investigación presentada, cuya formulación y puesta en práctica mediante un caso de estudio ha permitido comprobar la relevancia económica de la consideración de estos costos al momento valorizar un yacimiento minero.
- Mediante un análisis y estudio del método de valorización de bloques convencional se ha determinado que existe una valorización deficiente en el proceso, debido a que solo se consideran los costos de minado y costos de planta para determinar el valor de un bloque, excluyendo de esta manera los costos ambientales, que como se comprobó en la tesis presentada generan un alto impacto económico a la empresa minera como también tiene un carácter de conciencia ambiental que está arraigado al proceso minero y bajo ningún motivo debería de ser omitido.
- Se realizó un estudio de los principales impactos ambientales generados por los procesos mineros, de este estudio, se ha generado una serie de tablas que permiten evaluar la actividad, el impacto, medidas de remediación y un costo unitario para cada una de las actividades presentadas, brindando de esta manera una base sólida que permite evaluar el costo de remediación de cada actividad adaptándose a cualquier operación minera. Cada uno de los métodos de remediación han sido analizados y referenciados por individual para poder brindar al lector un mayor alcance en información a cada actividad citada.
- Mediante la comparación del método de valorización de bloques convencional con el método de valorización de bloques Integral propuesto en la presente tesis de investigación se lograron obtener los siguientes valores: El valor acumulado resultante para el caso de valorización

convencional dio como resultado 1345.89 MMUSD, por otro lado, el valor acumulado resultante para el caso de valorización integral, donde se consideran los costos de remediación medioambiental dio como resultado 1346.26 MMUSD presentando una diferencia de 2.6282 millones de dólares entre ambos casos. Cabe mencionar que este valor solo corresponde a la estimación generada por el análisis de una sección de un modelo de bloques compuesto por 91 secciones, si trabajamos bajo el supuesto que las secciones son similares entre si el valor de la diferencia se incrementa hasta los 239.17 Millones de dólares.

- Por otro lado, uno de los principales aportes de la investigación presentada es la base de datos de impactos y medidas de remediación, esta permitirá el desarrollo de futuros trabajos de investigación enfocados en la optimización del proceso de planificación minera. Adicionalmente, permitir integrar dos áreas de las operaciones mineras involucradas en la obtención de un mismo producto.
- Si bien el costo de remediación ambiental no viene a representar un costo significativo en yacimientos mineros de gran envergadura se puede observar que el impacto de los costos es mayor frente a un yacimiento pequeño debido a los costos de remediación inherentes y de carácter primario que deben de asumir toda operación sin importar el tamaño del yacimiento, como el salvaguardar el topsoil o un programa de cierre de mina bajo los estándares establecidos por ley.

Como se observó en el grafico N°4, el impacto del Costo de Remediación Ambiental (CRA) es mayor frente a yacimientos mineros pequeños y este se reduce conforme el yacimiento tiene mayor cantidad de recurso explotable, también se observa que frente a un mayor tonelaje de material mineralizado la valorización acumulada de boques aumenta como era de esperarse.

- Se puede concluir también que mediante la aplicación del modelo matemático planteado se logra brindar mayor grado de seguridad ambiental a la población en el área de influencia de la operación minera,

demostrando que la empresa se compromete desde un inicio a realizar un cuidado del medio ambiente desde la etapa de planificación y diseño, además, dejando en claro que no solo se está tomando en cuenta los costos directos que incurren en la generación de producto final si no también costos ambientales inherentes al proceso. En otras palabras, a diferencia del común de las empresas, que solo evalúan el costo de minado y el costo de planta para calcular la utilidad, mediante la aplicación de esta metodología se calcula el costo de minado, el costo de planta y el costo de remediación para después calcular la utilidad.

- Finalmente, se ha desarrollado un método de valorización de bloques que brinda un valor del yacimiento más cercano al real, reduciendo de esa manera los riesgos y errores que pueden generarse frente al análisis de diversos escenarios en el proceso de planificación, “Si se esperaba que determinado bloque brinde cierta rentabilidad, puede que en realidad brinde otra diferente a la esperada en un inicio”.

4.7.- RECOMENDACIONES

- Para la aplicación de la metodología presentada para la valorización de bloques se recomienda realizar un trabajo en conjunto con el área ambiental de cada unidad minera y evaluar los métodos de remediación ambientales aplicados a cada proceso y los costos actuales al momento de aplicar el modelo matemático.
- En el desarrollo del caso de estudio y la presentación de los métodos de remediación ambiental se consideraron solo algunos de los métodos más importantes, sin embargo, estos se van actualizando constantemente en el tiempo, nuevos métodos en los procesos mineros que generan menor impacto o nuevos métodos de remediación que presentan menores costos, por lo cual se recomienda ir actualizando la base de datos para mejorar los resultados frente a diferentes escenarios.

4.8.- PROPUESTA DE ESTUDIO POSTERIORES

- Generar un estudio que integre también los costos incurridos en otros procesos, como por ejemplo los de carácter social, en la actualidad las demandas establecidas por la población en la zona de influencia de un proyecto u operación minera tiene una gran relevancia, pues sus exigencias no solo se limitan al cuidado medio ambiental sino también a que la empresa contribuya con el desarrollo de la comunidad.
- Los diversos métodos de remediación ambiental presentados no brindan mayor valor a la operación, pues estos representan un costo cuya aplicación no genera una ganancia, sino más bien una optimización de los procesos de planificación, sin embargo, existen oportunidades de innovación y puesta en valor de residuos mineros, que antes de generar un costo que resta el valor del yacimiento genera un ingreso que por lo contrario sumaría al valor del mismo.
- Generar un programa o sistema informático que permita englobar el conjunto de la data manejada por todas las áreas de la unidad minera, de esta manera poder realizar diversos análisis de manera rápida, sistemática y actualizada, que permitiría el desarrollo de diversos métodos de optimización para cada área interesada.



CAPÍTULO 5:
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

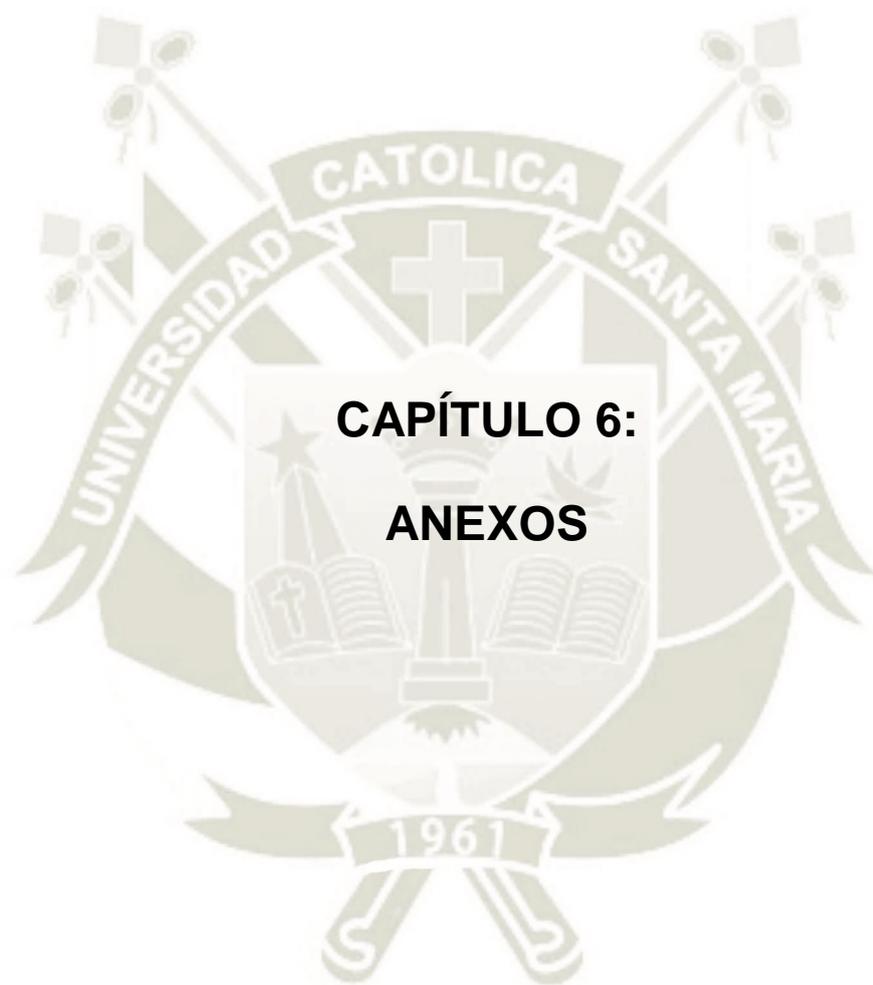
CAPÍTULO 5: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería, (2002), *“Gestión de Residuos Industriales Sólidos Mineros y Buenas Prácticas”*, Santiago - Chile, Ministerio de Minería y Consejo Minero.
- Aduvire, O, (2006), *“Drenaje ácido de mina generación y tratamiento”*, Madrid - España, Instituto Geológico y Minero de España.
- Antezano, T, (2015), *“Control de polvo en los caminos de acarreo en minas de superficie”*, Lima – Perú, UTEC.
- Bartram, J, Balance, R, (1996), *“A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes”*, Londres - Inglaterra, behalf of WHO by F & FN Spon.
- Bazan, R, (2009), *“Cálculo del costo unitario del cruce 4,600 en la mina Poracota”*, Lima - Perú, Universidad nacional de ingeniería.
- Bodocsi, A., Bowers, M.T. (1991). *“Permeability of acrylate, urethane and silicate grouted sands with chemicals”*. Virginia – Estados Unidos, Proc. American Society Civil Engineers, journal Geotechnical Engineering Division.
- Brodie, J, (2006), *“Estimación de costos de cierre de minas”*, Lima - Perú, Pontificia universidad católica del Perú.
- Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, (2008), *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*, Lima - Perú, Gobierno del Perú.
- Decreto Supremo N° 013-2019-EM, (2019), *Reglamento para el cierre de minas*, Lima - Perú, Gobierno del Perú.
- Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, (2008), *Estándares de Calidad Ambiental Para el Aire*, Lima - Perú, Gobierno del Perú.
- Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, (2003), *Valores Limites de Plomo*, Lima - Perú, Gobierno del Perú.

- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, (2003), *Estándares Calidad Ambiental Ruido*, Lima - Perú, Gobierno del Perú.
- Departamento académico de biología, (2006), *“Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera”*, Lima - Perú, Universidad nacional agraria la molina.
- Departamento de Ingeniería Civil de Minas, (2010), *“Diseño de minas a cielo abierto”*, Santiago – Chile, Universidad de Chile.
- Díaz, D, (2013), *“Análisis técnico y económico en muros de contención de suelo reforzado sistema mac-wall”*, Lima - Perú, Universidad nacional de ingeniería.
- Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, (2007), *“Guía para el diseño de coberturas de depósitos de residuos mineros”*, Lima - Perú, República del Perú ministerio de energía y minas.
- Echegaray, F, (2015), *“Estudio de costos operacionales en la u.e.a. recuperada – Huancavelica”*, Lima - Perú, Universidad nacional mayor de San Marcos.
- Gold fields la cima (2011), *“Memoria Anual y Reporte de Sostenibilidad 2011”*, Lima - Perú, Goldfields Perú.
- Gold Fields La Cima, (2017), *“V actualización del plan de cierre de mina de Cerro Corona optimización de operaciones de mina”*, Lima - Perú, MWH PERU S.A.
- Gonzales, L, (2011), *“Inicio de operaciones en mina Cerro Corona”*, Lima - Perú, Universidad nacional de ingeniería.
- Gonzales, T, (2010), *“Diseño de minas a tajo abierto”*, Lima – Perú, Universidad nacional de ingeniería.
- Grupo Propuesta Ciudadana, (2016), *“El acceso a la información de los gastos ambientales en el sector minero peruano”*, Lima – Perú, Propuesta ciudadana.

- Herrera, P, Millones, O; (2011), *“¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú?”*, Lima - Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú Departamento de Economía.
- Instituto nacional de defensa civil INDECI, DINAPRE Dirección nacional de prevención DINAPRE, Unidad de estudios y evaluación de riesgos UEER, (2006), *MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO*, Lima – Perú, INDECI.
- J.C. Hernández-Díaz, J.A. Prieto-Ruiz, G. Pérez-Verdín, Ch. Wehenkel, M. Pompa-García, R. Lara Villa, C. Luján-Álvarez, J.M. Olivas-García, (2015), *“Simulador de costos de producción de planta en viveros”*, México, Universidad Juárez del estado de Durango.
- Lillo, J, (2011), *“Impactos de la minería en el medio natura”l*, Madrid - España, Universidad complutense de Madrid.
- Minera Yanaquihua, (2017), *“Plan de Gestión y Manejo Ambiental de la Unidad de Producción Alpacay”*, Arequipa – Perú, SVS Ingenieros S.A.
- MWH PERÚ, (2006), *“Estudio de Impacto Ambiental Suplementario Yanacocha Oeste”*, Lima – Perú, MWH PERÚ S.A.
- Pari, D, (2016), *“Optimizacion de costos unitarios en la explotación de la veta la raja - minera el solitario s.a.c. Vitor – Arequipa”*, Arequipa - Perú, Universidad nacional de San Agustín de Arequipa.
- Piteau, D.R. (1980). *“Slope stability analysis for rock fall problems: The computer rock fall model for simulating rock fall distributions in rock slope engineering”*, Estados Unidos, U.S. Department of Transportation.
- Quiñones, S, (2013), *“Construcción del túnel Animón, costos operativos y gestión de la seguridad y del ambiente en la empresa administradora chungar”*, Huancayo –Perú, Universidad Nacional del centro del Perú.
- Ramirez, G, (2007), *“Evaluating the impact of the environmental considerations in open pit mine design”*, Colorado – Estados Unidos, Colorado School of Mines.

- Requena, M, (2008), *“Sistema de tratamiento integral de aguas residuales industriales en UEA Animon de empresa administradora Chungar”*, Lima - Perú, Universidad nacional de ingeniería.
- Rivera, A, (2011), *“Evaluación económica del proyecto minero san Antonio óxidos”*, Santiago - Chile, Universidad de Chile.
- S&Z Consultores Asociados, (2008), *“Línea de Transmisión en 138 kV S.E Tarucani – S.E. Majes Estudio de Impacto Ambiental”*, Lima - Perú, S&Z Consultores Asociados S.A.
- Saldaña, A, (2010), *“Implementación del radar de estabilidad de taludes en mina las lagunas norte”*, Lima - Perú, Universidad nacional de ingeniería.
- Sociedad Minera La Cima, (2005), *“Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Cerro Corona”*, Lima - Perú, Knight Piésold Consultores S.A.
- Soto, E, (2018), *“Recuperación de agua mediante sistema de filtros termoplásticos y disposición de relaves en seco: beneficios ambientales y económicos”*, Lima - Perú, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
- Southern Peru Copper Corporation, (2017), *“II Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cuajone”*, Lima – Perú, WSP PERU S.A.



CAPÍTULO 6: ANEXOS

6.1.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categorías y Subcategorías para ECA- Agua

Categoría I	Poblacional y Recreacional	
	<i>Sub Categoría: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</i>	
	A 1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
	A 2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
	A 3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	<i>Sub Categoría: Aguas superficiales destinadas para recreación</i>	
B 1	Contacto primario	
B 2	Contacto secundario	
Categoría II	Actividades Marino Costeras	
	C 1	Sub Categoría 1: Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos
	C 2	Sub Categoría 2: Extracción y Cultivo de Otras Especies Hidrobiológicas.
	C 3	Sub Categoría 3: Otras Actividades.
Categoría III	Riego de Vegetales y Bebida de Animales	
		Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto.
		Bebida de Animales.
Categoría IV	Conservación de Ambiente Acuático	
	<i>Lagunas y Lagos.</i>	
	Ríos	Costa y Sierra. Selva
	<i>Ecosistemas Marino Costeros</i>	
		Estuarios. Marinos.

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

6.2.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 1: Poblacional y Recreacional de los ECA-Agua

Parámetro	Unidad	Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable			Aguas Superficiales Destinadas a la Recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
Físicos y Químicos						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/l	1.0	1.0	1.0	(1)	**
Cianuro Libre	mg/l	0.005	0.022	0.022	0.022	0,022
Cianuro Wad	mg/l	0.08	0.08	0.08	0.08	**
Cloruros	mg/l	250	250	250	**	**
Color verdadero	Pt/Co	15	100	200	(2)	(2)
Conductividad	µS/cm	1,500	1,600	**	**	**
DBO ₅	mg/l	3	5	10	5	10
DQO ₅	mg/l	10	20	30	30	50
Dureza	mg/l	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/l	0.5	0.5	NA	0.5	(3)
Fenoles	mg/l	0.003	0.01	0.1	**	**
Fluoruros	mg/l	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/l	0.1	0.15	0.15	**	**

Parámetro	Unidad	Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable			Aguas Superficiales Destinadas a la Recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
Materiales Flotantes	-	Ausente	**	**	Ausente	Ausente
Nitratos	mg/l N	10	10	10	10	**
Nitritos	mg/l N	1	1	1	1	**
Nitrógeno Amoniacal	mg/l N	1.5	2	3.7	**	**
Olor	-	Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥6	≥5	≥4	≥5	≥4
pH	u.e.	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0	6.0-9.0	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,000	1,000	1,500	**	**
Sulfatos	mg/l	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/l	0.05	**	**	**	**
Turbiedad	UNT	5	100	**	100	**
Inorgánicos						
Aluminio	mg/l	0.2	0.2	0.2	0.2	**
Antimonio	mg/l	0.006	0.006	0.006	0.006	**
Arsénico	mg/l	0.01	0.01	0.05	0.01	**
Bario	mg/l	0.7	0.7	1	0.7	**
Berilio	mg/l	0.004	0.04	0.04	0.04	**
Boro	mg/l	0.5	0.5	0.75	0.5	**
Cadmio	mg/l	0.003	0.003	0.01	0.01	**
Cobre	mg/l	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	**
Cromo VI	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	**
Hierro	mg/l	0.3	1	1	0.3	**
Manganeso	mg/l	0.1	0.4	0.5	0.1	**
Mercurio	mg/l	0.001	0.002	0.002	0.001	**
Níquel	mg/l	0.02	0.025	0.025	0.02	**
Plata	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.01	0.05
Plomo	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.01	**
Selenio	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.01	**
Uranio	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Vanadio	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Zinc	mg/l	3	5	5	3	**
Orgánicos						
I - Compuesto Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTTP	mg/l	0.05	0.2	0.2	-	-
Trihalometanos	mg/l	0.1	0.1	0.1	**	**
II - Compuesto Orgánicos Volátiles COVs						
1,1,1-Tricloroetano-71-55-6	mg/l	2	2	**	**	**
1,1, Dicloroetano 75-35-4	mg/l	0.03	0.03	**	**	**
1,2 Dicloroetano 107-06-2	mg/l	0.03	0.03	**	**	**
1,2 Dicloroetano 95-50-1	mg/l	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno 87-68-3	mg/l	0.0006	0.0006	**	**	**
Tetracloroetano 127-18-4	mg/l	0.04	0.04	**	**	**
Tetracloruro de carbono 56-23-5	mg/l	0.002	0.002	**	**	**
Tricloroetano 79-	mg/l	0.07	0.07	**	**	**

Parámetro	Unidad	Aguas Superficiales Destinadas a la Producción de Agua Potable			Aguas Superficiales Destinadas a la Recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
01-6						
BETX						
Benceno 71-43-2	mg/l	0.01	0.01	**	**	**
Etilbenceno 100-41-4	mg/l	0.3	0.3	**	**	**
Tolueno 108-88-3	mg/l	0.7	0.7	**	**	**
Xilenos 1330-20-7	mg/l	0.5	0.5	**	**	**
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)pireno 50-32-8	mg/l	0.0007	0.0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/l	0.009	0.009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/l	0.02	0.02	**	**	**
Plaguicidas						
Organofosfatos						
Malatión	mg/l	0.0001	0.0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/l	Ausencia	**	**		
Paraquat (restringido)	mg/l	Ausencia	**	**		
Paratión	mg/l	Ausencia	**	**		
Organoclorados						
Aldrín 309-00-2	mg/l	Ausencia	**	**		
Clordano	mg/l	Ausencia	**	**		
DDT	mg/l	Ausencia	**	**		
Dieldrín 60-57-1	mg/l	Ausencia	**	**		
Endosulfán	mg/l	0.0000056	COP	**	**	
Endrín 72-20-8	mg/l	Ausencia	**	**		
Heptacloro 76-44-8	mg/l	Ausencia	**	**		
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/l	0.00003	COP	**	**	
Lindano	mg/l	Ausencia	**	**		
Carbamato						
Aldicarb (restringido)	mg/l	Ausencia	**	**		
Policloruros Bifenilos Totales						
(PCBs)	mg/l	0.000001	**	**	**	
Otros						
Asbesto	millones de fibras/l	7	**	**	**	**
Microbiológico						
Coliformes Termotolerantes (44.3 °C)	NMP/100ml	0	2,000	20,000	200	1,000
Coliformes Fecales (35-37 °C)		50	3,000	50,000	1,000	4,000
Enterococos		0	0	-	200	**

Parámetro	Unidad	Aguas Superficiales a la Producción de Agua Potable			Aguas Superficiales Destinadas a la Recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
Fecales						
Escherichia coli		0	0	-	Ausencia	
Formas parásitas	Organismo/l	0	0	-	0	-
Giardia duodenalis		Ausencia				
Salmonella	Presencia/100ml	Ausencia	0	0		
Vibrio Cholerae		Ausencia				

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

6.3.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 2: Actividades Marino Costeras para los ECA-Agua

Parámetro	Unidades	Agua de Mar		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y Cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
Organolépticos				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
Fisicoquímicos				
Aceites y grasas	mg/l	1.0	1.0	2.0
DBO5	mg/l	**	10.0	10.0
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥4	≥3	≥2.5
pH	u.e.	7-8.5	6.8-8.5	6.8-8.5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	**	50.0	70.0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l	**	0.06	0.08
Temperatura	Celsius	***delta 3°C	***delta 3°C	***delta 3°C
Inorgánicos				
Amoniaco	mg/l	**	0.08	0.21
Arsénico total	mg/l	0.05	0.05	0.05
Cadmio total	mg/l	0.0093	0.0093	0.0093
Cobre total	mg/l	0.0031	0.05	0.05
Cromo VI	mg/l	0.05	0.05	0.05
Fosfatos (P-PO4)	mg/l	**	0.03-0.09	0.1
Mercurio total	mg/l	0.00094	0.0001	0.0001
Níquel total	mg/l	0.0082	0.1	0.1
Nitratos (N-NO3)	mg/l	**	0.07-0.28	0.3
Plomo total	mg/l	0.0081	0.0081	0.0081
Silicatos (Si-SiO3)	mg/l	**	0.14-0.70	**
Zinc total	mg/l	0.081	0.081	0.081
Orgánicos				

Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/l	0.007	0.007	0.01
Microbiológicos				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	*≤14(área aprobada)	≤30	1,000
Coliformes Termotolerantes		*≤88(área restringida)		

*NMP/100 ml Número más probable en 100 ml

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

6.4.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales para los ECA-Agua

Parámetros Para Riego de Vegetales de Tallo Bajo y Tallo Alto		
Parámetros	Unidad	Valor
Fisicoquímicos		
Bicarbonatos	mg/l	370
Calcio	mg/l	200
Carbonatos	mg/l	5
Cloruros	mg/l	100-700
Conductividad	μS/cm	<2,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40
Fluoruros	mg/l	1
Fosfatos-P	mg/l	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/l	10
Nitratos (NO ₂ -N)	mg/l	0.06
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥4
pH	u.e.	6.5-8.5
Sodio	mg/l	200
Sulfatos	mg/l	300
Sulfuros	mg/l	0.05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/l	5
Arsénico	mg/l	0.05
Bario total	mg/l	0.7
Boro	mg/l	0.5-6
Cadmio	mg/l	0.005
Cianuro Wad	mg/l	0.1
Cobalto	mg/l	0.05
Cobre	mg/l	0.2
Cromo(6+)	mg/l	0.1
Hierro	mg/l	1
Litio	mg/l	2.5
Magnesio	mg/l	150
Manganeso	mg/l	0.2
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.2
Plata	mg/l	0.05
Plomo	mg/l	0.05
Selenio	mg/l	0.05

Zinc	mg/l	2
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/l	1
Fenoles	mg/l	0.001
S.A.A.M.(detergentes)	mg/l	1
Plaguicidas		
Aldicarb	µg/l	1
Aldrín (CAS 309-00-2)	µg/l	0.004
Clordano (CAS 57-74-9)	µg/l	0.3
DDT	µg/l	0.001
Dieldrín (N°CAS 72-20-8)	µg/l	0.7
Endrín	µg/l	0.004
Endosulfán	µg/l	0.02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloripoxido	µg/l	0.1
Lindano	µg/l	4

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

Parámetros para Riego de Vegetales				
Parámetros	Unidad	Vegetales Bajo	Tallo	Vegetales Tallo Alto
Biológicos				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,000		2,000
Coliformes Totales	NMP/100ml	5,000		5,000
Enterococos	NMP/100ml	20		100
Escherichia coli	NMP/100ml	100		100
Huevos de Helmintos	huevos/litro	<1		<1
Salmonella sp.	Ausente			Ausente
Vibrión cholerae	Ausente			Ausente

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

Parámetros para Bebidas de Animales		
Parámetros	Unidad	Valor
Fisicoquímicos		
Conductividad	µS/cm	≤5,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	≤15
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	40
Fluoruros	mg/l	2
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/l	50
Nitratos (NO ₂ -N)	mg/l	1
Oxígeno Disuelto	mg/l	>5
pH	u.e.	6.5-8.4
Sulfatos	mg/l	500
Sulfuros	mg/l	0.05
Inorgánicos		
Aluminio	mg/l	5
Arsénico	mg/l	0.1
Berilio	mg/l	0.1
Boro	mg/l	5
Cadmio	mg/l	0.01
Cianuro Wad	mg/l	0.1
Cobalto	mg/l	1
Cobre	mg/l	0.5
Cromo(6+)	mg/l	0.5
Hierro	mg/l	1
Litio	mg/l	2.5
Magnesio	mg/l	150
Manganeso	mg/l	0.2
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.2
Plata	mg/l	0.05

Plomo	mg/l	0.05
Selenio	mg/l	0.05
Zinc	mg/l	24
Orgánicos		
Aceites y Grasas	mg/l	1
Fenoles	mg/l	0.001
S.A.A.M.(detergentes)	mg/l	1
Plaguicidas		
Aldicarb	µg/l	1
Aldrín (CAS 309-00-2)	µg/l	0.03
Clordano (CAS 57-74-9)	µg/l	0.3
DDT	µg/l	1
Dieldrín (N°CAS 72-20-8)	µg/l	0.7
Endrín	µg/l	0.004
Endosulfán	µg/l	0.02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloripoxido	µg/l	0.1
Lindano	µg/l	4
Paratión	µg/l	7.5
Biológicos		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,000
Coliformes Totales	NMP/100ml	5,000
Enterococos	NMP/100ml	20
Escherichia coli	NMP/100ml	100
Huevos de Helmintos	huevo/litro	<1
Salmonella sp.	Ausente	
Vibrión cholerae	Ausente	

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

6.5.- Tabla de Calidad de Aguas Superficiales - Categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático para los ECA-Agua

Parámetros	Unidad	Lagunas y Lagos	Ríos		Ecosistemas Costeros y Marinos	
			Costa Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Físicos y Químicos						
Aceites y Grasas	mg/l	(1)	(1)	(1)	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	<0.02	0.02	0.05	0.05	0.08
Temperatura	Celsius	-	-	-	-	delta 3°C
Oxígeno Disuelto	mg/l	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	u.e.	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.8-8.5	6.8-8.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	≤25	≤25-100	≤25-400	≤25-100	30
Inorgánicos						
Arsénico	mg/l	0.01	0.05	0.05	0.05	0.05
Bario	mg/l	0.7	0.7	1	1	-
Cadmio	mg/l	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
Cianuro Libre	mg/l	0.022	0.022	0.022	0.022	-
Clorofila A	mg/l	10	-	-	-	-
Cobre	mg/l	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05
Cromo(6+)	mg/l	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fenoles	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	-
Fosfatos Total	mg/l	0.4	0.5	0.5	0.5	0.031-0.093
HPAT	Ausente					

Mercurio	mg/l	0.0001	0.0001	0.0001	0.001	0.0001
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/l	5	10	10	10	0.07-0.28
Nitrógeno total	mg/l	1.6	1.6	-	-	
Níquel	mg/l	0.025	0.025	0.025	0.002	0.06
Plomo	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.0081	0.0081
Silicatos	mg/l	-	-	-	-	0.14-0.7
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S indisociable)	mg/l	0.002	0.002	0.002	0.002	0.06
Zinc	mg/l	0.03	0.03	0.3	0.03	0.081
Biológicos						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,000	2,000	1,000	≤30	
Coliformes Totales	NMP/100ml	2,000	3,000	2,000		

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM (Perú)

6.6.- Tabla LMP para Efluentes Líquidos

Toda empresa minera tiene la obligación de realizar un control mediante un programa de monitoreo en cada punto de afluencia de líquidos, estableciendo a su vez un registro de diversas características físicas como es la concentración de materiales peligrosos, el caudal generado, la temperatura del líquido y la turbiedad. En la tabla que se muestra a continuación se puede apreciar los límites máximos permisibles en efluentes líquidos en miligramos por litro, destacando dos puntos temporales de medición, una que corresponde al promedio anual y otra que corresponde a una medición aislada, brindando LMP para cada caso.

Parámetro	Unidad	Cualquier Momento	Promedio Anual
pH	u.e.	6-9	6-9
Sólidos Totales Suspendidos	mg/l	50	25
Aceites y Grasas	mg/l	20	16
Cianuro Total	mg/l	1	0.8
Arsénico Total	mg/l	0.1	0.08
Cadmio Total	mg/l	0.05	0.04
Cromo Hexavalente (1)	mg/l	0.1	0.08
Cobre Total	mg/l	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/l	2	1.6
Plomo Total	mg/l	0.2	0.16
Mercurio Total	mg/l	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/l	1.5	1.2

Fuente: D.S 010-2010-MINAM (Perú)

6.7.- Tabla compendio legislación ambiental minera

LEGISLACIÓN AMBIENTAL MINERA	
Legislación	Institución Reguladora
NORMATIVA AMBIENTAL GENERAL	
Constitución Política del Perú	Poder Ejecutivo
Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	CONAM
Código Penal – Título XIII (DL N° 635)	Poder Ejecutivo
Ley para la Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario (DL N° 653)	Poder Ejecutivo
Reglamento de la Ley de Promoción de las Inversiones en el sector agrario (DS N° 0048-91-AG)	Poder Ejecutivo
Modificatoria al Reglamento de la Ley de Promoción de las Inversiones en el sector agrario (DS N° 061 2002-AG)	Poder Ejecutivo
Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley N° 26821)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Establecen Casos en que la Aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental y Programas de Adecuación y Manejo Ambiental Requerirán la Opinión Técnica del INRENA (DS N°056-97-PCM)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Ley de Creación del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) (Ley N° 26410)	Poder Ejecutivo
Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245)	CONAM
Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (DS N° 008- 2005-PCM)	CONAM
NORMATIVIDAD AMBIENTAL GENERAL SUBSECTOR MINAS	
TUO de la Ley General de Minería (D.S. 014-92-EM)	MEM – DGAA
Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas (DS N° 025-2003-EM)	MEM
Establecen Disposiciones Destinadas a Uniformizar Procedimientos Administrativos (DS N° 053-99-EM)	MEM
Reglamento de la Ley de Fiscalización de las Actividades Mineras (DS N° 049- 2001-EM)	MEM
Ley de Plan de Cierre de Mina (Ley N° 28090) y modificatorias Ley N° 28234 y Ley N° 28507	MEM
Reglamento de Plan de Cierre de Mina (DS N° 033-2005-EM)	MEM
Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (DS N° 046-2001-EM)	MEM
Ley de fiscalización de las actividades mineras (Ley N° 27474)	MEM
Reglamento para la protección ambiental en la actividad minero metalúrgica (DS N° 016-93)	MEM
Establecen compromiso previo como requisito para el desarrollo de actividades mineras y normas complementarias (DS N° 042-2003)	MEM
Aprueban formatos de declaración de compromiso previo y de declaración jurada anual de actividades de desarrollo sostenible a que se refiere el D.S. N° 042-2003-EM (RM N° 356-2004-MEM/DM)	MEM
Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Energía y Minas	MEM

LEGISLACIÓN AMBIENTAL MINERA	
Legislación	Institución Reguladora
PARTICIPACIÓN CIUDADANA	
Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Procedimiento de Aprobación de los Estudios Ambientales en el sector Energía y Minas (RM N° 596- 2002-EM/DM)	MEM
Ley de la inversión privada en el desarrollo de las actividades económicas en las tierras del territorio nacional y en las comunidades campesinas y nativas (Ley N° 26505 y su modificatoria Ley N° 26570)	Poder Ejecutivo
SUELO	
Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería (DS N° 014-92)	MEM
Ley de Inversión Privada en el Desarrollo de las Actividades Económicas en las Tierras del Territorio Nacional y de las Comunidades Campesinas y Nativas – Ley N° 26505 – texto sustituido por la Ley N° 26570.	Poder Ejecutivo
Reglamento del Artículo 7 de la Ley N° 26570 (DS N° 017-96-AG)	Poder Ejecutivo
Reglamento de la Ley N° 26570 (DS N° 011-97-AG) y modificatorias (DS N° 020- 98-AG y DS N° 027-99-AG)	Poder Ejecutivo
AGUA	
Aprueban los Niveles máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas (RM N° 01 1-96-EM/VMM)	MEM
Ley General de Aguas (DL N° 177S2)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Reglamento de la Ley de Aguas (DS N° 261-69-AP)	Ministerio de Agricultura
Modificatorias : DS N° 007-83-SA y DS N° 003-2003-SA	(Supervisado por INRENA)
AIRE	
Niveles máximos permisibles de elementos y compuestos presentes en emisiones gaseosas provenientes de las unidades minero-metalúrgicas (RM N° 315/96- EM/VMM)	MEM
Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire (DS N° 074- 2001-PCM)	CONAM
Establecen valor anual de concentración de plomo (DS N° 069-2003)	CONAM
Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (DS N° 085- 2003-PCM)	CONAM
Reglamento de Seguridad e Higiene Minera – Art 82 y 86 (DS N° 046-2001-EM)	MEM
FLORA Y FAUNA	
Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley N° 26834)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Reglamento de la ley de áreas naturales protegidas (DS N° 038-2001-PCM)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Ley N° 26821)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica (Ley N° 26839)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)

LEGISLACIÓN AMBIENTAL MINERA	
Legislación	Institución Reguladora
Reglamento de la ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica (DS N° 068-2001-PCM)	
Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 27308)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Reglamento de la ley forestal y de fauna silvestre (DS N° 014-2001-AG)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica del Perú (DS N° 102-2001-PCM)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Aprueban Categorización de especies amenazadas de fauna silvestre y prohíben su caza, captura, tenencia, transporte o exportación con fines comerciales	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
Clasificación de Especies de Flora Silvestre (RM N° 01710-77-AG)	Ministerio de Agricultura (Supervisado por INRENA)
RECURSOS ARQUEOLÓGICOS	
Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación (Ley N° 28296)	INC
Reglamento de Investigación Arqueológica (RS 004-2000-ED)	INC
Reglamento General de Aplicación de Sanciones Administrativas por Infracciones en contra del Patrimonio Cultural de la Nación (RD N° 1405/INC)	INC
Ley N° 28567 – Modifica Art 226 y 228 del Código Penal	Poder Ejecutivo
Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Cultura DS N° 017-2003-ED	INC
RESIDUOS SÓLIDOS	
Ley General de Residuos Sólidos (Ley 27314)	CONAM
Reglamento de la Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos (DS N° 057- 2004-PCM)	CONAM
Ley que Regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligroso (Ley N° 28256)	CONAM
Reglamento de Seguridad e Higiene Minera – Art 175 (DS N° 046-2001-EM)	MEM
Aprueban lineamientos para la elaboración de planes de contingencia a emplearse en actividades minero metalúrgicas relacionadas con la manipulación de cianuro y otras sustancias tóxicas o peligrosas (RD N° 134-2000-EM/DGM)	MEM
Disponen que titulares mineros presenten manuales para transporte, carga y descarga, almacenamiento, control y manipuleo de cianuro y otras sustancias tóxicas o peligrosas (RD N° 113-2000-EM/DGM)	MEM
OSINERG	
Ley del Organismo Supervisor de Inversión en Energía (OSINERG) (Ley N° 26734)	Poder Ejecutivo
Reglamento General del Organismo Supervisor de Inversión en Energía – OSINERG (DS N° 054-2001-EM)	MEM
Texto Único de Procedimientos Administrativos del OSINERG (DS 051-2002-PCM)	Poder Ejecutivo
DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS	

LEGISLACIÓN AMBIENTAL MINERA	
Legislación	Institución Reguladora
Reglamento de la Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros (DS N° 029-97-EM)	MEM
Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y otros Productos Derivados de los Hidrocarburos (D.S. 030-98-EM) (D.S. 045-2001-EM)	MEM
Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos (D.S. 052-93-EM)	MEM
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD	
Norma Técnica "Uso de la Electricidad en Minas" (RM 308-2001-EM-VME)	MEM
Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas (DS 029-94-EM)	MEM
DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL	
Ley Orgánica del Ministerio de Salud (DL N° 757)	Poder Ejecutivo
Ley General de Salud	Poder Ejecutivo
JUNTAS DE USUARIOS	
Reglamento del Título X, referente a los procedimientos administrativos y las juntas de usuarios (DS N° 495-71-AG)	Ministerio de Agricultura
Ley General de Aguas (Decreto Ley N° 17752)	Poder Ejecutivo
Reglamento de Organización Administrativa del Agua (DS N° 057-2000-AG)	Ministerio de Agricultura

6.8.- Tablas para el Cálculo de Riesgo

A.- Nivel, características y valor de las zonas de peligro.

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	1 < de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico	3 De 51% a 75% ^o

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo ("lloclla"). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por otros peligros: maremoto, heladas, etc. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico	4 De 76% a 100%

Fuente: INDECI (Perú)

B.- Vulnerabilidad ambiental

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Condiciones Atmosféricas	Niveles de temperatura al promedio normales	Niveles de temperatura ligeramente superior al promedio normal	Niveles de temperatura superiores al promedio normal	Niveles de temperatura superiores estables al promedio normal
Composición y calidad del aire y el agua	Sin ningún grado de contaminación	Con un nivel moderado de contaminación	Alto grado de contaminación	Nivel de contaminación no apto
Condiciones Ecológicas	Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación	Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación.	Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación

VB (Vulnerabilidad Baja)
VA (Vulnerabilidad Alta)

VM (Vulnerabilidad Media)
VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)

Fuente: INDECI (Perú)

C.- Vulnerabilidad Física

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Material de construcción utilizada en viviendas	Estructura sismorresistente con adecuada técnica constructiva (de concreto o acero)	Estructura de concreto, acero o madera, sin adecuada técnica constructiva	Estructuras de adobe, piedra o madera, sin refuerzos estructurales	Estructuras de adobe, caña y otros de menor resistencia, en estado precario
Localización de viviendas (*)	Muy alejada > 5 Km	Medianamente cerca 1 – 5 Km	Cercana 0.2 – 1 Km	Muy cercana 0.2 – 0 Km
Características geológicas, calidad y tipo de suelo	Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buenas características geotécnicas	Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante	Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante	Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, mapa freática alta con turba, material inorgánico, etc.)

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Leyes existentes	Con leyes estrictamente cumplidas	Con leyes medianamente cumplidas	Con leyes sin cumplimiento	Sin ley

(*) Es necesario especificar la distancia, de acuerdo a la ubicación del tipo de vulnerabilidad

Fuente: INDECI (Perú)

D.- Vulnerabilidad Económica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Actividad Económica	Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local.	Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el autoconsumo.	Sin productividad y nula distribución de recursos.
Acceso al mercado laboral	Oferta laboral > Demanda	Oferta laboral = Demanda	Oferta laboral < Demanda	No hay Oferta Laboral.
Nivel de ingresos	Alto nivel de ingresos	Suficientes nivel de ingresos	Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas	Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas.
Situación de pobreza o Desarrollo Humano	Población sin pobreza	Población con menor porcentaje pobreza	Población con pobreza mediana	Población con pobreza total o extrema

Fuente: INDECI (Perú)

E.- Vulnerabilidad Social

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Nivel de Organización	Población totalmente organizada.	Población organizada	Población escasamente organizada	Población no organizada.
Participación de la población en los trabajos comunales	Participación total	Participación de la mayoría.	Mínima Participación	Nula participación
Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.	Fuerte relación	medianamente relacionados	Débil relación	No existe
Tipo de integración entre las organizaciones e Institucionales locales.	Integración total.	Integración parcial	Baja integración	No existe integración

Fuente: INDECI (Perú)

F.- Vulnerabilidad educativa

VARIABLES	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres	Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.
Programas de Capacitación (educación no formal) de la población en PAD.	La totalidad de la población esta capacitada y preparada ante un desastre	La mayoría de la población se encuentra capacitada y preparada.	la población esta escasamente capacitada y preparada.	no esta capacitada ni preparada la totalidad de la población
Campañas de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD.	Difusión masiva y frecuente	Difusión masiva y poco frecuente	Escasa difusión	No hay difusión
Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	Cobertura total	Cobertura mayoritaria	Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo	Cobertura desfocalizada

Fuente: INDECI (Perú)

G.- Vulnerabilidad Cultural

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres
Percepción de la población sobre los desastres	La totalidad de la población tiene una percepción real sobre la ocurrencia de desastres	La mayoría de la población tiene una percepción real de la ocurrencia de los desastres.	La minoría de la población tiene una percepción realista y más místico y religioso.	Percepción totalmente irreal – místico – religioso
Actitud frente a la ocurrencia de desastres	Actitud altamente previsoras	Actitud parcialmente previsoras	Actitud escasamente previsoras	Actitud fatalista, conformista y con desidia.

Fuente: INDECI (Perú)

H.- Vulnerabilidad Política

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Autonomía local	Total autonomía	Autonomía parcial	Escasa autonomía	No existe autonomía
Liderazgo político	Aceptación y respaldo total	Aceptación y respaldo parcial.	Aceptación y respaldo Minoritario.	No hay aceptación ni respaldo
Participación ciudadana	Participación total	Participación mayoritaria	Participación minoritaria	No hay participación
Coordinación de acciones entre autoridades locales y funcionamiento del CDC	Permanente coordinación y activación del CDC	Coordinaciones esporádicas	Escasa coordinación	No hay coordinación inexistencia CDC

Fuente: INDECI (Perú)

I.- Vulnerabilidad Científica y Tecnológica

VARIABLE	NIVEL DE VULNERABILIDAD			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25 %	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	Existen pocos estudios de los peligros naturales	No existen estudios de ningún tipo de los peligros.
Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	Población totalmente instrumentada	Población parcialmente instrumentada	Población con escasos instrumentos	Población sin instrumentos
Conocimiento sobre la existencia de estudios	Conocimiento total de los estudios existentes	Conocimiento parcial de los estudios	Mínimo conocimiento de los estudios existentes	No tienen conocimiento de los estudios
La Población cumple las conclusiones y recomendaciones	La totalidad de la población cumplen las conclusiones y recomendaciones	La mayoría de la población cumple las conclusiones y recomendaciones	Se cumple en mínima proporción las conclusiones y recomendaciones	No cumplen las conclusiones y recomendaciones

Fuente: INDECI (Perú)

J.- Nivel, Características y Valor de la Vulnerabilidad

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION /CARACTERISTICAS	VALOR
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total-y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y turgurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnera Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y turgurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	4 De 76% a 100%

Fuente: INDECI (Perú)

K.- Matriz de Peligro y Vulnerabilidad

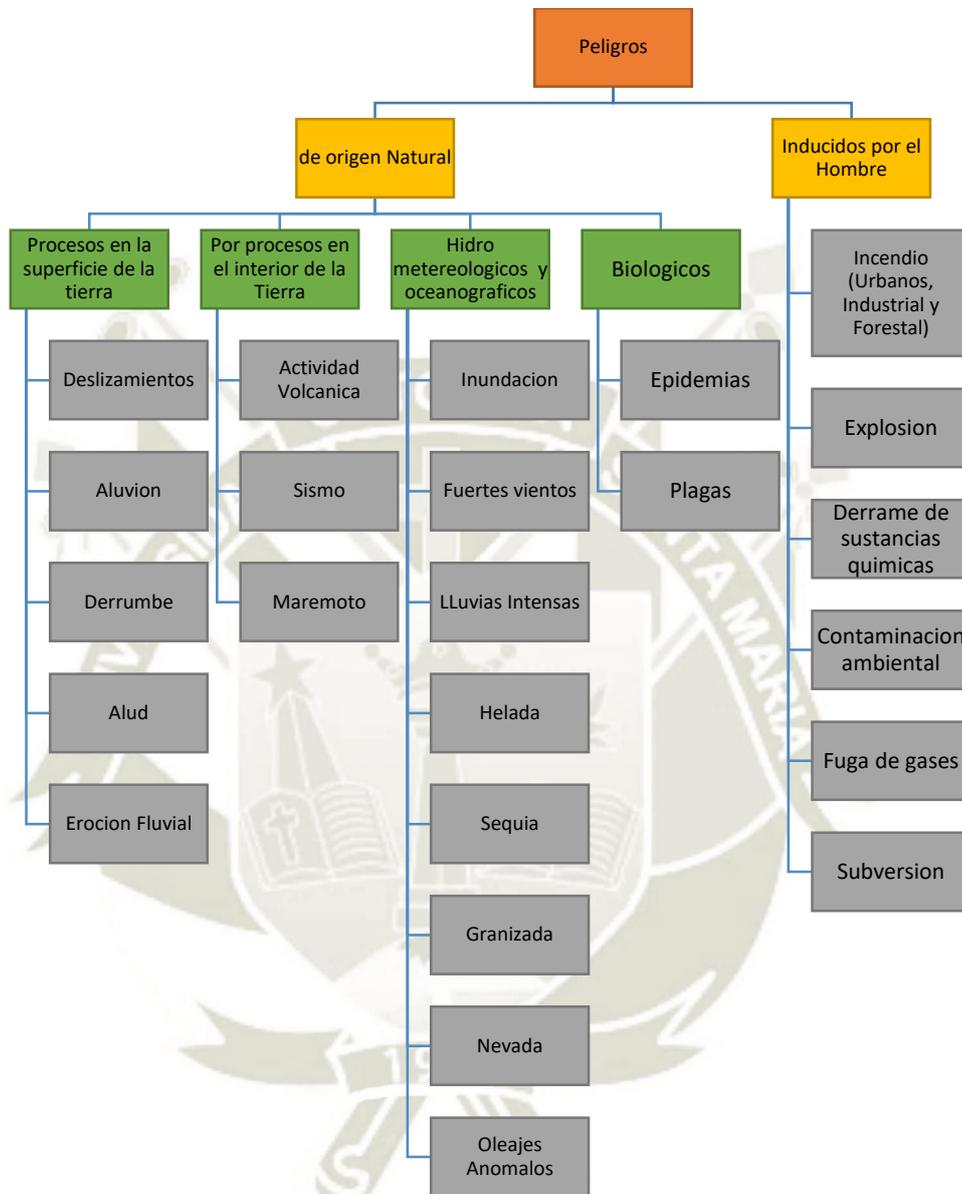
Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: INDECI (Perú)

LEYENDA:

- Riesgo Bajo (< de 25%)
- Riesgo Medio (26% al 50%)
- Riesgo Alto (51% al 75%)
- Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

L.- Clasificación de los principales Peligros según INDECI



Fuente: INDECI (Perú)