

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela Académico Profesional De Ingeniería Geológica.



## **TESIS PROFESIONAL**

**IMPACTOS GEOTÉCNICO-AMBIENTALES DEL PROYECTO MINERO  
EL GALENO EN CABECERAS DE LAS SUBCUENCAS  
CHAILHUAGÓN Y CHANCHE.  
PROVINCIA CELENDÍN - REGIÓN CAJAMARCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO GEÓLOGO**

### **Presentado por:**

Bach. Zarelita Magali Ayala Villa

### **ASESOR:**

Dr. Reinaldo Rodríguez Cruzado

Cajamarca – Perú

2022

## **AGRADECIMIENTO**

Mi especial agradecimiento a mi Alma Mater, Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, quienes aportaron sus conocimientos y experiencias que contribuyeron en mi formación profesional.

Un sincero agradecimiento a mi asesor Dr. Reinaldo Rodríguez Cruzado, quien me brindo todo su apoyo e interés durante el desarrollo de mi tesis.

A todos ellos mi eterna gratitud.

## DEDICATORIA

A Dios por haberme otorgado fortaleza, perseverancia y salud para poder concluir esta tesis, a mi madre Antonia, quien sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación.

A mi padre Siciño, quien me apoyo depositando su confianza y esperanza en mi persona.

Con todo mi amor y cariño a mis hermanas Nancy y Delicia, por creer en mi capacidad para seguir adelante; por enseñarme que los sueños se cumplen y más aún cuando tenemos a la compañía perfecta que para mí lo son ustedes.

A todas aquellas personas que me apoyaron sin esperar nada a cambio y siempre estuvieron compartiendo sus conocimientos, alegrías, tristezas y experiencias.

Zarelita.

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FOTOS.....	viii
ABREVIATURAS.....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi

## CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN .....	1
--------------------	---

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedente Nacional.....	4
2.1.2 Antecedente Regional .....	12
2.1.3 Antecedente Local .....	20
2.2 BASES TEÓRICAS .....	27
2.2.1 Sensoramiento Remoto .....	27
2.2.2 Geoestructuras .....	27
2.2.3 Geoformas o Unidades Morfogenéticas (UM) .....	28
2.2.4 Unidades Hidrográficas .....	30
2.2.5 Hidrología .....	32
2.2.6 Geohidrología .....	32
2.2.7 Matriz de Impactos Geoambientales MGA-RC18.....	33
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	37

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

	<b>Pág.</b>
3.1	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..... 38
3.1.1	Geográfica ..... 38
3.1.2	Política..... 38
3.2	ACCESIBILIDAD ..... 39
3.3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... 39
3.3.1	Tipo de Investigación..... 39
3.3.2	Población de estudio ..... 40
3.3.3	Muestra..... 40
3.3.4	Unidad de Análisis ..... 40
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..... 40
3.5	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS ..... 40
3.6	TIPO DE YACIMIENTO ..... 41
3.7	GEOLOGÍA REGIONAL ..... 43
3.8	GEOLOGÍA LOCAL ..... 43
3.8.1	Formación Chimú (Ki-chi) ..... 43
3.8.2	Formación Santa (Ki-sa)..... 44
3.8.3	Formación Carhuaz (Ki-ca)..... 45
3.8.4	Formación Farrat (Ki-f) ..... 46
3.8.5	Formación Inca (Km-in) ..... 47
3.8.6	Formación Chúlec (Km-ch)..... 48
3.8.7	Formación Pariatambo (Km-pt) ..... 48
3.8.8	Grupo Pulluicana (Km-p) ..... 48
3.9	ESTRUCTURAS..... 48
3.10	GEOMORFOLOGÍA ..... 50
3.11	HIDROLOGÍA ..... 53
3.12	HIDROGEOLOGÍA ..... 54
3.13	INFRAESTRUCTURA ..... 55

**CAPITULO IV**  
**ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

	<b>Pág.</b>
4.1 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	60
4.1.1 Geoestructuras .....	60
4.1.2 Unidades Morfogenéticas .....	60
4.1.3 Hidrología e Hidrogeología .....	62
4.1.4 Infraestructura Minera.....	72
4.1.5 Cálculo de Impactos Utilizando la Matriz MGA-RC18.....	72
4.1.6 Aplicación de la Matriz MGA-RC18 .....	81
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	85

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES.....	86
5.2 RECOMENDACIONES .....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	89
ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 2.1</i>	Características de las Unidades Geomorfológicas y su asociación a procesos erosivos. .... 6
<i>Tabla 2.2</i>	Síntesis de los criterios de diseño de los Tajos..... 8
<i>Tabla 2.3</i>	Parámetros de diseño de los botaderos..... 9
<i>Tabla 2.4</i>	Parámetros de diseño de la Relavera. .... 10
<i>Tabla 2.5</i>	Análisis de impactos residuales en el Río Challhuahuacho. .... 11
<i>Tabla 2.6</i>	Resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales en el Relieve. .... 17
<i>Tabla 2.7</i>	Resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales en suelos. .... 18
<i>Tabla 2.8</i>	Resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales en Aguas Subterráneas y Superficiales... 19
<i>Tabla 2.9</i>	Porcentaje y área de las unidades fisiográficas ..... 21
<i>Tabla 2.10</i>	Porcentaje y área de las unidades fisiográficas ..... 22
<i>Tabla 2.11</i>	Matriz para Clasificación de Unidades Morfogenéticas (UM)..... 28
<i>Tabla 2.12</i>	Tamaño relativo de las cuencas hidrográficas ..... 31
<i>Tabla 2.13</i>	Matriz de Impactos Geoambientales – MGA-RC18 ..... 36
<i>Tabla 3.1</i>	Distancias al Proyecto El Galeno ..... 39
<i>Tabla 4.1</i>	Áreas de las Unidades Morfogenéticas..... 61
<i>Tabla 4.2</i>	parámetros Geomorfológicos de las subcuencas. .... 64
<i>Tabla 4.3</i>	Cálculo del factor de transposición para la Subcuenca Chanche. .. 65
<i>Tabla 4.4</i>	Cálculo del factor de transposición para la Subcuenca Chaihuagon. .... 66
<i>Tabla 4.5</i>	Cálculo del factor de transposición para la Subcuenca Chirimayo.. 66
<i>Tabla 4.6</i>	Análisis de Precipitación anual en la Subcuenca Chanche..... 67
<i>Tabla 4.7</i>	Análisis de Precipitación anual en la Subcuenca Chailhuagon. .... 68
<i>Tabla 4.8</i>	Análisis de Precipitación anual en la Subcuenca Chirimayo. .... 69
<i>Tabla 4.9</i>	Balance Hidrológico Subcuenca Chanche. .... 70
<i>Tabla 4.10</i>	Balance Hidrológico Subcuenca Chaihuagon. .... 71
<i>Tabla 4.11</i>	Balance Hidrológico Subcuenca Chirimayo. .... 71
<i>Tabla 4.12</i>	Áreas de la Infraestructura Minera en el AID ..... 72

	<b>Pág.</b>
<i>Tabla 4.13</i> Áreas de la Infraestructura Minera en el AID .....	73
<i>Tabla 4.14</i> Infraestructura Minera y la Afectación de las Geoestructuras .....	74
<i>Tabla 4.15</i> Porcentaje de la Geología dentro del AID .....	74
<i>Tabla 4.16</i> Resumen de las Formaciones que serán afectadas con la implantación de la Infraestructura Minera. ....	75
<i>Tabla 4.17</i> Áreas de la Infraestructura Minera en el AID .....	76
<i>Tabla 4.18</i> Áreas de las Unidades Morfogenéticas dentro del AID .....	76
<i>Tabla 4.19</i> Infraestructura minera implantada en las Unidades Morfogenéticas .....	77
<i>Tabla 4.20</i> Áreas de la Infraestructura minera implantada en el AID .....	78
<i>Tabla 4.21</i> Áreas de la Unidades Hidrográficas en el AID .....	78
<i>Tabla 4.22</i> Infraestructura Minera vs Unidades Hidrográficas .....	79
<i>Tabla 4.23</i> Impactos en Hidrología. ....	81
<i>Tabla 4.24</i> Matriz de Impactos Ambientales Simulada .....	92



## INDICE DE FOTOS

Pág.

Foto 3.1	Se observa en la parte izquierda grandes bancos de roca de la Formación Chimú, comprendida por rocas areniscas de grano medio altamente intemperizadas ..... 78
Foto 3.2	Se observa en la parte izquierda grandes bancos de roca de la Formación Chimú, comprendida por rocas areniscas de grano medio altamente intemperizadas. .... 45
Foto 3.3	Se observa en la parte izquierda grandes bancos de roca de la Formación Chimú, comprendida por rocas areniscas de grano medio altamente intemperizadas. .... 46
Foto 3.4	Afloramiento de la Formación Farrat en la parte superior de la Laguna Dos Colores mostrándose una gran pendiente en estratos de areniscas cuarzosas..... 47
Foto 3.5	Afloramiento de la Formación Inca de lutitas grises muy intemperizadas en el corte de carretera. .... 47
Foto 3.6	Planicie en la parte media de la Subcuenca de la Quebrada Chanche compuesto por depósitos aluviales. Económicamente es aprovechado para actividades pecuarias..... 51
Foto 3.7	Lomada en la parte Baja de la Subcuenca Chailhuagon compuesto por rocas de la formación Chimú y deposito Coluvio – aluviales. ... 52
Foto 3.8	Laderas próximas a la Laguna Milpo compuesto por areniscas con lutitas de la Formación Carhuaz..... 52
Foto 3.9	Escarpa en la parte lateral derecha del Campamento El Galeno compuesto por rocas areniscas. .... 53

## ABREVIATURAS

ABA	:	Acid Base Account
PARA	:	Process Research Associates
LOM	:	Life of Mine
EIA <sub>sd</sub>	:	Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado
MEIA <sub>sd</sub>	:	Modificación del Estudio de Impacto Ambiental semidetallado
MEM	:	Ministerio de Energía y Minas
UTM	:	Universal Transversal de Mercator
WGS-84	:	World Geodetic System 1984
MGA-RC18	:	Matriz de Gestión Ambiental
AID	:	Área de Influencia Directa
RAMSAR	:	Convención de Humedales de Importancia Internacional
FCIHS	:	La Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea
UM	:	Unidades Morfogenéticas
DAR	:	Drenaje ácido de roca
MDE	:	Modelo Digital de Elevaciones
EIA	:	Estudio de Impacto Ambiental
SIG	:	Sistema de Información Geográfico
NPC	:	Northern Perú Copper Corp
Km	:	Kilómetros
m	:	Metros
SC	:	Subcuenca
IGA	:	Instrumentos de Gestión Ambiental

## RESUMEN

La investigación determina los impactos geotécnico-ambientales del proyecto minero El Galeno en cabeceras de las subcuencas Chailhuagon y Chanche. Dicho proyecto está ubicado en los distritos de Sorochuco y la Encañada siendo un pórfido de cobre, oro, plata y molibdeno que se encuentra emplazado dentro de rocas sedimentarias Cretácicas del Grupo Goyllarisquizga, dentro del Área de Influencia Directa (AID). El objetivo fue analizar los impactos geotécnico ambientales que producirá la implantación de la infraestructura minera en las variables geoambientales: geoestructuras, geoformas, hidrología y geohidrología; que se han determinado mediante la matriz de impactos ambientales con un análisis cuantitativo mediante la obtención de imágenes satelitales con sensoramiento remoto, desde satélites como Google y como plataforma de proceso el programa SAS PLANET, georreferenciadas con coordenadas UTM, se procesó con el programa ARGIS lo que ha permitido determinar que los impactos en las variables geoambientales son considerablemente negativos.

El resultado final de la investigación constituye la matriz cuantitativa de impactos en las tres subcuencas, considerando la variable independiente implantación del proyecto versus las variables impactadas y sus componentes; instrumento que deberá ser utilizado por la empresa minera el Galeno para medir datos reales de impactos geoambientales, lográndose un EIA consistente, real y aceptable, posibilitando la ejecución del proyecto.

Palabras Claves: Geoestructura, Geoforma, Hidrología, Geohidrología.

## **ABSTRACT**

The investigation determines the geotechnical-environmental impacts of the El Galeno mining project in the headwaters of the Chailhuagon and Chanche sub-basins. Said project is located in the districts of Sorochuco and La Encañada, being a porphyry of copper, gold, silver and molybdenum that is located within Cretaceous sedimentary rocks of the Goyllarisquizga Group, within the Area of Direct Influence (AID). The objective was to analyze the geotechnical environmental impacts that the implantation of the mining infrastructure will produce in the geo-environmental variables: geostructures, geoforms, hydrology and geohydrology; that have been determined through the matrix of environmental impacts with a quantitative analysis by obtaining satellite images with remote sensing, from satellites such as Google and as a processing platform the SAS PLANET program, georeferenced with UTM coordinates, was processed with the ARGIS program which has made it possible to determine that the impacts on geo-environmental variables are considerably negative.

The final result of the investigation constitutes the quantitative matrix of impacts in the three sub-basins, considering the independent variable implementation of the project versus the impacted variables and their components; instrument that should be used by the mining company El Galeno to measure real data on geo-environmental impacts, achieving a consistent, real and acceptable EIA, enabling the execution of the project.

Keywords: Geostructure, Geoform, Hydrology, Geohydrology.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento que permite identificar los posibles impactos resultantes de la ejecución de un proyecto y los evalúa determinando cuáles son los impactos más significativos para finalmente establecer las medidas y acciones necesarias para prevenirlos, mitigarlos y/o corregirlos. Para garantizar el desarrollo de un proyecto es necesario que, dentro de su planeamiento, diseño y desarrollo, se introduzca criterios ambientales, que permitan que éste se constituya realmente en una actividad que contribuya eficazmente al desarrollo sostenible.

Las consideraciones ambientales durante su diseño y planeamiento, permite garantizar la adecuada gestión ambiental de los mismos durante la construcción, desarrollo y cierre; garantizando la viabilidad tanto técnico-económica, como ambiental del proyecto.

La implantación del Proyecto minero El Galeno en las cabeceras de las subcuencas Chirimayo, Chanche y Chailhuagon, impactarán las variables geoestructuras, geoformas, unidades hidrológicas y geohidrológicas, repercutiendo directamente sobre la recarga de acuíferos, drenajes y manantiales.

Es por ello que se genera la incógnita: ¿Cuáles son los impactos geotécnico-ambientales que genera el proyecto minero El Galeno?, el desarrollo y éxito de la investigación gira en torno a comprobar una respuesta anticipada, la cual se estructura de la siguiente manera: El proyecto minero El Galeno ubicado en los distritos de Sorochuco y La Encañada, es un pórfido de cobre, oro, plata y molibdeno que se encuentra emplazado dentro de rocas sedimentarias cretácicas del Grupo Goyllarizquisga, dentro del Área de Influencia Directa este yacimiento se explotará mediante el método a cielo abierto denominado open pit originando la

producción de mineral económico en concentrados, originando un depósito de relaves, depositación de residuos en un botadero, los cuales impactarán los sistemas geoambientales de las cabeceras de tres subcuencas: Chailhuagón, Chirimayo y Chanche, impactando los ambientes geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos.

El estudio del Proyecto Minero El Galeno, es indispensable para realizar una evaluación del impacto geotécnico-ambiental, para analizar de manera objetiva la gestión ambiental, social, económica del proyecto en exploración, para que este sea viable y se ejecute, bajo responsabilidad y compromiso. Es por ello que con el estudio del proyecto El Galeno ubicado en los distritos de Sorochuco y la Encañada en la Región Cajamarca se pretende identificar y evaluar el área de influencia directa e indirectamente para ello es importante definir los impactos dentro del área de influencia directa (AID) de los sistemas geoestructural, geomorfológico e hidrológico con la implantación de la infraestructura minera lo que nos permitirá cuantificar los probables impactos mediante la utilización de la Matriz MGA-RC18.

Con el fin de dar veracidad a la investigación se plantea objetivos específicos que nos permitan evaluar los impactos geotécnico-ambientales estos son: Obtener la imagen satelital del área de investigación, definir las características geológicas del proyecto El Galeno, generar los planos temáticos a partir de imágenes satelitales, definir los impactos en las variables, geoestructuras, geoformas e hidrológicas en el Área de Influencia Directa, cuantificar los impactos geotécnico-ambientales. No obstante, existió limitaciones, que de alguna u otra manera dificultaron el desarrollo de la misma y es el acceso a la zona de investigación, debido que la empresa ha restringido el ingreso a personas que no son de su empresa.

La investigación se organizó en cinco capítulos donde se incluye sus respectivos ítems, como figura en el índice de contenido.

En el capítulo I, se describe el planteamiento y formulación del problema, justificación, delimitación, limitaciones, objetivos e hipótesis de la investigación.

El capítulo II, contiene el marco teórico de esta investigación; bases teóricas de algunos proyectos mineros; definición de términos básicos, con la finalidad de establecer una relación con cada una de ellas, sirviendo de base y sostenimiento de dicha investigación.

El capítulo III, está constituido por la descripción de los materiales y métodos que se utilizó en esta investigación: ubicación geográfica, accesibilidad, metodología, técnicas e instrumentos de recolección de datos y la descripción del procedimiento y procesamiento de la información, para finalizar con el contexto geológico; dentro de las cuales ubicamos la geología, geomorfología, geología estructural e infraestructura minera.

En el capítulo IV, se presenta el análisis y discusión de resultados, donde se hizo el análisis de la información y presentación de los resultados obtenidos, por último, la contrastación de la hipótesis, determinando así la veracidad de la misma.

El capítulo V, muestra las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS**

##### **2.1.1 Antecedente Nacional**

➤ Estudio de Impacto Ambiental Las Bambas - 2010

○ *Socios*

Minera Las Bambas S.A.C consorcio formado por MMG (62.5%) unidad que cotiza en Hong Kong de China Minmetals corporation, una subsidiaria de propiedad total de Guoxin International Investment Co. Ltd (22.5%) y CITIC Metal Co. Ltd (15%).

○ *Ubicación, Altitud, Clima, Temperatura*

El Área Las Bambas se ubica entre los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba y Coyllurqui en la Provincia de Cotabambas y el Distrito del Progreso en la Provincia de Grau, en el departamento de Apurímac, así como también los distritos de Coporaque y Espinar en la Provincia de Espinar Departamento de Cusco.

○ *Geoestructuras*

El entorno regional del proyecto está rodeado en el límite sur por la Desviación Abancay (12° a 14° Latitud sur). Esta estructura se caracteriza por evidencia un cambio en la tendencia de los Andes Peruanos al ir de NW-SE a E-W por más de 200 km como consecuencia del choque diferencial de la porción dorsal de la placa de nazca con el margen litoral del Pacifico peruano.



El proyecto, dentro de este contexto geológico regional, se ubica en el cinturón porfirítico-skarn Cu-Mo-Au denominado cinturón de skarn Andahuaylas-Yauri localizado en el sureste del Perú en una zona de anomalía atribuida a la orogénesis inca a fines del Eoceno y principios del Oligoceno; este cinturón metalogénico se encajona principalmente en el Batolito de Andahuaylas-Yauri, que tiene múltiples intrusiones de composición calcoalcalinas. Las principales deformaciones de la región, que son causas de fallamiento y plegamiento, están relacionadas con la Fase Inca. Localmente, el área de los yacimientos de las Bambas tiene rocas de naturaleza ácida (granodiorita) a naturaleza intermedia (monzonita) que intrusionan las rocas sedimentarias y, entre estas últimas, la caliza de la Formación Ferrobamba. Las monzonitas relacionadas con los yacimientos Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba se adhiere al lineamiento estructural WNW-ESE en la misma dirección que la tendencia del Batolito de Andahuaylas-Yauri.

- *Geoformas*

El relieve en el AID está caracterizado por presentar una morfología montañosa y colinas con pendientes fuertes y moderadas a suaves. En las partes altas próximas a las divisorias de las subcuencas principales los valles son amplios y hacia las zonas media a bajas son cerradas, en donde tienen un comportamiento acumulativo-erosivo con predominancia de formación de terrazas aluviales alternadas con procesos de socavación lateral.

Las unidades geomorfológicas presentes el AID fueron identificadas según sus características de rasgos determinantes y diferenciables consideras como: Planicies y depresiones, Piedemonte, Colinas – lomadas y montañas asociadas a procesos erosivos como lo muestra la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características de las Unidades Geomorfológicas y su asociación a procesos erosivos.

Unidades Geomorfológicas		Origen	Pendiente	Composición Litológica	Descripción	Asociación a Procesos Erosivos
Planies y depresiones	Planicie aluvial/terracea alta/fondo de valle fluvial	Agradacional	0° a 1°	Compuesta o de materiales no consolidados	Terrenos extensos por encima del cause y la llanura de inundación fluvial.	Erosión fluvial, derrumbes y erosión de tierras.
	Llanura o planicie inundable		0° a 1°	Ídem anterior	Superficie adyacente a los ríos principales, mismo curso fluvial, sujeto a inundación recurrente.	Erosión fluvial, inundación periódica.
	Planicie con bofedales		0° a 1°	Arcilla, arena, grava y bloques glaciales no estratificados, con afloramientos del sustrato.	Planicie aluvial o fluvio-glaciar c/presencia de agua de infiltración y drenaje pobre, suave depresión que genera área de bofedales en cierta época del año.	Reptación, hundimientos, generación de bofedales.
	Lagunas/valles glaciares		1°	Emplazadas en rocas calizas en contacto con intrusivos.	Zonas Planas y depresiones menores, que han dado lugar a distribución de lagunas pequeñas.	Erosión fluvial, inundación.
Piedemonte	Cono diluvio - coluvial	Agradacional	1° a 5°	Asociados a morrenas.	Depósitos de flujos de detritos no canalizados.	Erosión fluvial.
	Detritos de vertiente	Agradacional	1° a 5°	Litología homogénea y granulometría variada.	Ocurrencia limitada - no ha sido cartografiada.	Erosión de ladera, reptación de suelos.
	Deslizamientos	Denudacional	1° a 5°	Tobas volcánicas, intrusivos, calizas; arena arcilla, limos.	se han clasificado en el AID 39 deslizamientos.	Movimientos de masa.
Colinas y Lomadas	Colinas	Denudacional	Mayor a 8°	Intrusivos, sedimentarios y cobertura.	Superficies de terreno con alturas menores de 300 m.	Caída de rocas, erosión de ladera, derrumbes, vuelcos, reptación.
	Colinas Estructurales		Mayor a 10°	Sedimentarias asociadas a intrusivos.	Mayor presencia de estructuras Geológicas.	Ídem anterior.
	Colinas Volcánicas		5° a 15°	Volcánicos piroclásticos.	Se desarrollan en volcánicos expuestos en flancos del Rio Ferrobamba y Récord.	Caída de rocas, erosión de ladera, derrumbes, vuelcos.
	Lomadas		4° a 8°	Volcánicos sedimentarios.	Colinas bajas con cima y laderas amplias.	Erosión de ladera y reptación de suelos.
	Depósitos Glaciares/Morrenas		4° a 8°	Rocas volcánicas y sedimentarias.	Asociado a procesos de Reptación de suelos, erosión de laderas, flujos de detritos y deslizamientos.	Erosión de ladera, deslizamientos, reptación de suelo, flujo de detritos.
Montañas	Montañas estructurales	Tectónica y denudación	15° a 40°	Asociada a calizas en contacto con intrusivos.	Secuencias estratificadas, plegadas - buzamiento que controlan pendientes en Laderas.	Caída de rocas, erosión de ladera, derrumbes, vuelcos, reptación, karst, flujo de detritos.
	Montañas de moderada pendiente		15° a 40°	Calizas, granodioritas, gabros.	Se distribuyen de 4 100 a 4 400 msnm.	Erosión de laderas, reptación de suelos, deslizamientos y caída de rocas.
	Montaña de fuerte pendiente		Mayos a 45°	Calizas, cuerpos intrusivos, skarn resistentes a erosión.	Se distribuyen de 4 300 a 4 650 msnm.	Derrumbes, deslizamientos y caída de rocas

Fuente: EIA Proyecto Las Bambas-2010

- *Hidrología superficial*

La caracterización hidrológica considero aquellas microcuencas que pueden verse alteradas por las futuras operaciones mineras. Desde el punto de vista hidrográfico el proyecto se ubica en la divisoria de los drenajes de los ríos Vilcabamba y Santo Tomas, ambos pertenecientes a la cuenca del Rio Apurímac. Los ríos que drenan hacia el oeste (cuenca Vilcabamba) son los ríos Trapiche, Pallca y Pamputa. Los ríos que drenan hacia el este (cuenca Santo Tomas) son: Río Record-Challhuahuacho, Río Ferrobamba, Río Pumamarca, Río Tambobamba y Río Palcaro. Los cursos del agua que podrían verse afectados por la explotación de las áreas mineralizadas son los Ríos Pamputa, Anchapillay, Ferrobamba y Record-Challhuahuacho.

- *Geohidrología*

El desarrollo de la mina requerirá la extracción de aguas subterráneas para desaguar tres tajos separados en dos cuencas principales, el desarrollo de botaderos de material estéril al lado de los tajos y deposición de relaves en una sola instalación de manejo de relaves dentro de la cuenca del Río Ferrobamba. Los impactos hidrogeológicos potenciales están asociados a condiciones de cantidad y calidad de aguas superficiales debido a la interferencia potencial con manantiales y caudales por lo que los niveles de agua subterránea en todo el proyecto tienden a corresponder a la topografía en respuesta a la infiltración de precipitación del área. Así la dirección del flujo de agua subterráneas es subparalela al drenaje superficial y las cuencas de drenaje superficial también pueden considerarse cuencas de aguas subterráneas.

- *Tipo de Yacimiento*

El Yacimiento las Bambas esta ubicados en la franja de depósitos de Cu (Mo-Au) de tipo skarn controlados por el Batolito de Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno. Se han identificado tres áreas de mineralización: Ferrobamba es el más importantes en términos de mineralización de Cu, con índice anómalo de oro, plata y molibdeno.

Chalcobamba un área mineralizada de aproximadamente 300 ha y Sulfobamba presenta calizas de la Formación Ferrobamba que son cortadas por la intrusión de varias fases y parte de esta área está cubierta por sedimentos glaciares cuaternarios.

○ *Infraestructura Minera*

El Proyecto será desarrollado principalmente en tres áreas: el área de minado donde se ubican los tajos abiertos, los botaderos de Material Estéril, la planta de procesamiento de mineral, el depósito de relaves e instalaciones auxiliares, denominada Área Las Bambas, observándose en el Figura 2.1 (Instalaciones del Proyecto Minero Las Bambas).

○ *Tajos Abiertos*

El plan de minado en el Área Las Bambas incluirá el desarrollo de tres tajos abiertos. El Tajo Ferrobamba tendrá una huella final de aproximadamente 311 ha, el Tajo Chalcobamba de 130 ha y el Tajo Sulfobamba de 75 ha. Los tajos se excavarán mediante la conformación de una serie de bancos, los que hacen necesaria la construcción de un conjunto de rampas, taludes y bermas. Los criterios de diseño serán los siguientes:

Tabla 2.2. Síntesis de los criterios de diseño de los Tajos

Altura de Banco:	15 m (H) para banco simple y 30 m para banco doble
Angulo de Talud Total:	34° ( $\alpha$ ) y ángulo de cara de banco de 65° ( $\gamma$ )
Profundidad de los Tajos:	855 m para el Tajo Ferrobamba, 435 m para el Tajo Chalcobamba, y 360 m para el Tajo Sulfobamba
Ancho de Rampa:	35 m, basado en un camión típico de 300 t.
Ancho Mínimo de Expansión:	70 m por ambos costados y 45 m por un sólo costado, considerando un radio de carguío de 30 metros
Pendiente de Rampa:	Máximo 10 %
Altura de Berma:	Mínimo 1,7 m.

Fuente: EIA Las Bambas-2010 pág. 66

- *Botaderos de Material Estéril*

Para el diseño de los botaderos de material estéril se tuvieron en consideración las siguientes características del emplazamiento minero: la disponibilidad del área (topografía, extensión de la concesión minera y propiedad de los terrenos superficiales), la ubicación potencial de las chancadoras primarias, la ubicación de otra infraestructura, la ubicación del depósito de relaves y el diseño de los tajos abiertos.

En virtud de lo anterior y para optimizar las distancias de transporte, se ha planificado la construcción de cuatro botaderos, uno para Ferrobamba, dos para Chalcobamba y uno para Sulfobamba, con los parámetros de diseño que se presentan en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3. Parámetros de diseño de los botaderos.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	
Altura máxima	– Ferrobamba	370 m
	– Chalcobamba	310 m
	– Sulfobamba	160 m
Altura máxima de banco	50 m	
Angulo de reposo	37°	
Talud Global	27°	
Ancho de berma entre bancos	30 m	
Densidad promedio (material chancado)	1.8 t/m <sup>3</sup>	
Botadero Ferrobamba	389 ha	
Botadero Chalcobamba Norte	92 ha	
Botadero Chalcobamba Noreste	104 ha	
Botadero Sulfobamba	88 ha	

Fuente: EIA Proyecto las Bambas-2010 pág. 67.

- *Depósito de Relaves*

El depósito ha sido diseñado para almacenar 875 Mt de relaves secos siendo necesario construir una presa de contención que contenga el relave al interior del

depósito. La presa será construida con material de relleno compactado, obtenido principalmente del material estéril proveniente del Tajo Ferrobamba, el cual no tiene potencial de generación de drenaje ácido de roca (DAR). La presa principal se ha diseñado con el método de crecimiento aguas abajo y crecerá progresivamente durante la etapa de operación del Proyecto.

El área aproximada de toda la instalación será de 844 ha, considerando la presa y el embalse. El depósito posee un sistema de captación y manejo de aguas naturales de no contacto que permite minimizar el ingreso de escorrentías a la instalación, desviando esta agua y descargándolas aguas abajo del depósito para incorporarlas al cauce del Río Ferrobamba. Las características de diseño del Depósito de Relaves se presentan a continuación:

Tabla 2.4. Parámetros de diseño de la Relavera.

<b>Parámetro</b>	<b>valor</b>
Capacidad de almacenamiento de relaves	875 Mt
Densidad promedio	1.5 t/m <sup>3</sup>
Pendiente de depositación del relave	0-5 años: 0%-0.5 % 6-8 años: 0.5%-2% 8 -17,6 años: 2%
Volumen total	403 Mm <sup>3</sup>
Volumen Laguna de Operación (mínimo)	2500m <sup>3</sup>
Huella final	844 ha
Material de construcción de la presa	Enrocado (material estéril tomado del Tajo Ferrobamba)
OBE, Sismo de diseño Operacional	Periodo de retorno: 475 años Aceleración máxima en superficie: 0,27 g
MCE, Sismo máximo creíble	Periodo de retorno: 2 475 años Aceleración máxima en superficie: 0,45 g

Fuente: EIA Proyecto las Bambas-2010 pág. 69

El volumen total de relleno necesario para la presa de relaves alcanza aproximadamente a 200 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>). La presa tendrá una altura total de 220 m medidos verticalmente bajo el coronamiento respecto del fondo del cauce del Río Ferrobamba.

○ *Manejo Ambiental*

En el área Las Bambas el proyecto generará un impacto de dirección negativa pues las formas naturales serán transformadas en actividades de excavación y disposición de residuos mineros en superficie, afectarán la distribución natural de las pendientes del AID, incrementando las superficies tanto de pendientes bajas y altas, pero disminuyendo las superficies de pendientes moderadas. Se considera que esta se ve afectada un 19% del relieve del AID.

Durante la etapa de operación, los cambios en la escorrentía superficial y el agua subterránea podrían resultar en reducción de caudales aguas abajo según la época del año por tanto la dirección de impactos residuales del cambio en el caudal sería negativa. La reducción del caudal durante la etapa de operación sería reversible en la etapa de cierre y la frecuencia se considera alta en la etapa de operación porque la reducción de caudal sería continua, así como se tiene en la siguiente tabla.

Tabla 2.5. Análisis de impactos residuales en el Río Challhuahuacho.

Dirección	Magnitud	Extensión Geográfica	Duración	Reversibilidad	Frecuencia	Consecuencia Ambiental
<b>Etapa de Operación, en SW-05 (Aguas abajo del Reservorio Challhuahuacho)</b>						
Negativa	Moderada	Local	Mediano Plazo	Reversible	Alta	Baja
<b>Etapa de Operación, en SW-03 (Aguas abajo de confluencia con Río Pumamarca)</b>						
Negativa	Baja	Local	Mediano Plazo	Reversible	Alta	Baja
<b>Inundación del Tajo Ferrobamba y Etapa de Post-Cierre, en SW-05 (Aguas abajo del Reservorio Challhuahuacho)</b>						
Positiva	Insignificante/Baja	Local	Largo Plazo	Irreversible	Baja	Insignificante/Baja
<b>Inundación del Tajo Ferrobamba y Etapa de Post-Cierre, en SW-03 (Aguas abajo de confluencia con Río Pumamarca)</b>						
Positiva	Insignificante	Local	Largo Plazo	Irreversible	Baja	Insignificante

Fuente: EIA Proyecto las Bambas -2010 Volumen C pág. 25

En la etapa de post-cierre el manejo de agua del Río Pamputa y Ferrobamba, así como las actividades de rehabilitación, podrían tener un efecto de reducción en los niveles de sedimentación de los principales cursos del agua estableciéndose así una consecuencia ambiental baja para esta etapa.

### **2.1.2 Antecedente Regional**

➤ **Análisis Proyecto La Zanja - EIA 2009**

○ *Socios*

La Zanja, proyecto que Buenaventura pudo empezar a desarrollar, es una mina de oro y plata a cielo abierto en la que tiene una participación del 53%, siendo dueña del 47% restante la minera americana Newmont Mining. Por su parte, Coimolache, la mina de oro y plata que entró en operación el año pasado, forma parte del proyecto Tantahuatay en el que Buenaventura posee una participación del 40%.

○ *Ubicación, Altitud, Clima, Temperatura*

El Proyecto La Zanja, está ubicado en el caserío La Zanja (también denominado La Redonda), en el distrito de Pulán, provincia de Santa Cruz de Succhabamba, departamento de Cajamarca. El área del proyecto comprende las zonas altas de este distrito, a una altitud que varía entre los 2 800 y 3 811 msnm y la zona limítrofe con los distritos de Catache de la misma provincia de Santa Cruz de Succhabamba y Calquis, Tongod de la provincia de San Miguel de Pallaques.

○ *Geoestructuras*

El tectonismo principal de la zona está marcado por la fase Quichuana II, de la evolución tectónica andina, que se manifiesta por suaves plegamientos y estructuras regionales NO.

Se observan tres sistemas de estructuras principales, de orientación aproximada según su importancia N45°O, N-S y N45°E respectivamente. Las fallas Vizcachas,



Pincullo, Cuyoc y Corrales son representativas del primer sistema, las fallas Pisit, Campanario y Cedro representan el segundo sistema y la falla Río Blanco sería representativa del tercer sistema de fallas.

- *Geoformas*

Geomorfológicamente, el área del Proyecto La Zanja forma parte del contrafuerte occidental andino del norte del Perú, presenta una fisiografía compleja, conformada por numerosas quebradas cuyas laderas presentan gradientes pronunciadas y espacios relativamente planos ubicados en las zonas altas por encima de los 3 500 m de altitud que se conocen como Superficie Puna, tal es el caso de la pampa Del Bramadero.

El Proyecto La Zanja desarrollará sus operaciones en la parte alta de esta formación fisiográfica, la cual se extiende entre los 3 000 y los 3 600 m, en dos áreas laterales superiores denominadas San Pedro Sur y Pampa Verde. Clasificándolo en unidades geomorfológicas como montañoso, planicies altas (Colinas y Planicies hidromórficas), laderas (Escarpadas y coluviales) y causes aluviales tal como se muestra en la Figura 2.2 (Plano geomorfológico y geodinámica).

- *Hidrología Superficial*

El sistema de drenaje superficial del área de estudio se divide en dos sistemas de micro cuencas principales. Sin embargo, es necesario aclarar que las instalaciones se ubicarán solamente en la micro cuenca de la quebrada El Cedro. A continuación, se detallan las micro cuencas estudiadas:

La microcuenca de la quebrada El Cedro drena hacia el norte e incluye las quebradas Bancuyoc, La Cuchilla, La Playa, La Mina, Bramadero, Cocán y El Hornamo. La microcuenca del río Pisit que también drena hacia el norte e incluye las quebradas San Lorenzo, Del Panteón y Vizcachas. La quebrada El Cedro recibe posteriormente el nombre de río Pulán, el cual se une con el río Pisit para

constituir el río Cañad, tributario del río Chancay. El río Chancay aporta sus aguas al río Reque y éste vierte finalmente sus aguas en el océano Pacífico.

- *Geohidrología*

La recarga al sistema hidrogeológico ocurre por infiltración directa de la precipitación y de la escorrentía de tormentas, considerando como áreas de mayor infiltración las mesetas ubicadas en el sur del área de estudio, el fondo de la quebrada El Cedro y la planicie bajo uso agrícola de la zona de Pulán; cabe señalar que esta última zona se encuentra alejada de la futura área de operaciones.

Durante las perforaciones realizadas en el área de San Pedro, se interceptó agua subterránea lo que confirma que habrá presencia de agua durante la operación del tajo determinándose así los niveles de agua en el área de operaciones y los niveles freáticos de los pozos de monitoreo ubicados en el área del tajo Pampa Verde se encuentran por debajo de la cota final del tajo propuesto.

- *Tipo de Yacimiento*

En el área del proyecto afloran rocas de origen volcanoclástico, consistentes en una secuencia de tufos, tobas y lavas, de naturaleza andesítica, dacítica y riolítica, pertenecientes a las formaciones Llama, Porculla y Volcánicos Huambo. Las edades geológicas de estas rocas varían desde el Eoceno Superior al Mioceno Superior y Plioceno tardío. En los alrededores del área del proyecto, se presentan también cuerpos subvolcánicos asociados con un evento volcánico–magmático contemporáneo a los depósitos piroclásticos. Sobre la secuencia volcanoclástica, e influenciada por los cuerpos subvolcánicos, se ha identificado mineralización de valor económico, como es el caso de San Pedro Sur y Pampa Verde, correspondiente a procesos epitermales de alta sulfuración. Este tipo de yacimiento se caracteriza por presentar una alteración hidrotermal claramente zonificada, con presencia de silicificación en la parte central y una gradación a rocas argílicas hacia los bordes.

- *Infraestructura Minera*

La etapa de operación considera la extracción del mineral y el desmote, producto del trabajo en los tajos San Pedro Sur y Pampa Verde, el tratamiento de mineral mediante lixiviación en pilas y el procesamiento en la planta ADR. En el tajo San Pedro Sur se espera extraer 9,3 MTM de mineral.

Tendrá una dimensión aproximada de 500 m x 350 m (diámetros), una profundidad de 180 m y el área final será de 14 ha. El tajo Pampa Verde entrará en producción cuando se agote el mineral en San Pedro Sur y con el mismo ritmo de minado (15 000 TMD). Se espera extraer 8,0 MTM de mineral. Tendrá una dimensión aproximada de 700 m x 200 m con una profundidad de 180 m y el área final será de 15 ha. Considerando de esta manera una disposición general de la infraestructura propuesta en la Figura. 2.3 (Arreglo General de la Infraestructura e el proyecto La Zanja).

- *Disposición de desmote o material estéril*

En el depósito San Pedro Sur se espera disponer 5,9 MTM de desmote, mientras que en el de Pampa Verde se espera disponer 7,7 MTM. El método de disposición será el clásico de volteo de la tolva de camiones. El desmote con potencial para generar ácido en San Pedro Sur será de 13,4% y en Pampa Verde será de 6,6%. El desmote potencial generador de ácido será encapsulado.

- *Manejo Ambiental y Evaluación de Impactos*

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) describe las acciones e iniciativas que Minera La Zanja propone aplicar en el campo ambiental para que las actividades del proyecto se lleven a cabo de manera responsable y sostenible.

La preparación del PMA ha considerado la incorporación de la variable ambiental en los diseños de obras, instalaciones y procesos que comprende los planes de prevención y mitigación; monitoreo ambiental; de respuesta a emergencias y contingencias; de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, así como de manejo de residuos sólidos.

Se tiene tablas de resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales:

Relieve, tendrán impactos directos totales en las AID por emplazamiento del proyecto, cambiando drásticamente las montañas y elevaciones produciendo una topografía negativa o depresiones. Las actividades de impacto son debido a la explotación del Tajo Abierto, ubicación de Botaderos de Desmontes y la zona de relaves; infraestructuras mineras que tendrán impactos irreversibles pero la cual solo se ha considerado de manera cualitativa y poco detallada como se muestra en la Tabla 2.6.

En la Tabla 2.7. se ha considerado los impactos en el suelo tanto en la etapa de construcción y operación por la cual se tiene un impacto negativo a moderado de la etapa de construcción e incoherentemente en la etapa de operación se tiene un impacto negativo moderado donde se tomado como única medida de prevención y mitigación la construcción de bermas de contención al pie de los tajos para reducir la rodadura de materiales ladera abajo.

Agua subterránea y agua superficial, el análisis de los impactos solo se considera en la etapa de construcción y operación proponiendo medidas de prevención y mitigación, así como lo muestra la Tabla 2.8.

Tabla 2.6. Resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales en el Relieve.

Componente	Etapa	Descripción de la Actividad	Resumen de Impacto Potencial	Calificación del Impacto	Medidas de Prevención y Mitigación
Relieve	Construcción	Disposición de suelos orgánicos	Formación de una elevación	Impacto leve negativo	Las obras a realizar serán planificadas de tal manera que se minimicen las áreas a intervenir.
		Disposición de desmonte de construcción	Formación de una elevación	Impacto leve negativo	
		Construcción de obras de abastecimiento de agua	Movimiento de tierras	Impacto leve negativo	
		Extracción de material de préstamo (Canteras)	Formación de depresiones	Impacto leve negativo	
		Habilitación de caminos	Corte de cerros y formación de taludes	Impacto leve negativo	Se controla la construcción de caminos y se señalizarán para el tráfico de camiones, maquinaria pesada y vehículos en general, previniendo impactos innecesarios en los terrenos aledaños.
	Operación	Extracción del mineral de los tajos	Formación de depresiones	impacto negativo moderado	Las obras a realizar serán planificadas de tal manera que se minimicen las áreas a intervenir. El diseño contempla taludes estables (ángulos de taludes interrampa de 45°).
		Disposición de desmonte de mina	Formación de elevaciones	Impacto negativo	Las obras a realizar serán planificadas de tal manera que se minimicen las áreas a intervenir. La configuración final de los depósitos de desmonte de mina contempla taludes estables 2, 2H:1V.
		Disposición de mineral en la plataforma de Lixiviación	Generación de una elevación	Impacto negativo moderado	Las obras a realizar serán planificadas de tal manera que se minimicen las áreas a intervenir. La plataforma tendrá un talud general estable de 2, 5H:1V.

Fuente: EIA Proyecto La Zanja -2009.

Tabla 2.7. Resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales en suelos.

Componente	Etapa	Descripción de la Actividad	Resumen de Impacto Potencial	Calificación del Impacto	Medidas de Prevención y mitigación
Suelos	Construcción	Construcción de plataforma de lixiviación	Pérdida de suelos	Impacto negativo moderado	Los trabajos a realizar serán planificados y coordinados con el personal de campo, a fin de minimizar las áreas a intervenir. Los suelos orgánicos retirados de estas instalaciones serán almacenados en pilas ubicadas en áreas especialmente seleccionadas para tal fin.
		Construcción de depósitos de desmonte de mina	Pérdida de suelos	Impacto negativo moderado	
		Disposición de desmonte de construcción	Pérdida de suelos	Impacto negativo	
		Preparación de tajos (preminado)	Pérdida de suelos	Impacto negativo	
		Habilitación de vías de acceso internas	Pérdida de suelos	Impacto negativo moderado	Los trabajos a realizar serán planificados y coordinados con el personal de campo, a fin de minimizar las áreas a intervenir. Se almacenarán los suelos orgánicos retirados para evitar su pérdida. La construcción de caminos incluye la habilitación de cunetas, para que el agua discurra sin afectar las vías ni erosionar los taludes.
		Extracción de material de préstamo	Pérdida de suelos	Impacto significativo negativo	Los trabajos a realizar serán planificados y coordinados con el personal de campo, a fin de minimizar las áreas a intervenir. Los suelos orgánicos retirados de estas instalaciones serán almacenados en pilas ubicadas en áreas especialmente seleccionadas para tal fin.
	Construcción de planta de procesamiento e instalaciones auxiliares.	Pérdida de suelos	Impacto negativo		
Operación		Extracción de mineral de tajos	Pérdida de suelos por rodadura de material	Impacto negativo moderado	Se construirán bermas de contención al pie de los tajos para reducir la rodadura de materiales ladera abajo.

Fuente: EIA Proyecto La Zanja -2009.

Tabla 2.8. Resumen de Medidas de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales Residuales en Aguas Subterráneas y Superficiales

Componente	Etapa	Descripción de la actividad	Resumen del impacto potencial	Calificación del impacto	Medidas de prevención y mitigación
Agua subterránea	Construcción	Actividades de construcción minera	Reducción del acuífero por su utilización para fines del proyecto (consumo y construcción)	Impacto negativo	Se realizará un uso óptimo del recurso agua y el agua de consumo será complementado con agua embotellado.
		Preparación de tajos	Reducción del acuífero por su abatimiento de la napa freática anteriormente a las operaciones del tajo San Pedro sur	Impacto negativo muy bajo	Bombeo de las aguas subterráneas antes del inicio del desarrollo del tajo, la cual será dirigida al sistema de agua industrial de la infraestructura minera.
	Operación	Instalaciones mineras	Disminución de la carga del acuífero	Impacto negativo	El diseño de las instalaciones y el manejo apropiado de las aguas superficiales asegurará la recarga de agua subterránea y la infiltración.
Agua superficial	Construcción	Construcciones de depósito de desmonte de mina	Generación de sólidos en suspensión por remoción de tierras	Impacto negativo	Construcción de un canal perimetral aguas debajo de los depósitos de desmonte de mina, y construcción de canales de desviación de aguas en la parte superior de los depósitos. Las escorrentías de los depósitos serán conducidas a pozas de sedimentación.
		Preparación de tajos	Generación de sólidos en suspensión por remoción de tierras	Impacto negativo	al inicio del desarrollo del tajo se deberá construir un canal perimetral aguas debajo de las actividades para captar las aguas cargadas con sedimentos que escurran desde el área de los trabajos. Este canal terminara en una poza de sedimentación.
	Operación	Instalaciones Mineras	Reducción de los caudales para la época de lluvias por presencia de infraestructura	Impacto negativo	Proveer un caudal constante de 20 L/s aguas debajo de la quebrada Bramadero, permitirá mitigar los impactos de reducción de caudal en la quebrada El Cedro durante la época húmeda, y generar inclusive un impacto positivo substancial durante la época de estiaje de los años secos ya que este caudal sería mayor a las condiciones existentes sin proyecto. Asimismo, se evitará el bombeo de agua desde el río Pisit durante los meses de estiaje, es decir desde junio a octubre.

Fuente: EIA Proyecto La Zanja -2009.

### 2.1.3 Antecedente Local

#### ➤ Análisis del EIA- Conga 2010

##### ○ *Socios*

Inicialmente las concesiones pertenecieron a CEDEMIN (Compañía de Exploraciones, Desarrollo e Inversiones Mineras) quienes exploraron la zona de conga desde 1991, encontrando los yacimientos porfiríticos de Cu-Au de Perol y Chailhuagón. El 2001, la Compañía de Minas Buenaventura adquiere los derechos de Cedemín uniéndose de esta manera a las operaciones de minera Yanacocha. Los estudios de la línea base ambiental se realizaron entre el 2005 y 2007, aprobándose su Estudio de Impacto Ambiental semidetallado el año 2008 en el MEM, con la primera modificatoria aprobada el año 2009 y con solicitud de una segunda modificatoria para su aprobación en el mismo año.

##### ○ *Ubicación, Altitud, Clima y Temperatura*

El proyecto se encuentra en los distritos de Huasmín y Sorochuco de la provincia de Celendín y en el distrito de La Encañada de la provincia de Cajamarca. El AID o huella del proyecto afecta directamente a las subcuencas de Chailhuagón, Chirimayo, Alto Jadibamba, Toromacho y parcialmente la microcuenca Chugurmayo, considerándose efectos graves en las cabeceras de estas unidades hidrográficas o cabeceras de cuencas entre las altitudes de 3 700 y 4 262 msnm.

##### ○ *Geoestructuras*

El Proyecto Conga ha estado sujeto a actividades tectónicas durante el Paleoceno, deformando de gran manera los sedimentos cretáceos de la región. Existen dos largas estructuras anticlinales que se ajustan al patrón de estructuras regionales: el anticlinal de Caparrosa que tiene una longitud mayor a 10 km y una dirección E-W, y desciende W-N-W y el anticlinal de Alforja Cocha que se localiza en el centro del área de estudio con una distancia de 18 km y una orientación E-W.



Además, se encuentran tres fallas importantes en el área de estudio: Falla con orientación norte a sur siendo esta la de mayor importancia pues tiene el control del emplazamiento de unidades de pórfido mineralizado, Falla con orientación noroeste a sureste, Falla con orientación noreste a suroeste

o *Geoformas*

El método utilizado para la determinación de unidades fisiográficas (Walsh, 2008), toma en cuenta la información geológica y ecológica o zonas de vida del área de estudio, mediante el análisis fisiográfico que se fundamenta en la separación y delimitación de unidades naturales, basado en rasgos de paisajes identificados en la ortofoto e interpretación analógica de las imágenes de satélite a escala 1:25 000.

Una primera clasificación genérica lo realizan considerando términos descriptivos asociados a la inclinación o pendiente del terreno como se muestra a continuación:

Tabla 2.9. Porcentaje y área de las unidades fisiográficas

Símbolo	Termino descriptivo	Rango de inclinación del terreno (%)
A	Plana a casi a nivel	0 - 2
B	Ligeramente Inclinada	2 - 4
C	Moderadamente inclinada	4 - 8
D	Fuertemente Inclinada	8 - 15
E	Moderadamente empinada	15 - 25
F	Empinada	25 - 50
G	Muy empinada a más	50 - 100

Fuente: Walsh, (2008).

Según la evaluación de suelos (Walsh, 2008), presenta rasgos que son el resultado de una larga evolución originada por factores tectónicos, procesos erosivos y deposicionales que han modelado el relieve hasta su estado actual. Se han identificado las siguientes unidades a nivel de gran paisaje: planicie fluvio aluvial y montañoso, los que se encuentran definidos por las formas y características del relieve, litología y procesos de formación.

Tabla 2.10. Porcentaje y área de las unidades fisiográficas

Gran paisaje		Paisaje		Subpasaje			Superficie (ha)
Tipo	Porcentaje (%)	Tipo	Porcentaje (%)	Tipo	Símbolo	Porcentaje (%)	
<b>Planicie Fluvio Aluvial</b>	11,32	Fluvial reciente	0,22	Fondos de valle aluvial	Pfv	0,22	84,15
		Coluvio-aluvial	7,92	Depósitos coluvio-aluviales	Pcd	7,79	3 084,56
		Altiplanicie fluvio glaciár	3,18	Depósitos plano-ondulados	Pfg	3,18	1 239,16
<b>Montañoso</b>	88,37	Montañas de rocas intrusivas	2,40	Colinas bajas desecadas	Mic	2,40	933,34
		Montañas de rocas volcánicas	28,40	Laderas	Mvl	26,61	10 365,2
				Cimas	Mvc	1,79	695,61
		Montañas sedimentarias de estratos rocosos plegados	9,88	Laderas	Msl	8,80	3 428,88
				Cimas	Msc	1,08	419,40
		Montañas de rocas plutónicas	2,93	Laderas	Mpl	2,59	1 006,98
				Cimas	Mpc	0,35	135,44
		Montañas de rocas sedimentarias	44,76	Laderas	Mcl	41,21	16 052,15
Cimas	Mcc			3,54	1 379,28		
Lagunas						0,30	115,9
Poblado						0,02	7,6
<b>Total</b>						<b>100,00</b>	<b>38 947,7</b>

Fuente: EIA 2010 - Proyecto Conga.

○ *Hidrología Superficial*

Como consecuencia del emplazamiento del proyecto y la alteración de la red de drenaje superficial, el proyecto impactará a los cuerpos de agua que se encuentra actualmente dentro de los límites de su huella, principalmente en términos de quebradas y lagunas. Asimismo, el proyecto tiene el potencial de impactar tanto la calidad como la cantidad de los flujos de las quebradas aledañas, estando el impacto en la calidad de las aguas asociado al incremento de sedimentos y a la generación de acidez en ciertas áreas del proyecto relacionadas con el yacimiento Perol.

Considerando esta situación, las medidas de mitigación incluirán el reemplazo de los flujos base en las quebradas impactadas por el proyecto, mediante un manejo adecuado de los cuatro reservorios y el tratamiento de las aguas hasta que éstas alcancen niveles de calidad aceptables antes de cualquier descarga

- *Geohidrología*

La cantidad de agua subterránea en el área del proyecto está asociada con la infiltración guiada por la precipitación y la recarga. La cuenca del depósito de relaves y las áreas del depósito de desmonte Perol, se encuentran ampliamente insaturados, pero pueden retener la precipitación y asistir en la infiltración limitada al macizo rocoso subyacente. Las ubicaciones primarias de depósitos superficiales portadores de agua subterránea comprenden franjas relativamente estrechas de material aluvial a lo largo del fondo del valle de la cuenca Jadibamba y la gruesa morrena de la quebrada Mamacocha que forma la superficie del lomo oeste de la quebrada Toromacho.

- *Tipo de Yacimiento*

La geología local del Proyecto Conga está compuesta por rocas sedimentarias del Cretáceo, rocas volcánicas del Eoceno y rocas intrusivas del Eoceno/Oligoceno/Mioceno. Conformando las formaciones Goyllarisquizga, Chúlec, Pariatambo, Inca, Santa, Farrat, Pulluicana y Cajamarca del cretáceo, Volcánico Porculla y Volcánico Huambos del terciario y rocas intrusivas Stock Dacítico. En el tajo Perol se han encontrado el pórfido de cuarzo feldespático siendo la mayor fuente de mineralización de oro y cobre mientras que en el Tajo Chailhuagón se encuentra el pórfido de microgranodiorita que contiene pirita diseminada con una longitud de 2 km de norte a sur y 0,4 km de ancho, el cual es la fuente de mineralización en el depósito que proviene de la alteración potásica.

- *Infraestructura Minera*

- *Tajos Perol y Chailhuagón*

La operación del Proyecto Conga implicará el minado de aproximadamente 504 Mt de mineral y 581 Mt de mineral de baja ley y desmonte, es decir, de un total de 1 085 Mt de material. El tajo Perol (344 Mt de mineral) será desarrollado en 4 fases y se extenderá al límite final del tajo. El tajo Chailhuagón, ubicado al sur del tajo Perol, será desarrollado en 2 fases y se extenderá al límite final del tajo. En la fase final, el tajo Chailhuagón (160 Mt de mineral) ocupará un área de aproximadamente 143 ha.

- *Depósitos de desmonte Perol y Chailhuagón*

Los depósitos de desmonte, en los que se almacenará también el mineral de baja ley, se ubicarán en las inmediaciones de los tajos respectivos. Se estima la disposición de 581 Mt de desmonte, tanto del tajo Perol como Chailhuagón. Se estima que el depósito de desmonte Perol tendrá una capacidad final de 480 Mt y ocupará un área de 289 ha. Este depósito recibirá material de desmonte del tajo Perol (407 Mt), material del bofedal (6 Mt) y material LoM asociado al depósito Perol (67 Mt). El depósito de desmonte Chailhuagón tendrá una capacidad de 174 Mt y ocupará un área de 160 ha, siendo de uso exclusivo para material de desmonte del tajo Chailhuagón.

- *Depósito de relaves*

El depósito de relaves estará ubicado en las cuencas de la quebrada Toromacho y del río Alto Jadibamba. Se estima que, al término de las operaciones de mina, el depósito de relaves ocupe un área de aproximadamente 700 ha. La infraestructura asociada para esta instalación incluye la presa principal, la presa Toromacho y el sistema de colección de filtraciones, que incluye elementos para ambas presas.

○ *Manejo Ambiental y Evaluación de Impactos*

Según Rodríguez, (2018) se evaluó los impactos ambientales para las etapas de construcción y operación, respectivamente. A continuación, se presentan los impactos ambientales en cada subcomponente evaluado:

Relieve y geomorfología, el relieve no se verá afectado significativamente por las diversas actividades de construcción y operación del proyecto, ya que éstas no generarán importantes alteraciones en la zona, al ser puntuales en el contexto general del relieve. Medidas de mitigación para la etapa de construcción como de operación:

- Las obras a realizar para la preparación del terreno de las diferentes instalaciones serán planificadas a fin de reducir las áreas a intervenir.
- En la medida de lo posible, las actividades de construcción que impliquen remoción de vegetación y suelo serán programadas con la finalidad que los trabajos se realicen durante la temporada seca, de manera que se facilite la implementación de las estructuras para controlar la erosión y los sedimentos.
- Las áreas perturbadas serán remediadas de manera temporal o permanente a través de la reconfiguración, nivelación y/o revegetación con vegetación natural y/o compatible.
- Se considerará un adecuado criterio de diseño para los taludes, basado en las características geotécnicas del área, de tal manera que se asegure la estabilidad de la infraestructura.

Agua superficial, se resumen las medidas de mitigación en cada una de las cuencas involucradas.

- Plan de manejo de sedimentos en las cuencas del río Alto Jadibamba y quebrada Toromacho Se espera que las fuentes de sedimentos en el área sean retenidas en el depósito de relaves o serán almacenados en la presa principal de relaves o en la presa Toromacho.

- Plan de manejo de sedimentos en la cuenca de la quebrada Alto Chirimayo Se espera que los sedimentos en esta cuenca sean retenidos principalmente en la poza de sedimentación Chirimayo.
- Plan de manejo de sedimentos en la cuenca del río Chailhuagón Se espera que los sedimentos en esta cuenca sean retenidos principalmente en la poza de sedimentación Chirimayo.
- Planta de tratamiento de aguas ácidas De acuerdo con los estudios efectuados, y tal como se describe en la sección referida a la etapa de operación, las características del agua presente en el depósito de relaves (piscina de sobrenadantes), que consiste en una mezcla del agua de contacto con material del depósito de desmonte Perol y del depósito de relaves en sí, no permitirán una descarga ambientalmente segura de estas aguas, por lo que el Proyecto Conga contempla la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas ácidas.

Agua subterránea, para el caso del depósito de relaves, las siguientes características permiten estimar un control adecuado de las filtraciones:

- La presa principal y Toromacho tendrán un núcleo central de arcilla sobre el lecho de roca con un tratamiento de inyecciones.
- Los relaves serán colocados sobre una capa de suelo con una conductividad hidráulica de  $1 \times 10^{-6}$  cm/s o menos, que además contará con un sistema de drenaje que inhibirá la carga hidráulica de los relaves.
- Un sistema de colección de filtraciones para cada una de las presas involucradas. Si bien la presa principal y la presa Toromacho se diseñaron incluyendo características para facilitar el control de las filtraciones, la probabilidad de que estas existan no es nula, por lo que el proyecto considera la implementación de un sistema de control de filtraciones, tanto para la presa principal como para la presa Toromacho.
- Pozos colectores de filtraciones colocados en el tramo noreste del depósito de desmonte Perol.
- Recubrimiento del área cárstica.
- Un cambio menor en los contornos finales de la huella propuesta para el depósito de desmonte Perol.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Sensoramiento Remoto**

La utilización del sensoramiento remoto y sus productos las imágenes satelitales desde hace varias décadas se ha vuelto de importancia fundamental, debido a sus productos de alta calidad, la variabilidad de aplicaciones como en la geología-geomorfología, imágenes especializadas, rapidez y continuidad y bajo costo, los hacen de gran utilidad científica y aplicada, como es el caso de las imágenes para definir las subcuencas, los MDE y planos temáticos.

### **2.2.2 Geoestructuras**

La dinámica de la Tierra es tan compleja que logra deformar corteza a raíz de fuerzas internas y/o de compresión que actúan en el interior de las placas tectónicas, fragmentos rocosos en constante movimiento y que son las responsables de la fracturación o plegamiento de las unidades rocosas.

*Pliegues.* Son inflexiones de mayor brusquedad de las capas que se diferencian tanto por su dimensión como por su forma, ya que existen pliegues cuyas amplitudes se miden en varios kilómetros, metros o centímetros (Belousov, 1979). Son el producto de los esfuerzos compresivos, los cuales tienen lugar en los márgenes convergentes de las placas tectónicas y tienden a engrosar la corteza terrestre plegándose o arrugándose (Wicander y Monroe, 2000).

*Fallas.* Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla". Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogenesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza (Dávila, 2011).

### 2.2.3 Geformas o Unidades Morfogenéticas (UM)

Rodríguez (2018) sostiene que: “las geoformas son el resultado del proceso morfogenético sobre las geoestructuras, teniendo como resultado final las Unidades Morfogenéticas (UM), que son en esencia los procesos de cambios de la corteza terrestre hasta la actualidad”.

Para la clasificación de las unidades morfogenéticas en nuestra investigación tomamos como base la clasificación realizada por Rodríguez (2016), en la tesis de Maestría realizada en la zona el Ronquillo, ciudad de Cajamarca, y lo encontramos en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Matriz para Clasificación de Unidades Morfogenéticas (UM)

TIPO DE RELIEVE	GEOMETRÍA
UNIDAD MORFOGENÉTICA (UM)	PENDIENTE
Planicies	0°-8°
Lomadas	8°-20°
Laderas	20°-50°
Escarpas	>50°

Fuente. Rodríguez 2016.

#### 2.2.3.1 Planicies

Se ha denominado planicie a una superficie bastante homogénea, poco cambiante en su morfología, ligeramente ondulada, poca erosión actual, presentando pendientes entre 0° a 8° y comprenden áreas relacionadas con los depósitos aluviales y fluvio-aluviales, producto de los procesos de erosión de las rocas existentes en el área y depositadas en el cualquier otro lugar. Están asociadas comúnmente al Cuaternario, sin embargo, pueden encontrarse en cualquier tipo de litología y diferentes orígenes y edades.



### **2.2.3.2 Lomadas**

Las lomadas o colinas, se definen como elevaciones que no deben sobrepasar los 150 a 200 metros, con geoformas de tendencia cómica, pequeñas elevaciones, homogéneas y pendientes suaves. Su rango de pendientes está entre 8° y 20°, y sirven parcialmente como terrenos de pastoreo, agricultura y ganadería. Litológicamente se encuentra en cualquier formación sedimentaria, volcánica o intrusiva.

### **2.2.3.3 Laderas**

Son geoformas inclinadas de una cadena montañosa según Dávila (2011); lo cual no es determinante ni cuantificable para ubicarlos con relativa exactitud; es por ello que definimos como laderas a superficies inclinadas con promedios de 200 a 300 metros de altura (base-tope), pendientes en el intervalo de 20° a 50° y pueden afectar a cualquier tipo de litología, con lo cual determinamos estas geoformas con mayor precisión.

### **2.2.3.4 Escarpas**

Dávila (2011), lo define: “como fuerte desnivel en los terrenos que delimita a dos superficies más o menos planas”. Se lo define como fuerte desnivel entre dos puntos o dos superficies, no necesariamente planas, afectados por procesos geotectónicos y morfogenéticos, teniendo formas alargadas, pendientes suaves en sus topes y pisos, erosionados por los ríos y demás agentes modeladores; pero con fuertes pendientes. El intervalo de inclinación debe ser más de 50° ya que con esta pendiente siempre tendremos tendencia a una mayor inestabilidad y las rocas producirán deslizamientos, volteos y derrumbes si son alteradas en su geoambiente natural.

#### **2.2.4 Unidades Hidrográficas**

Es la planificación del uso y manejo de los recursos para proteger, mantener e incrementar la producción del agua, conservar la calidad de agua, su distribución en el tiempo, cantidad y calidad del escurrimiento (Escuela Mexicana).

Es un conjunto de actividades de gestión que la sociedad realiza para el aprovechamiento óptimo de los recursos de la cuenca, en especial el agua y el suelo, teniendo en consideración su protección, de tal manera que el aprovechamiento sea sostenido y reduciendo al máximo perjuicios, tales como inundaciones y sedimentaciones.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, allí el hombre desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Carrie 2004). Están relacionadas con el concepto de cuenca, subcuenca, microcuenca o espacio geográfico delimitado por un borde denominado *divortium acusarium*; englobando e integrando a los ambientes bióticos y abióticos, considerando que corresponde a un entorno sistémico abierto.



Figura 2.4. Cuenca hidrográfica  
Fuente: Carrie, (2004)

Teniendo en cuenta las variables área y órdenes de drenaje, Ortiz (1996), elaboró una propuesta referencial de clasificación del tamaño relativo de las unidades hidrográficas. Posteriormente, Rodríguez y Huamán (2016), propusieron una nueva clasificación como se muestran en los cuadros.

Tabla 2.12. Tamaño relativo de las cuencas hidrográficas

UNIDAD HIDROGRÁFICA	ÁREA(Km <sup>2</sup> )	Nº DE ÓRDENES
Microcuenca	10-100	1,2 y 3
Subcuenca	100-700	4 y 5
Cuenca	700 a más	6 a más

Fuente: Ortiz, (1995)

UNIDAD HIDROGRÁFICA	ÁREA(Km <sup>2</sup> )	Nº DE ÓRDENES
Microcuenca	0-40	1,2 y 3
Subcuenca	40-350	4 y 5
Cuenca	350 a más	6 a más

Fuente: Rodríguez y Huamán, (2016)

### **2.2.5 Hidrología**

Según La Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS, 2009) el agua, es el compuesto en el que se centra la hidrología pues su carácter dinámico hace que el agua se encuentra en constante movimiento (glaciares, ríos, corrientes marinas, circulación atmosférica, flujo subterráneo). Este carácter dinámico da lugar a una constante recirculación del agua presente en la hidrosfera, de forma que es imposible separar cualquier parte del ciclo “vital” del agua sin caracterizar adecuadamente el conjunto que rige la dinámica de esta compleja maquinaria.

RAMSAR en el Manual 1 (2010), Uso Racional de los Humedales, define los Humedales como: “hábitat como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos, lagos y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses”.

El Grupo de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2003) definen:

Los ecosistemas, son complejos de comunidades vivas (incluidas Comunidades Humanas) y el medio ambiente no vivo (Componentes de los Ecosistemas) que interactúan (a través de Procesos Ecológicos) como una unidad funcional que proporciona, entre otras cosas, una variedad de beneficios a los seres vivos (Servicios de los Ecosistemas).

Las características ecológicas, son la combinación de los componentes, procesos y beneficios/servicios del ecosistema que caracterizan al humedal en un determinado momento.

### **2.2.6 Geohidrología**

El nivel de calidad natural de un acuífero dependerá de los siguientes factores (Custodio y Llamas, 1983): Las condiciones originales del acuífero, su litología, la

velocidad de circulación, la calidad del agua de infiltración, las relaciones con otras aguas o acuíferos y las leyes del movimiento de las sustancias transportadas con el agua, así como los factores hidrodinámicos.

La propuesta conceptual moderna sobre geohidrología o hidrogeología de carácter integrador con los humedales está expuesta apropiadamente por RAMSAR (2010), quienes formulan lineamientos de interacción entre las aguas subterráneas y las características ecológicas de los humedales, es decir el manejo del agua en todo el ciclo hidrológico, precipitación, escurrimiento superficial, evaporación, infiltración (alimentación de acuíferos y/o acuitardos), manantiales y nuevamente los ciclos continuos del ciclo hidrológico, considerando primordialmente las unidades hidrográficas o subcuencas.

En muchos países, particularmente en zonas áridas, las aguas freáticas son de vital importancia para el sustento y la salud de la mayoría de la población, pues proporcionan casi toda el agua necesaria para uso doméstico, agrícola e industrial. RAMSAR (2010).

### **2.2.7 Matriz de Impactos Geoambientales MGA-RC18**

La matriz MGA-RC18 nos permitirá cuantificar los impactos ambientales de línea base en el tiempo y luego servirá para confirmar o controlar los impactos en el tiempo de acuerdo a los ciclos de medición, es decir la aplicación de la matriz en el corto, mediano y largo plazo, y que serán exigencias de las autoridades locales, regionales, nacionales y los involucrados que se encuentren el AID y AII. (Rodríguez, 2018).

A partir de la obtención de la imagen satelital se realiza planos temáticos base, se generan planos que interrelacionen la variable independiente: implantación de la infraestructura del proyecto mediante sus variables o acciones de impacto geoambiental, correspondientes a: Pit El Galeno, Botadero La Rinconada y la relavera vs las variables dependientes o variables impactadas: Geoestructurales, Unidades Morfogenéticas, Unidades Hidrográficas y Unidades Geohidrológicas.

- Parámetros de las Variables Impactadas

Los parámetros de las variables impactadas se calculan a partir de los polígonos que se generan por la intersección entre el plano de implantación de infraestructura minera y los planos temáticos base. El resultado es la cantidad de variable afectada en la medida utilizada y el porcentaje correspondiente.

Los valores o parámetros obtenidos, significan la cuantificación de los impactos geoambientales mediante el software SIG, los cuales son data de procesamiento matemático, sin intervención ni opinión o manipulación sesgada de los especialistas, convirtiéndose en información concreta, racional y real de la ocurrencia y existencia de impactos.

La información es transferida a la matriz MGA-RC18, ubicándose en las celdas de intersección determinadas por su correlación fila-columna y corresponde a un número único, sin distorsión, legible y concreto, fácil de entender por cualquier persona; indicando el valor absoluto o magnitud matemática y no una magnitud subjetiva.

En las seis últimas filas se encuentran los datos, valores o parámetros que representan el impacto total, la remediación e impacto residual en unidades de medida utilizadas y sus correspondientes porcentajes. Estos números aseguran la comprensión de los impactos y es entendible para cualquier interesado, especialista o no, autoridades o habitantes de las comunidades del entorno del proyecto.

Al final de cada columna y parte inferior de la matriz encontramos seis filas de cuantificación y remediación de impactos. Las filas están indicadas con las siguientes letras A, B, C, D, E, F.

La fila A representa el Impacto Total (IT) en la unidad de medida afectada. La fila B es el Impacto Total (IT) en porcentaje afectado (%). La fila C considera las posibilidades de Remediación (R) en la unidad de medida afectada. La fila D es la Remediación (R) en porcentaje afectado (%). La fila E representa el Impacto

Residual (IR) en la unidad de medida afectada. La fila F corresponde al Impacto Residual (IR) en porcentaje afectado (%).

Metodológicamente, se superpone la infraestructura minera sobre la variable escogida, obteniéndose un nuevo plano con los polígonos de la variable afectada. Sobre este plano se calcula la cantidad de variable afectada según el parámetro y unidad de medida utilizada. El porcentaje de la variable impactada será calculada matemáticamente para todos los parámetros y ubicada al final de la columna correspondiente.

Este parámetro porcentual es de fácil interpretación y comprensión de los usuarios e interesados.

El mismo procedimiento metodológico se realiza para todas las variables impactadas, generando los parámetros que se ingresan en la matriz MGA-RC18.

Los parámetros calculados y valores porcentuales se ingresan en las celdas de la matriz MGA-RC18, considerando las unidades de medición utilizadas en cada variable impactada, como se muestra en la cuarta y quinta columnas de la matriz. Por simple orden racional se debe ingresar los valores de inicio a fin, comenzando con las Variables Geológico-Estructurales, Variables Unidades Morfogenéticas, Variables Unidades Hidrográficas y Variables Geohidrológicas.

A continuación, presentamos la Matriz de Impactos Geoambientales – MGA-RC18 tomada de Rodríguez, (2018).

Tabla 2.13. Matriz de Impactos Geoambientales – MGA-RC18

MATRIZ DE IMPACTOS GEOAMBIENTALES - MGA-RC18																														
AREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)																														
ETAPA DEL PROYECTO : OPERACION																														
COLUMNAS																														
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27	29						
							VARIABLES IMPACTADAS : Variables Dependientes																							
			MEDICIÓN				VARIABLES GEOLOGICO-ESTRUCTURALES							VARIABLES UNIDADES				VARIABLES UNIDADES HIDROGRAFICAS					VARIABLES GEOHIDROLOGICAS							
			Variables		Fallas	Cuaternario Fluvio glaciar	Dacitas	Volcanico Huambos	Volcanico Porculilla	Formacion Pulluicana	Porfidos Mineral	PLANICIES	LOMADAS	LADERAS	ESCARPAS	SC	SC	SC	LAGUNAS	BOFEDALES	CABECERA DE CUENCAS	ZONAS DE RECARGA NATURAL								
			Unidad de Medicion		Km	ha	ha	ha	ha	ha	MTn	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	N°	ha	ha	ha								
			Total AID																											
VARIABLES DE IMPACTO GEOAMBIENTALES INFRAESTRUCTURA MINERA : Variable Independiente	IM	Parametros	Area	ha																										
			Area	Km <sup>2</sup>																										
			Longitud	Km																										
			Tonelaje	MTn																										
			Volumen	m <sup>3</sup>																										
			Caudal	litros/s																										
			Caudal	m <sup>3</sup> / s																										
			Cantidad	N°																										
			Porcentaje	%																										
	IM	Parametros	Area	ha																										
			Area	Km <sup>2</sup>																										
			Longitud	Km																										
			Tonelaje	MTn																										
			Volumen	m <sup>3</sup>																										
			Caudal	litros/s																										
			Caudal	m <sup>3</sup> / s																										
			Cantidad	N°																										
			Porcentaje	%																										
	IM	Parametros	Area	ha																										
			Area	Km <sup>2</sup>																										
			Longitud	Km																										
			Tonelaje	MTn																										
			Volumen	m <sup>3</sup>																										
			Caudal	litros/s																										
			Caudal	m <sup>3</sup> / s																										
			Cantidad	N°																										
			Porcentaje	%																										
A	IMPACTO TOTAL (IT) (UNIDAD AFECTADA)																													
B	IMPACTO TOTAL (IT) (% AFECTADO)																													
C	REMEDIACION (R) (UNIDAD AFECTADA)																													
D	REMEDIACION (R) (%)																													
E	IMPACTO RESIDUAL (IR) (UNIDAD AFECTADA) IT - R																													
F	IMPACTO RESIDUAL (% AFECTADO)				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Impacto Positivo		Mejora Ambiental																											
	Sin Impacto		Condicion Natural																											
	Impacto Bajo		0 - 10 % Realizacion de actividad minera con acuerdo individual, sin impactos a terceros y correcta																											
	Impacto Medio		10 - 20 % Realizacion de actividad minera con acuerdo individual, compensacion economica individual y comunitaria y																											
	Impacto Alto		20 - 30 % No debe realizarse actividad minera, salvo acuerdos comunitarios y gubernamentales,																											
	Impacto Muy Alto		30 - 100 % Imposible de realizar actividad minera																											

Diseño : Dr. Reinoldo Rodriguez C. - Enero 2021-v10

Fuente: Rodríguez, (2021)



## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

*Subcuenca:* Constituyen unidades hidrográficas geoambientales delimitadas por un divortium acuarium que presentan condiciones bióticas y abióticas, con parámetros básicos de área entre 40 a 350 Km<sup>2</sup> y 4to y 5to orden de drenaje (Rodríguez, 2016).

*Precipitación pluvial:* Caída de aguas de la atmósfera por el cambio de temperatura, en forma de lluvia, nieve o granizo (Dávila, 2011).

*Acuífero.* Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad (Dávila, 2011).

*Geohidrología:* Terminología actualizada de hidrogeología. Estudio de las aguas subterráneas desde el punto de vista de su genética, circulación, almacenamiento, su composición y calidad para ser utilizadas por el hombre (Bastida, 2008).

*Geoestructuras:* Configuraciones geométricas de las rocas originadas por procesos de deformación natural, los desplazamientos y mecanismos implicados en el desarrollo de tales configuraciones, su evolución espacial-temporal y las causas que dieron lugar a su formación (Bastida, 2008).

*Laguna:* Es un lago de pequeñas dimensiones, tiene los mismos caracteres tanto de origen como de forma de un lago (Dávila, 2011).

*Pórfido:* Roca ígnea hipabisal de textura porfiroide, es decir, minerales desarrollados (fenocristales) sobresalientes dentro de una masa fina microgranular (matriz). Término también usado para referirse a los yacimientos minerales diseminados dentro de una masa rocosa. En este caso los minerales metálicos se hallan a manera de puntos u ojos dentro de la masa rocosa (Dávila, 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Geográfica**

El área de estudio, se localiza en el sector septentrional (Norte) de la cordillera occidental peruana donde se ubica las microcuencas Chanche, Chailhuagon y Chirimayo a una altitud que varía entre los 3,800 y 4,200 msnm.

Distancia Cajamarca-El Galeno	:	30 km
Ubicación del proyecto	:	Región Jalca
Área de implantación	:	553.93 ha

Ver el Plano 01 (Plano de Imagen Satelital y Ubicación de Infraestructura Minera), presentamos la imagen satelital obtenida en la plataforma SAS Planet mediante sensoramiento remoto y diseñada en software SIG.

##### **3.1.2 Política**

El área del Proyecto de investigación está ubicada en los distritos de Sorochuco (provincia de Celendín) y La Encañada (provincia de Cajamarca), en el departamento de Cajamarca. Se encuentra localizado aproximadamente a 30 km al NE de la ciudad de Cajamarca.

Ver Plano 02 (Plano MDE Y Ubicación de la Infraestructura Minera) y el Plano 03 (Plano de Ubicación Política) mostramos la infraestructura minera dentro del Área de Influencia Directa (AID), la cual afectará las subcuencas Chailhuagón, Chirimayo y Chanche.

## 3.2 ACCESIBILIDAD

El acceso al área del Proyecto El Galeno, es por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca por carretera asfaltada y afirmada, hasta el pueblo de La Encañada, y finalmente por trocha carrozable hasta la zona del Proyecto. La Tabla 3.1. Distancias al Área del Proyecto “El Galeno”, muestra las distancias aproximadas al Proyecto.

Tabla 3.1. Distancias al Proyecto El Galeno

Ruta	Distancia Acumulada	Carretera	Tiempo
Cajamarca - La encañada	32.4 km	Asfaltada	50 min
La Encañada - Michiquillay	1.40 km	Trocha Carrozable	40 min
Michiquillay - Desvío El Punre	130 km	Trocha Carrozable	45 min
Desvío El Punre - <b>Proyecto El Galeno</b>	4.0 km	Trocha Carrozable	20 min

## 3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.3.1 Tipo de Investigación

La metodología de investigación empleada en la Tesis es:

Tipo de Investigación: Descriptiva-Explicativa, porque se describe lo Impactos Geoambientales en cabecera de subcuenca y se explica mediante la Matriz MG-RC18 el impacto que tendrá con la implantación de la infraestructura.

Nivel de Investigación: Correlacional, porque resulta de correlacionar la variable implantación del proyecto minero vs las variables geoestructuras, geoformas, hidrológicas y geohidrológicas con sus respectivos componentes.

### **3.3.2 Población de estudio**

Son los componentes de la implantación de la Infraestructura Minera del Proyecto El Galeno relacionada con el Área de Influencia Directa (AID) para demostrar que la implantación del proyecto minero conga impactarán en las Geoestructuras, Geoformas, Hidrología y Geohidrología.

### **3.3.3 Muestra**

Pit y Botaderos y Relavera.

### **3.3.4 Unidad de Análisis**

Geoestructuras, Geoformas, Hidrología y Geohidrología.

## **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Observación. permitirá la toma de datos de las estructuras, litología, geoformas, lagunas, zonas de recarga.

Técnica Documental, consideramos estudios técnicos de la empresa minera Lumina copper,

En los recorridos de campo con la finalidad de contrastar información con el EIA recolectamos datos en la Matriz Geológico-Geotécnico y para el análisis geotécnico ambiental utilizamos la Matriz de Impactos MGA-RC18 de Rodríguez 2018.

## **3.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

En primer lugar, se obtuvo las imágenes satelitales mediante sensoramiento remoto, desde satélites como el Google y como plataforma de proceso el programa SAS PLANET, georreferenciadas con coordenadas UTM utilizando el sistema WGS-84. Asimismo, se utilizará el programa ARGIS 10.4 para determinar los parámetros de las subcuencas Chirimayo, Chanche y Chailhuagon.

### 3.6 TIPO DE YACIMIENTO

El Galeno es un depósito de pórfidos de Cu -Au -Mo con grandes zonas de roca alterada hidrotermalmente que contienen vetas de cuarzo y stockworks, vetillas que contienen sulfuro; fracturas y disseminaciones menores en áreas de hasta 10 km<sup>2</sup> de tamaño, comúnmente coincidentes total o parcialmente con brechas hidrotermales o de intrusión y enjambres de diques. La mineralización hipogénica más profunda, compuesta de pirita y calcopirita, tiende a ocurrir cerca de los límites del intrusivo pórfido principal. La mineralización primaria tiende a clasificarse en una zona suprayacente de enriquecimiento en la que están presentes minerales secundarios de cobre, calcocita y covelita. Hay evidencia de un tapón de lixiviación cerca de la superficie y una zona de óxido, pero ambas son relativamente menores y algo poco desarrolladas. Davies, (2002)

El centro del sistema mineralizado El Galeno está ubicado en cabecera de dos subcuencas: Chanche y Chailhuagon ambas cuencas tienen drenajes de agua superficial más pequeños o quebradas, que son poco profundas y típicas de los tramos superiores de las zonas de captación. EIA- El Galeno, (2018)

- *Inicio del proyecto*

La V Modificación del EIAAsd Categoría II de las actividades de Exploración “El Galeno” (en adelante V MEIAAsd “El Galeno”), e incluye la descripción del Proyecto, la caracterización de la línea base ambiental (física y biológica) y social (socioeconómica y cultural), el plan de participación ciudadana, la identificación y evaluación de los impactos ambientales del Proyecto, así como las medidas que formarán parte de la estrategia de manejo ambiental para prevenir, controlar y/o mitigar los impactos negativos. El objetivo de la V MEIAAsd, es continuar con el desarrollo de estudios complementarios, por lo que se requiere que el Proyecto permanezca operativo por un periodo adicional al que fue aprobado en el último Instrumento de Gestión Ambiental (IGA).

La presente V MEIAsd, será desarrollada de acuerdo a lo establecido en el Anexo I de la Resolución Ministerial N° 108-2018-MEM/DM “Aprueban el formato para la Ficha Técnica Ambiental y su guía de contenido, así como los Términos de Referencia, que comprenden los formatos a llenar, vía plataforma virtual, y sus guías de contenido para proyectos con características comunes o similares, en el marco de la clasificación anticipada para la evaluación y elaboración de los estudios ambientales de las actividades de exploración minera”.

Las áreas de influencia ambiental directa e indirecta del Proyecto de Exploración El Galeno, se mantienen según lo aprobado en el ITS de la IV Modificación del EIAAsd Categoría II de las Actividades de Exploración “El Galeno”.

A continuación, se describe la definición de las áreas de influencia ambiental directa e indirecta.

- *Área de Influencia Ambiental Directa (AIAD)*

De forma conservadora, se ha considerado como área de influencia ambiental directa a toda el área del Proyecto de exploración minera El Galeno, más el área a su alrededor considerando como límite final el definido por las características topográficas de la zona (lo que hace que el AIAD sea más amplia que el área del Proyecto).

Asimismo, considera la laguna Rinconada (fuente de agua para consumo de campamento) y la laguna Milpo (usada para regadío de accesos y actividades complementarias) como parte del Área de Influencia Ambiental Directa.

- *Área de Influencia Ambiental Indirecta (AIAI)*

Esta AIAI, se establece considerando los componentes ambientales que podrían ser alterados fuera del AID. Desde un punto de vista conservador, se ha considerado a las zonas aledañas al área del proyecto donde se viene ejecutando el monitoreo de calidad de aguas. Esta comprende el área alrededor de la zona donde se implementarán los componentes del Proyecto y los accesos existentes que serán empleados. También se ha considerado la topografía de la zona.

### **3.7 GEOLOGÍA REGIONAL**

Según el Estudio de Impacto Ambiental EIA, (2018) a nivel regional, el área de estudio del Proyecto, está ubicado en el cinturón mineral de Cajamarca en la Cordillera Occidental de los Andes del norte del Perú. Su morfología es variada, marcada principalmente por las condiciones de litología y estructuras predominantes, asociados a una intensa actividad glacial. La geología comprende rocas sedimentarias marinas del Cretácico deformadas en el cinturón corrido y plegado del Marañón (o Incaico), con vulcanismo del Eoceno al Mioceno e intrusiones de pórfido y mineralización relacionada de oro epitermal y pórfido de cobre y oro.

Las rocas sedimentarias están cubiertas por una gruesa y extensa secuencia de rocas volcánicas con stocks de pórfidos. Davies & Williams (2005)

### **3.8 GEOLOGÍA LOCAL**

Según el EIA y la información de campo, indican que se encuentran las Formaciones Cretácicas como el Grupo Goyllarisquizga, Inca Chúlec, Pariatambo, Pulluicana y las rocas ígneas dacíticas y andesíticas; las cuales se distribuyen en varios sectores del área de estudio, presentándose como cuerpos intrusivos, mantos y pequeños diques que cortan a la secuencia sedimentaria, entre las que destaca el pórfido dacítico que es la fuente de la mineralización económica del proyecto El Galeno. Davies & Williams (2005)

#### **3.8.1 Formación Chimú (Ki-chi)**

Los afloramientos de las capas superiores forman el núcleo del anticlinal El Galeno, al Este de las lagunas Dos Colores y Rinconada. Está compuesta por cuarcitas granulares que varían de rosadas a blancas, con arenisca y niveles de conglomerados finos en capas gruesas de apariencia masiva. Los niveles intermedios e inferiores presentan intercalaciones de areniscas, lutitas y cuarcitas con horizontes carbonáceos.



Foto 3.1. Se observa en la parte izquierda grandes bancos de roca de la Formación Chimú, comprendida por rocas areniscas de grano medio altamente intemperizadas.

### **3.8.2 Formación Santa (Ki-sa)**

Intercalación de lutitas, calizas margosas y areniscas gris oscuras. Localmente contiene nódulos calcáreos y como sus afloramientos topográficamente conforman depresiones; están cubiertos mayormente por suelo, razón por la que solo son observables en los cortes de quebradas y carreteras. Casi siempre da terrenos blanquecinos, deleznales y fangosos. Ocasionalmente tiene horizontes fosilíferos.





Foto 3.2. Se observa en la parte izquierda grandes bancos de roca de la Formación Chimú, comprendida por rocas areniscas de grano medio altamente intemperizadas.

### **3.8.3 Formación Carhuaz (Ki-ca)**

Consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos (características principales para diferenciarla en el campo). Hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y areniscas



Foto 3.3. Se observa en la parte izquierda grandes bancos de roca de la Formación Chimú, comprendida por rocas areniscas de grano medio altamente intemperizadas.

#### **3.8.4 Formación Farrat (Ki-f)**

Consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 300 m, aumentando en el sector Suroeste. Por sus características litológicas es común encontrar a las formaciones Farrat y Chimú conformando escarpas y altas cumbres agudas y largas.

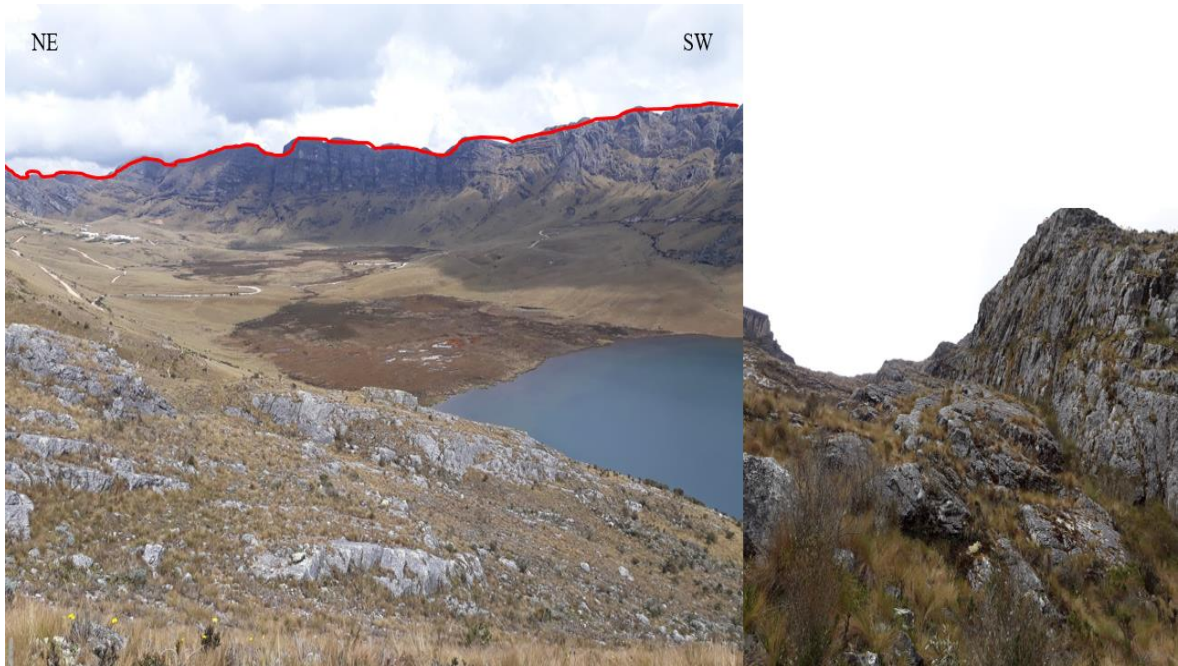


Foto 3.4. Afloramiento de la Formación Fariat en la parte superior de la Laguna Dos Colores mostrándose una gran pendiente en estratos de areniscas cuarzosas.

### 3.8.5 Formación Inca (Km-in)

Se observa intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento.



Foto 3.5. Afloramiento de la Formación Inca de lutitas grises muy intemperizadas en el corte de carretera.

### **3.8.6 Formación Chúlec (Km-ch)**

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. Generalmente los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduscos algo azulados. Se presenta en las quebradas Chanche, Yerbabuena y Lipiac.

### **3.8.7 Formación Pariatambo (Km-pt)**

Consiste de una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos (chert) y dolomíticos, con un característico olor fétido al fracturarlas.

### **3.8.8 Grupo Pulluicana (Km-p)**

La litología predominante es una caliza arcillosa, grisácea, que intemperiza a crema o marrón claro y que se presenta en capas medianas nodulares o irregularmente estratificada. Intercaladas con las calizas hay capas de margas marrones y lutitas grisáceas o verdosas, así como algunas capas de limolitas y areniscas. Las proporciones de las calizas, margas y lutitas son variables, con predominio de las calizas.

## **3.9 ESTRUCTURAS**

La geología local está constituida estructuralmente por una falla regional con rumbo predominante Norte-Noroeste a Este-Sureste, que se extiende hacia el Este del área de estudio. También han sido delineados dos sistemas de fallas locales: un sistema de falla principal con rumbo Noroeste-Suroeste y un sistema de falla secundario con rumbo Noreste-Sureste. Estos sistemas cortan los afloramientos de las Formaciones Chimú y Farrat. La estructura de la geología local está dominada por el plegamiento anticlinal El Galeno, estructura regional cuyo eje tiene rumbo

Oeste-Noroeste-Este-Sureste. Las estructuras se aprecian en la Figura 3.1 (Mapa Geológico).

En el área El Galeno, el rumbo de la Falla El Canche es NW a SE, la mineralización del Pórfido se localiza donde una estructura NE (el valle de Kerosene) intersecta el eje anticlinal, y esta estructura puede ser una estructura tensional formada en la dirección localizada de máxima tensión principal de la formación anticlinal.

El depósito de pórfido El Galeno se formó después de estos eventos estructurales y no es deformado por estas estructuras. Sin embargo, estas características estructurales pueden haber centrado la ubicación del pórfido de El Galeno, a saber, la falla de empuje mayor el anticlinal del muro colgante con inflexión en el eje y la estructura tensional transversal.

Las rocas sedimentarias hospedadoras del Cretácico forman un anticlinal abierto con un eje vertical de dirección NW y se sumergen hacia el NW, llamado Anticlinal El Galeno. La extremidad NE tiene una inclinación suave y está casi plana. En el lado NE hay un anticlinal estrecho, el Cerro Hilorico Anticlinal, con un rumbo de 45° al SW y el limbo NE volcado y abruptamente hundido y sostenido por una falla de empuje con tendencia NW y buzamiento de 45 ° SW. La estructura se interpreta como un anticlinal de rampa de empuje frontal con vergencia de empuje NE. La rama SW es empinada, el techo es plano y la rama NE está volcada.

No se han observado estructuras de fallas importantes dentro del depósito de pórfido. Por lo general, existe un desplazamiento de 1 a 2 cm entre las vetas de cuarzo transversales en el pórfido, a menudo con un sentido inverso de movimiento de falla, lo que indica que se produjeron fallas menores durante la formación de la veta. Sin embargo, las vetas y la alteración potásica asociada tienen el efecto de endurecer la roca en lugar de debilitarla y no hay fracturas abiertas asociadas con estas vetas. Las vetas de cuarzo tienen un ángulo de inmersión alto a moderado, así como un ángulo de inmersión horizontal o bajo.

El núcleo mineralizado este alrededor de vetas ricas en pirita de etapa tardía que tienen un halo de alteración de sericita que debilita la roca. Las zonas registradas como "Falla" dentro de las intrusiones de pórfido están generalmente relacionadas con la alteración fílica.

Se describe dos estructuras:

- Una falla de ángulo moderado (buzamiento de 52° norte) a lo largo del eje del Anticlinal Galeno. Describe esto en un afloramiento en la plataforma de perforación RCD-GN-09 y lo interpreta como un desprendimiento o escote relacionado con el empuje.
- Una falla inversa de alto ángulo denominada Falla Caparrosa ubicada cerca del eje del Anticlinal Galeno al oeste del depósito de pórfido. Se interpreta como una falla inversa de borde N contemporánea al movimiento en el empuje de El Canche.

### **3.10 GEOMORFOLOGÍA**

Según el EIA<sub>sd</sub> 2018, el área del Proyecto, se ubica en la cordillera Occidental de los Andes del Perú, al Noreste de la ciudad de Cajamarca. La morfología está relacionada a la actividad volcánica (agente creador) y a los procesos de erosión del terreno (agente modelador). Estos procesos han generado, dentro del área de estudio, la predominancia de la morfología glaciar, mientras que en las zonas ligeramente elevadas se encuentran morrenas terminales de extensión limitada.

El Proyecto El Galeno está dominada por una morfología glaciar. La elevación varía de 3,000 a 4,000 msnm. El principal valle glaciar, el Valle de la Rinconada, tiene una tendencia aproximadamente de norte a sur, tiene una base amplia, plana a ondulada. La base del valle está llena de material fluvioglacial y alberga varios lagos, que incluyen Milpo, Rinconada y Las Dos Colores alrededor de estas lagunas se presentan pantanos o bofedales con la napa freática en superficie, ojos de agua y manantiales propios de un circo glaciar. Gran parte de la base de los valles que rodean los lagos está anegada y comprende marismas. Las áreas más secas y

ligeramente elevadas comprenden morrenas terminales de extensión aérea limitada. El segundo valle principal, el valle del queroseno, está notablemente menos desarrollado que el valle de la Rinconada y tiene una morfología más parecida a la de un valle fluvial joven (en forma de “V”).

La morfología del área de estudio presenta las siguientes geoformas identificadas: Laderas rocosas disectadas, altiplanicie glaciaria, afloramientos rocosos, ladera fluvial empinada, valle fluvial, laderas empinadas y muy empinadas, así como se observa en la Figura 3.2 (Mapa Geomorfológico).

Rodríguez (2014) generó una nueva clasificación de unidades morfogenéticas, de carácter cuantitativo, relacionado con 05 variables (tipo de relieve, geometría, litología, origen y edad de la litología), definiéndose con claridad las unidades morfogenéticas (planicies, lomadas, laderas y escarpas) y las pendientes en grados. La utilización es de fácil uso, flexible, económico, aplicable a unidades hidrográficas como cuencas, subcuencas y microcuencas, y puede correlacionarse con las diversas variables geoambientales.



Foto 3.6. Planicie en la parte media de la Subcuenca de la Quebrada Chanche compuesto por depósitos aluviales. Económicamente es aprovechado para actividades pecuarias.

Lomada



Foto 3.7. Lomada en la parte Baja de la Subcuenca Chailhuagon compuesto por rocas de la formación Chimú y deposito Coluvio – aluviales.



Foto 3.8. Laderas próximas a la Laguna Milpo compuesto por areniscas con lutitas de la Formación Carhuaz.





Foto 3.9. Escarpa en la parte lateral derecha del Campamento El Galeno compuesto por rocas areniscas.

### 3.11 HIDROLOGÍA

Según el EIA<sub>sd</sub> 2018, el área del Proyecto se ubica en la parte alta de la microcuenca del río Grande, microcuenca de la quebrada Chanche y microcuenca de la quebrada Chirimayo.

A nivel regional, el Proyecto se ubica en la cabecera de las cuencas hidrográficas del río Crisnejas y del río Marañón, estas cuencas a su vez comprenden las subcuencas del río Chonta y río Sendamal. Los ríos Chonta y Sendamal, son afluentes por la margen izquierda del río Marañón, descargando en la vertiente del Atlántico así se aprecia en la Figura 3.3 (Hidrológico).

El río Chonta se forma de la confluencia de los ríos Quinuario, Grande y Azufre en la zona de Tres Tingos. La microcuenca del río Chonta se extiende sobre un área de 338.83 km<sup>2</sup>, y en elevaciones que varían desde los 2,680 a los 4,234 msnm en su punto más alto (cerro Mishacocha). El río Chonta recibe las aguas de la quebrada Yanatotora unos 1.5 km aguas abajo de la zona de Tres Tingos. El río

Chonta se une con el río Porcón y forma el río Mashcon que aguas abajo forma el río Cajamarca y muchos kilómetros aguas abajo se une con el río Condebamba para formar el río Crisnejas, que descarga sus aguas en el río Marañón.

El río Sendamal se forma por la confluencia de las quebradas Chanche y Rejo, aproximadamente 3 km aguas abajo del poblado El Punre. La microcuenca del río Sendamal, hasta su confluencia con la quebrada Chirimayo, tiene una extensión aproximada de 145.08 km<sup>2</sup> y elevaciones desde los 2,375 hasta los 4,050 msnm en su punto más alto (cerro Paltarumi). El río Sendamal recibe las aguas de la quebrada Chirimayo a la altura del distrito de Sorochuco, formando el río Las Yangas, el cual posteriormente descarga sus aguas en el río Marañón.

Los niveles de drenaje inferiores asociados al área del Proyecto, se detallan a continuación:

- Cuenca del río Crisnejas – Subcuenca del Río Chonta o Microcuenca del Río Grande, Quebrada Chamcas (Kerosene).
- Cuenca del río Marañón - Subcuenca del río Sendamal o Microcuenca de la quebrada Chanche, Quebrada Milpo o Microcuenca de la quebrada Chirimayo, Quebrada La Chorrera.

### **3.12 HIDROGEOLOGÍA**

La medición de niveles freáticos del agua subterránea (perforaciones, piezómetros y manantiales de agua subterránea) indican profundidades del agua subterránea entre 11.35 m sobre la superficie del terreno (artesiano) a 193.34 m bajo la superficie del terreno (Segunda Modificación del EIASd del Proyecto de Exploración Minera “El Galeno”, 2009).

El modelo conceptual hidrogeológico del área del Proyecto, indica que la descarga del agua subterránea hacia el fondo de las quebradas es la principal fuente de alimentación de las mismas durante la época de estiaje. En base a estos flujos, la

recarga del acuífero ha sido estimada entre 0.26 y 0.38 mm/d (de 7 a 10% de la precipitación promedio anual).

El modelo numérico de flujo de agua subterránea (Segunda Modificación del EIASd del Proyecto de Exploración Minera “El Galeno”, 2009) confirma el modelo conceptual hidrogeológico, la distribución de permeabilidades, la dirección de flujo, las áreas de recarga y gastos, donde los resultados muestran una concordancia entre los niveles de agua medidos y las predichas en el modelo (con un coeficiente de relación de 98.6%).

Según el EIASd 2018 para el análisis de los flujos principales ubicados dentro del área del Proyecto, se ha considerado la evaluación de la quebrada Chamcas (estación M1), quebrada Milpo (estación M8) y quebrada La Chorrera (estación M28) como cursos superficiales ubicados en la microcuenca del Río Grande, microcuenca de la Quebrada Chanche y en la microcuenca de la Quebrada Chirimayo, respectivamente.

Según la evaluación meteorológica en el área del Proyecto, y considerando a la precipitación como un patrón marcado, se ha incluido en la evaluación de caudales, la estacionalidad de la época de avenida (entre los meses de octubre a marzo) y de estiaje (entre los meses de abril a setiembre).

### **3.13 INFRAESTRUCTURA**

- *Pit El Galeno*

Según el EIASd 2018 el Proyecto El Galeno se desarrollará mediante el método cielo abierto u Open Pit a gran escala. El yacimiento está cerca de la superficie con una relación de desmonte promedio baja de aproximadamente 0.28:1. La producción de reservas minerales está programada en 90.000 tpd, y la producción total de roca extraída (reserva mineral y desechos) generalmente oscilará entre 110.000 y 130.000 tpd. Las operaciones se realizarán en bancos de 15 m durante todo el día durante 360 días al año. Se utilizarán equipos a diésel para maximizar

la flexibilidad operativa y reducir los costos de infraestructura de energía eléctrica. A las tasas de extracción anteriores, las reservas minerales probables permitirán una vida útil de la mina de 20,4 años.

Seis fases mineras definen la secuencia de extracción para el depósito Galeno. Las tres primeras fases se dirigen a un núcleo de alto grado caracterizado por mineral predominantemente supergénico enriquecida y bajas relaciones de extracción. Las expansiones restantes definen los límites de pozo últimos y se dirigen en su mayoría más profunda, la mineralización de sulfuro primario. La mayor parte de los residuos de roca a partir de las fases 2 y 3, además de las porciones superiores de la Fase 4 por encima del 3815 m, será dirigido a la construcción de la presa de residuos y será transportada sobre un camino que será construido en la cuenca del queroseno. La roca de desecho restante, sobre todo después de Año 10, será transportada a la zona oriental volcado situado cerca del hoyo final, pero el sur y sudeste de la trituradora primaria. EIA- El Galeno, (2018)

- *Almacenamiento de roca estéril (Botadero)*

La mayoría de los residuos de roca producida es a partir del desarrollo de la mina a tajo abierto. La cantidad de roca de desecho generados durante la vida útil del proyecto es de aproximadamente 182 millones de toneladas. Suelos no aptos procedentes de la construcción de las instalaciones del sitio serán depositados en los inventarios de suelos inadecuados. La mayor parte del material del suelo inadecuados será la tierra vegetal.

Durante la vida útil del proyecto, aproximadamente se generarán cinco millones de toneladas de material inadecuado. Este material puede ser utilizado en el cierre para la recuperación de las instalaciones.

Aunque la relación de extracción es relativamente baja, se produce una gran cantidad de residuos de roca, lo que requiere un gran espacio para su eliminación. Tres instalaciones serán utilizadas para disponer de roca de desecho generados por las actividades mineras. Las instalaciones de eliminación incluyen la reserva de 2,5 años, la reserva de 17,5 años, y la presa de relaves principales.

- *Depósito de Relaves*

El depósito de relaves se ubicará en un valle que es amplio en la parte superior de la cuenca y se estrecha en la ubicación propuesta de la presa. Además, la instalación se utilizará para el almacenamiento de agua dulce para las operaciones mineras durante el año, con una capacidad de aproximadamente 9,0 M metros cúbicos de agua dulce más cuatro metros de francobordo para anticipar la escorrentía de la tormenta.

La instalación contendrá un aliviadero de emergencia de concreto para permitir que los eventos extremos pasen de manera segura sin comprometer la presa. La tubería de relaves descargará a lo largo de la presa de relaves para desarrollar una playa de modo que el agua estancada se aleje de la presa para proporcionar un factor adicional de seguridad de la presa. El agua recuperada se bombeará desde la parte posterior del embalse con una bomba flotante montada en barcaza. La presa de relaves será una presa de roca clásica con un frente de presa de geomembrana de arcilla aguas arriba. Entre el relleno de roca y el revestimiento de arcilla habrá una serie de filtros para evitar la migración de la arcilla si se desarrolla una brecha en el sistema de revestimiento de geomembrana.

Northern Perú Copper Corp. (NPC) contrató a Vector Engineering para realizar investigaciones geotécnicas e hidrogeológicas del área del proyecto, determinar las ubicaciones óptimas para posibles depósitos de relaves y proporcionar un diseño de nivel de prefactibilidad para un depósito de relaves. La cantidad final de relaves (como sólidos secos) que se eliminarán en una instalación de contención será de 652 millones de toneladas.

Process Research Associates (PRA) realizó pruebas estáticas conocida como Acid Base Account (ABA) que consiste en determinar la propensión de la roca de desecho o relaves a generar condiciones de acidez en una muestra de relaves de plantas piloto. El potencial de crecimiento total del material fue de 7,8 toneladas de CaCO<sub>3</sub> / 1000 toneladas de muestra. El potencial neutralizador neto fue de -2,8 toneladas de CaCO<sub>3</sub> / 1000 toneladas de muestra. Basado únicamente en el

resultado de esta prueba ABA, parecería que los relaves pueden tener el potencial de generar ácido.

Se calculó un cronograma de producción de la mina a partir de los diseños de la fase minera y las tabulaciones de reservas probables, lo que indica una vida útil de la mina de 20,4 años a una tasa de procesamiento de mineral de 90.000 toneladas por día (32,4 toneladas por año). Las leyes de la cabeza del molino durante los Años 1-3 serán aproximadamente un 50% más altas que el promedio. Como se determinó en el estudio de prefactibilidad, el tonelaje total de desmonte de preproducción y acumulación de mineral será bajo, alrededor de 7,4 millones de toneladas (1,43 millones de toneladas a la reserva de mineral y 5,94 millones de toneladas a desperdicio). Aproximadamente 1,2 millones de toneladas de excavación adicional será necesario para los caminos externos de acceso a la mina y las conexiones con el camino de acarreo de la presa de relaves. Las tasas máximas de extracción se producirán durante los años 1 a 4, en los que se manipularán 14,1 millones de toneladas anuales de residuos.

Según el Informe Técnico Estudio de Prefactibilidad del Proyecto EL Galeno (2007) Las pruebas metalúrgicas indican que las recuperaciones medias de metales de LOM serán de aproximadamente 89,6% para el cobre, 52,9% para el molibdeno, 67,0% para el oro y 77,3% para el molibdeno. Se estima que las tasas medias anuales de producción de LOM son 144,353 toneladas de cobre, 2277 toneladas de molibdeno, 82,324 onzas de oro y 2,021,573 onzas de plata.

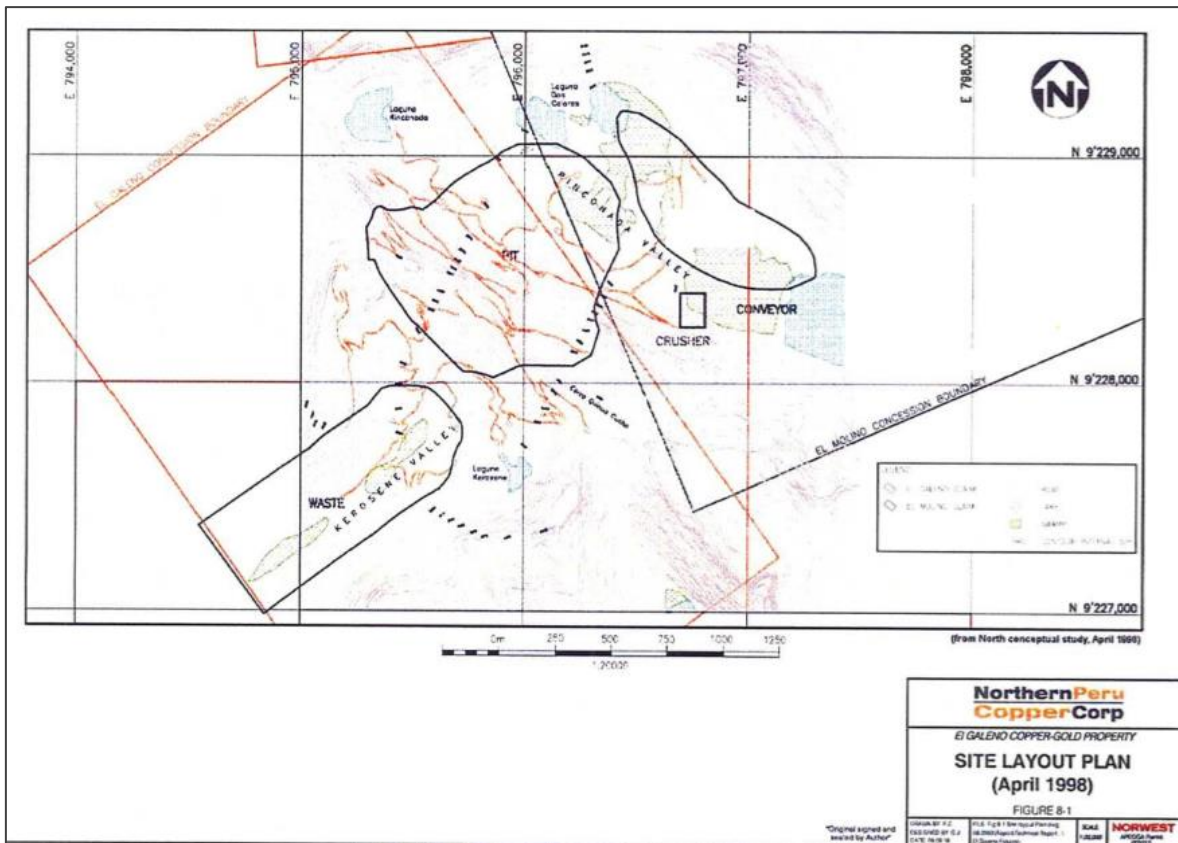


Figura 3.1. Ubicación de la Infraestructura Minera según el AIDs del Proyecto El Galeno  
 Fuente: Technical Report El Galeno Project Prefeasibility Study, (2007).

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

##### **4.1.1 Geoestructuras**

En el área de investigación se ha podido identificar que estructuralmente está constituido por:

Un pliegue denominado El Galeno que domina la geología local, parte de esta estructura intercepta con la implantación de la infraestructura minera del Tajo por la cual es importante considerarlo en los impactos que esta va generar en el posterior desarrollo del proyecto minero siendo así cuantificable y permitiendo asumir valores para construir la Matriz de Impactos Ambientales. Asimismo, una falla regional con rumbo predominante NOO - SSE, que se extiende dentro del AID y un sistema de fallas menores que cortan los afloramientos de las Formaciones Chimú y Farrat.

##### **4.1.2 Unidades Morfogenéticas**

En la V MEIAsd “El Galeno” las unidades morfogenéticas lo consideran como geomorfología en la cual solo consideran las siguientes geoformas: Laderas rocosas disectadas, altiplanicie glacial, afloramientos rocosos, ladera fluvial empinada, valle fluvial, laderas empinadas y muy empinadas sin embargo no caracterizan ni hacen una clasificación que permitan saber específicamente una valoración o porcentaje de cada de ellas.



Mientras que nuestro análisis de unidades morfogénicas dentro del AID nos ha permitido cuantificar cada una de ellas, con estas valoraciones podemos interactuar con la variable infraestructura minera y obtener el impacto que tendrá sobre ellas. Dentro de AID las unidades que predomina son las planicies a la que le corresponde un 40 % del porcentaje total, estas superficies están conformadas por una vegetación conocida como pajonal andino y pastos cultivados utilizados como forraje para el ganado, y sembríos; lomadas ocupan un 30 % y se encuentran en los alrededores de las lagunas Dos Colores y Milpo asociada a una escasa cobertura vegetal; laderas que representan un 27% constituidas por afloramientos rocosos y suelos muy superficiales; por último tenemos a los escarpes que son las unidades con pendientes más pronunciadas identificadas como cerro Hilorico que en su mayor extensión son afloramientos rocosos erosionadas por el agua y el viento, estas unidades no tienen ningún uso y solo sirven como refugio para la fauna silvestre abarcando menos de 1% del área del AID.

A continuación, se muestra la Tabla 4.1 Áreas de las Unidades Morfogénicas dentro del AID.

Tabla 4.1 Áreas de las Unidades Morfogénicas

<b>ÁREAS UNIDADES MORFOGENÉTICAS - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA - AID</b>			
<b>ORD.</b>	<b>UNIDADES MORFOGENÉTICAS</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	PLANICIES	2.23	40.23	222.90	40.24
<b>2</b>	LOMADAS	1.76	31.79	176.11	31.79
<b>3</b>	LADERAS	1.54	27.88	154.46	27.88
<b>4</b>	ESCARPES	0.00	0.087	0.48	0.087
<b>TOTAL</b>		<b>5.54</b>	<b>100.0</b>	<b>553.95</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Propia

### **4.1.3 Hidrología e Hidrogeología**

Hemos logrado clasificar tres Subcuencas en el área de investigación:

#### **4.1.3.1 Subcuenca Chailhuagón**

Esta subcuenca recibe el aporte de las quebradas Yerba Buena, Lirio, Cashapampa, Yanacocha, Quisquimayo, La Huaylla, Rio Grande, Rio seco, Mishacocha y la quebrada Chamcas que se origina por los aportes de las aguas provenientes de la laguna Kerosene por la margen izquierda y en época de avenidas de la laguna Cama de Los Shingos por la margen derecha. La quebrada Chamcas, luego de recorrer aproximadamente 3 km, confluye con la quebrada formada por los aportes de la laguna Mishacocha y la laguna Chailhuagon para formar el río Grande que luego de algunos aportes pequeños confluye con el río Azufre y el río Quinuario para formar el río Chonta. El río Chonta se une con el río Porcón y forma el río Mashcon, que aguas abajo forma el río Cajamarca y varios kilómetros aguas abajo se une con el río Condebamba para formar el río Crisnejas. Este sistema hídrico descarga sus aguas en el río Marañón.

#### **4.1.3.2 Subcuenca Chirimayo**

Nace aproximadamente a los 4,000 msnm con la quebrada Chirimayo formado de la descarga de las lagunas Huascha y Lucmacocha. La quebrada Chirimayo (también denominada quebrada Huanru) recibe el aporte de las quebradas La Chorrera, Uñigan y Lirio, y sus aguas discurren aproximadamente un total de 9 km. en dirección al este hasta descargar en el río Sendamal. La quebrada La Chorrera se forma de las descargas de las lagunas Alforjacocho y Lipiac, las cuales se ubican al norte del Cerro Hilarico. Las aguas de la quebrada La Chorrera, luego de un recorrido de aproximadamente de 4 km, descarga en la quebrada Chirimayo (también denominada quebrada Huanru) y finalmente en el río Sendamal.

#### **4.1.3.3 Subcuenca Chanche**

Forma parte de la cuenca del río Marañón se inicia en la quebrada Rinconada, la cual nace de la laguna del mismo nombre y fluyen hacia el Sureste del área del proyecto uniendo las lagunas Rinconada, Dos Colores y Milpo para luego tomar el nombre de quebrada Milpo. La quebrada Milpo, denominada así a partir de la descarga de la laguna Milpo, fluye superficialmente 1 Km. aproximadamente, y luego se infiltra, aflorando aguas arriba de la zona denominada El Punre donde toma el nombre de quebrada Punre. Unos 200 m. aguas abajo del poblado El Punre recibe el aporte de la quebrada Boya. Aguas abajo, luego de recibir el aporte de varios tributarios, toma el nombre de quebrada Chanche, la cual discurre aproximadamente 750 m para descargar sus aguas en el río Sendamal, el cual confluye con el río Grande para formar el río las Yangas. Este finalmente desemboca en el río Marañón.

Se delimitaron los divortium acuarium de las 3 subcuencas utilizando imágenes satelitales SAS Planet y Landsat, georreferenciados en coordenadas UTM en los sistemas WGS-84 y PSAD56. Se calcularon los 21 parámetros geomorfológicos de cada una de las subcuencas, así como lo demuestra la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 parámetros Geomorfológicos de las subcuencas.

IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO MINERO EL GALENO										
PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LAS 03 SUBCUENCAS AFECTADAS										
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	SUBCUENCA CHAILHUAGÓN			MICROCUENCA CHIRIMAYO			SUBCUENCA CHANCHE		
<b>Parámetros Básicos</b>										
		COD.	UNIDAD	VALOR	COD.	UNIDAD	VALOR	COD.	UNIDAD	VALOR
1	ÁREA	A	Km <sup>2</sup>	112.40	A	Km <sup>2</sup>	72.49	A	Km <sup>2</sup>	50.79
2	PERIMETRO	P	Km	57.91	P	Km	44.11	P	Km	34.35
3	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	L	Km	22.29	L	Km	17.23	L	Km	14.04
4	DESNIVEL ALTITUDINAL	DA	msnm	1,300.00	DA	msnm	1,750.00	DA	msnm	1,050.00
<b>Parámetros de Drenaje</b>										
5	GRADO DE RAMIFICACIONES									
5.1	Ordenes de Ramificaciones	Oi			Oi			Oi		
		1	174	136.55	1	49	60.62	1	49	47.27
		2	45	34.76	2	10	14.97	2	12	13.91
		3	12	26.47	3	4	7.11	3	5	11.06
		4	1	13.97	4	1	8.97		1	5.21
5.2	Número Total de cursos o ríos :	NTc	232		NTc	64		NTc	67	
5.3	Longitud Total de Ríos :	Li	Km	211.75	Li	Km	91.67	Li	Km	72.25
<b>Parámetros Fundamentales</b>										
6	DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.87	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.14	Dd	Km/Km <sup>2</sup>	1.42
7	EXTENSIÓN MEDIA DE ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	Es		0.13	Es		0.22	Es		0.18
8	FRECUENCIA DE RÍOS	Fr	Ríos/Km <sup>2</sup>	2.05	Fr	Ríos/Km <sup>2</sup>	0.88	Fr	Ríos/Km <sup>2</sup>	1.32
<b>Parámetros de Forma</b>										
9	ANCHO PROMEDIO DE LA SUBCUENCA	Ap	Km	5.07	Ap	Km	4.21	Ap	Km	4.32
10	FACTOR DE FORMA	Ff		0.23	Ff		0.24	Ff		0.37
11	COEFICIENTE DE COMPACIDAD O INDICE DE GRAVELIUS	Kc		1.53	Kc		1.45	Kc		1.43
<b>Parámetros de Elevación del Terreno o Relieve de la Subcuenca</b>										
12	ALTITUD MEDIA DE LA SUBCUENCA	Hm	msnm	3,707.24	Hm	msnm	3,591.59	Hm	msnm	3,653.20
13	MÉTODO DEL ÍNDICE DE PENDIENTE DE LA SUBCUENCA O PENDIENTE MEDIA DE LA SUBCUENCA	lp		0.22	lp		0.29	lp		0.26
14	POLÍGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES			Grafico			Grafico			Grafico
15	CURVA HIPSOMETRICA			Grafico			Grafico			Grafico
<b>Parámetro del Rectángulo Equivalente</b>										
16	PARÁMETRO DEL RECTANGULO EQUIVALENTE									
		L	Km	24.31		Km	18.41		Km	14.81
		l	Km	4.65		Km	3.94		Km	3.42
<b>Parámetro Declividad de los Cursos de Agua</b>										
17	PENDIENTE MEDIA DEL RÍO	lc	m/Km	0.06	lc	m/Km	0.10	lc	m/Km	0.17
18	DECLIVE EQUIVALENTE CONSTANTE	S		0.05	S		0.10	S		0.08
19	PERFIL LONGITUDINAL DE LA SUBCUENCA									
<b>Parámetro del Coeficiente de Torrencialidad</b>										
20	COEFICIENTE DE TORRENCIALIDAD	Ct	ríos 1er Or/Km <sup>2</sup>	1.54	Ct	ríos 1er Or/Km <sup>2</sup>	0.68	Ct	ríos 1er Or/Km <sup>2</sup>	0.96
<b>Parámetro del Coeficiente de Masividad</b>										
21	COEFICIENTE DE MASIVIDAD	Cm	m/Km <sup>2</sup>	32.82	Cm	m/Km <sup>2</sup>	49.32	Cm	m/Km <sup>2</sup>	72.05

Tomado de Rodríguez y Huamán, (2016)

Se realizó un análisis de las tres subcuencas estudiadas lo cual ha permitido comprender los efectos de las lluvias sobre las Unidades litomorfoestructurales y se obtuvo los datos de precipitaciones entre los años 1968 hasta 2019 de la estación más cercana a nuestra zona de investigación, la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer-UNC que fue analizada y recalculada para las subcuencas Chailhuagon, Chanche y Chirimayo, mediante la fórmula de transposición de precipitaciones de Ortiz, (2004).

Los datos de precipitación recogidos por la Estación Weberbauer corresponden a una altitud de 2,655 msnm (H1), los cuales deben ser transpuestos hacia las Subcuencas Chailhuagon, Chirimayo y Chanche según la Ecuación de Oswald (Ortiz, O. 2004); cuya altitud media ha sido calculada en 3578.886215 msnm (H), 3699.808791 msnm (H) y 3640.056338 msnm (H) respectivamente obtenida mediante las fórmulas de cálculos de los Parámetros Geomorfológicos.

A continuación, Calculamos el factor de transposición de las tres subcuencas:

Tabla 4.3. Cálculo del factor de transposición para la Subcuenca Chanche.

<b>CÁLCULO DEL FACTOR DE TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES</b>					
<b>Estación Webwebauer (UNC) - Subcuenca Chanche</b>					
<b>Ecuación de Oswald*</b>					
Subcuenca Chanche	Precipitación a la altitud H	PP	79.52	mm	PP1 Enero 1968 58 mm
Estación Webwebauer	Precipitación a la altitud H1	PP1	58.00	mm	
Subcuenca Chanche	Altitud Media de la Subcuenca Chanche	H	3640.06	msnm	
Estación Webwebauer	Altitud Media Estación Weberbauer	H1	2655.00	msnm	
Factor de Transposición	Ft:	H/H1	1.37		
*Ortiz, Oswaldo (2015) - Investigador en Hidrología y Cuencas. UNC.					

Tabla 4.4. Cálculo del factor de transposición para la Subcuenca Chailhuagon.

<b>CÁLCULO DEL FACTOR DE TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES</b>					
<b>Estación Webwebauer (UNC) - Subcuenca Chailhuagon</b>					
<b>Ecuación de Oswald*</b>					
Subcuenca Chailhuagon	Precipitación a la altitud H	PP	80.82	mm	PP1 Enero 1968 58 mm
Estación Webwebauer	Precipitación a la altitud H1	PP1	58.00	mm	
Subcuenca Chailhuagon	Altitud Media de la Subcuenca Chailhuagon	H	3699.81	msnm	
Estación Webwebauer	Altitud Media Estación Weberbauer	H1	2655.00	msnm	
Factor de Transposición	Ft:	H/H1	1.39		
*Ortiz, Oswaldo (2015) - Investigador en Hidrología y Cuencas. UNC.					

Tabla 4.5. Cálculo del factor de transposición para la Subcuenca Chirimayo.

<b>CÁLCULO DEL FACTOR DE TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES</b>					
<b>Estación Webwebauer (UNC) - Subcuenca Chirimayo</b>					
<b>Ecuación de Oswald*</b>					
Subcuenca Chirimayo	Precipitación a la altitud H	PP	68.88	mm	PP1 Enero 1968 58 mm
Estación Webwebauer	Precipitación a la altitud H1	PP1	51.1	mm	
Subcuenca Chirimayo	Altitud Media de la Subcuenca Chirimayo	H	3578.89	msnm	
Estación Webwebauer	Altitud Media Estación Weberbauer	H1	2655.00	msnm	
Factor de Transposición	Ft:	H/H1	1.35		
*Ortiz, Oswaldo (2015) - Investigador en Hidrología y Cuencas. UNC.					

Luego de realizar la transposición de datos de precipitación de la estación Weberbauer a la Subcuencas Chailhuagón, Chanche y Chirimayo, estos sirven para obtener la precipitación en cada intervalo de año. El formato es de autoría de Rodríguez 2016. Asimismo, el formato de Cálculo de Análisis de Precipitación es del mismo autor.

Tabla 4.6. Análisis de Precipitación de la Subcuenca Chanche.

TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN A LA SUBCUENCA CHANCHE															ANÁLISIS DE RESULTADOS DE HIDROLOGÍA				
De Estación Weberbauer (UNC)																			
Periodo 1968 - 2019																			
CICLOS DE PRECIPITACIÓN	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR					AÑO TERMINAL	TOTAL PP ANUAL	PROMEDIO PP ANUAL	PP TOTAL OCT- ABRIL	% DE PP TOTAL OCT- ABR		
	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY							
1	68 - 69	2.2	2.2	22.2	68.5	91.0	74.8	97.0	57.5	101.0	114.4	117.4	2.1	69	750.2	62.52	653.1	87.05	
2	69 - 70	26.9	0.4	18.1	25.2	75.9	145.8	221.9	97.3	57.3	109.5	74.7	46.3	70	899.1	74.93	782.3	87.00	
3	70 - 71	27.3	4.4	3.4	24.9	141.1	70.4	74.1	80.0	134.0	377.7	74.9	11.0	71	1,023.3	85.27	952.3	93.06	
4	71 - 72	16.7	24.1	23.6	38.5	123.0	62.7	91.1	76.0	92.6	155.9	104.4	24.8	72	833.5	69.46	705.8	84.68	
5	72 - 73	6.0	4.7	28.2	39.7	43.0	91.1	68.8	130.6	96.9	125.5	134.8	37.5	73	806.8	67.23	690.6	85.60	
6	73 - 74	40.1	11.5	25.1	119.5	89.7	93.4	99.1	87.8	175.6	130.4	80.1	6.3	74	958.7	79.89	756.2	78.88	
7	74 - 75	23.7	8.9	32.3	53.0	96.6	73.8	104.7	125.5	216.6	273.2	96.9	91.5	75	1,196.7	99.72	987.2	82.50	
8	75 - 76	13.7	9.9	26.4	61.8	109.9	89.2	1.2	178.6	86.2	111.4	75.6	58.9	76	822.8	68.57	652.1	79.25	
9	76 - 77	31.5	0.1	6.0	16.9	44.1	98.1	60.8	178.0	200.6	194.4	58.4	34.9	77	923.8	76.98	834.3	90.32	
10	77 - 78	11.0	10.3	0.1	22.1	73.2	75.1	93.4	17.4	47.1	66.4	50.7	89.9	78	556.6	46.39	423.3	76.05	
11	78 - 79	5.3	6.0	5.2	32.6	33.4	74.0	61.4	115.2	111.8	218.8	50.8	22.3	79	736.9	61.41	665.4	90.30	
12	79 - 80	2.5	10.3	21.5	46.0	33.4	36.0	138.2	47.8	58.1	89.1	40.1	9.5	80	458.1	38.18	368.4	80.41	
13	80 - 81	20.7	4.4	7.7	3.2	178.6	152.1	146.2	107.1	255.5	144.8	46.2	20.1	81	1,086.5	90.55	1030.5	94.84	
14	81 - 82	9.0	9.9	17.4	30.1	153.3	62.5	152.5	98.2	141.0	103.7	121.5	52.3	82	951.47	79.29	832.7	87.52	
15	82 - 83	10.7	2.9	9.0	60.1	171.0	92.2	119.7	159.7	103.3	207.7	144.8	42.6	83	1,123.8	93.65	998.5	88.85	
16	83 - 84	13.8	13.2	3.7	26.3	119.1	38.5	162.2	33.8	320.0	169.6	109.6	95.2	84	1,105.0	92.09	952.8	86.23	
17	84 - 85	34.4	32.1	25.6	50.3	94.0	133.7	142.6	33.7	58.1	51.0	57.4	72.6	85	785.4	65.45	570.5	72.63	
18	85 - 86	0.5	6.6	25.1	51.1	68.5	32.7	55.2	115.6	65.3	132.6	164.7	22.2	86	740.2	61.68	634.7	85.75	
19	86 - 87	0.8	1.6	20.0	1.6	59.7	90.7	71.0	134.5	130.4	53.7	71.5	15.2	87	650.9	54.24	611.6	93.96	
20	87 - 88	5.5	14.8	16.9	54.1	51.0	101.8	82.9	150.3	144.5	61.4	131.0	14.5	88	828.6	69.05	722.8	87.24	
21	88 - 89	7.4	0.0	45.1	95.1	89.3	86.9	100.8	119.2	217.6	59.6	117.0	25.8	89	963.7	80.30	790.4	82.02	
22	89 - 90	22.9	4.4	8.1	73.3	146.0	64.5	3.7	139.5	93.8	79.9	37.5	54.5	90	728.2	60.68	565.0	77.59	
23	90 - 91	33.7	1.1	9.7	27.5	120.0	135.8	99.1	60.0	123.3	183.2	75.6	24.5	91	893.5	74.46	796.9	89.19	
24	91 - 92	1.0	0.5	0.4	14.0	38.6	75.5	98.5	72.1	43.6	91.2	63.7	25.9	92	525.0	43.75	483.2	92.04	
25	92 - 93	29.0	6.3	13.7	55.9	87.7	43.8	46.7	83.6	153.7	335.7	141.0	40.6	93	1,037.6	86.47	892.1	85.98	
26	93 - 94	2.6	4.5	4.0	70.4	145.6	97.8	115.2	160.2	141.2	233.2	198.5	40.8	94	1,214.1	101.17	1091.8	89.92	
27	94 - 95	15.2	7.5	13.3	43.6	95.6	83.3	90.3	61.2	148.4	103.7	68.1	28.2	95	758.4	63.20	650.6	85.78	
28	95 - 96	2.3	18.1	14.8	15.8	71.0	69.2	104.7	89.3	169.9	165.8	69.0	18.8	96	808.6	67.38	738.8	91.38	
29	96 - 97	1.1	0.7	21.6	19.0	104.4	94.3	46.7	87.4	209.5	36.3	55.3	23.3	97	699.7	58.30	633.9	90.60	
30	97 - 98	21.1	0.3	0.0	37.5	69.6	153.3	177.3	143.9	159.6	352.1	114.9	26.9	98	1,256.4	104.70	1170.7	93.17	
31	98 - 99	6.6	1.8	6.4	24.4	109.1	39.9	65.6	129.9	332.5	95.2	88.2	73.6	99	973.1	81.09	860.4	88.41	
32	99 - 2000	31.2	30.3	1.6	111.5	29.7	105.5	93.8	63.0	220.7	173.0	105.9	55.5	2,000	1,021.9	85.16	791.7	77.48	
33	2000 - 2001	21.4	2.9	18.4	0.0	47.1	63.3	128.0	124.5	37.0	83.3	182.3	105.8	31.5	2,002	825.0	68.75	724.2	87.78
34	2001 - 2002	3.2	19.0	0.0	47.1	63.3	128.0	124.5	37.0	83.3	182.3	105.8	31.5	2,002	825.0	68.75	724.2	87.78	
35	2002 - 2003	12.1	14.7	4.7	20.0	123.7	136.9	118.0	70.0	84.1	141.9	57.7	42.1	2,003	825.7	68.81	732.3	88.68	
36	2003 - 2004	30.6	2.5	14.5	20.3	63.0	87.4	110.6	49.5	78.0	61.0	58.1	2.9	2,004	578.1	48.18	507.4	87.77	
37	2004 - 2005	25.8	40.3	26.0	86.9	126.9	169.5	139.7	116.3	163.4	186.3	74.0	9.9	2,005	1,164.9	97.08	976.1	83.79	
38	2005 - 2006	6.2	0.8	4.8	42.7	126.5	41.1	120.3	114.0	139.2	273.0	106.3	10.5	2,006	985.4	82.12	920.4	93.40	
39	2006 - 2007	32.7	2.5	8.4	46.0	17.4	82.7	111.9	130.7	24.0	249.9	152.8	32.9	2,007	891.9	74.32	769.4	86.27	
40	2007 - 2008	1.9	14.7	8.8	15.9	162.9	133.7	94.3	109.9	182.6	162.2	135.8	31.1	2,008	1,053.7	87.81	981.3	93.13	
41	2008 - 2009	21.1	3.2	16.0	47.5	63.7	98.9	47.1	220.2	102.2	151.4	108.0	57.8	2,009	937.1	78.09	791.4	84.46	
42	2009 - 2010	23.8	16.9	5.3	16.2	107.5	149.9	101.7	67.8	154.7	168.6	151.9	54.8	2,010	1,019.1	84.93	902.1	88.52	
43	2010 - 2011	11.8	3.6	1.8	38.2	60.8	71.9	97.0	104.9	100.4	171.5	139.2	23.4	2,011	824.6	68.72	745.8	90.45	
44	2011 - 2012	0.5	11.4	0.0	64.5	43.2	33.4	150.3	208.7	187.1	173.2	99.7	70.6	2,012	1,042.6	86.88	895.6	85.90	
45	2012 - 2013	0.3	0.0	3.4	26.2	114.0	164.8	79.0	85.1	134.3	292.2	101.1	89.9	2,013	1,090.2	90.85	970.5	89.02	
46	2013 - 2014	10.3	7.8	29.5	5.1	151.7	14.9	71.1	103.4	122.9	262.8	143.4	52.47	2,014	975.3	81.28	870.2	89.23	
47	2014 - 2015	9.5	3.4	6.9	51.1	47.7	82.3	209.6	334.1	99.74	364.8	114.8	137.4	2,015	1,461.4	121.78	1253.1	85.75	
48	2015 - 2016	4.1	6.2	0.1	38.6	23.0	136.5	53.6	113.6	116.9	166.2	76.99	9.59	2,016	745.3	62.11	686.6	92.13	
49	2016 - 2017	2.2	2.9	1.5	34.4	82.2	23.4	86.4	106.2	99.05	190.3	107.7	64.66	2,017	800.9	66.74	695.3	86.81	
50	2017 - 2018	16.4	3.2	28.6	29.5	89.5	86.6	230.3	135.6	173.2	160.7	100.4	68.64	2,018	1,122.6	93.55	976.3	86.97	
51	2018 - 2019	14.8	0.7	0.0	33.4	84.7	133.4	95.1	64.25	147	236.6	107	51.24	2,019	968.2	80.68	868.0	89.65	
POR MESES		AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR					DATA	1968-2019				
		jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY						
	PROMEDIO (1968-2019)	14.2	8.0	12.8	42.2	88.7	89.7	102.4	111.1	136.1	170.8	97.2	41.5		914.8	76.2	795.9	86.9	
	MEDIANA	11.8	4.5	9.0	38.5	89.3	86.9	97.0	106.2	134.0	165.8	100.4	34.9		923.8	77.0	790.4	87.2	
	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	11.4	8.8	10.8	25.9	42.1	38.8	47.5	58.5	64.1	86.3	35.9	28.4		201.3	16.8	184.7	4.9	
MÁXIMO	40.1	40.3	45.1	119.5	178.6	169.5	230.3	334.1	332.5	377.7	198.5	137.4		1461.4	121.8	1253.1	94.8		
MÍNIMO	0.3	0.0	0.0	1.6	13.6	14.9	1.2	17.4	24.0	36.3	37.5	2.1		458.1	38.2	368.4	72.6		
Línea de Precipitación Referencial															X = 76.2	DS = 16.8	(X + DS)* 16% = 106.8		





Tabla 4.8. Análisis de Precipitación de la Subcuenca Chirimayo.

TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN A LA SUBCUENCA CHIRIMAYO													ANÁLISIS DE RESULTADOS DE HIDROLOGÍA					
De Estación Weberbauer (UNC)																		
Periodo 1968 - 2019																		
CICLOS DE PRECIPITACIÓN	AÑO ANTERIOR						AÑO POSTERIOR					AÑO TERMINAL	TOTAL PP ANUAL	PROMEDIO PP ANUAL	PP TOTAL OCT- ABRIL	% DE PP TOTAL OCT- ABR		
	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	ENE	FEB	MAR	ABR						MAY	
1	68 - 69	3.0	3.0	30.0	92.5	122.8	101.0	130.9	77.7	136.3	154.4	158.5	2.8	69	1,012.8	84.40	881.7	87.05
2	69 - 70	36.3	0.6	24.4	34.0	102.5	196.8	299.6	131.3	77.3	147.8	100.8	62.5	70	1,213.8	101.15	1056.1	87.00
3	70 - 71	36.8	5.9	4.6	33.7	190.5	95.1	100.1	108.0	180.9	509.9	101.2	14.8	71	1,381.4	115.12	1285.6	93.06
4	71 - 72	22.6	32.6	31.8	52.0	166.1	84.7	123.0	102.6	125.0	210.5	140.9	33.5	72	1,125.2	93.77	952.9	84.68
5	72 - 73	8.1	6.3	38.1	53.6	58.1	123.0	92.8	176.3	130.8	169.4	182.0	50.7	73	1,089.2	90.76	932.3	85.60
6	73 - 74	54.2	15.5	33.8	161.3	121.1	126.1	133.7	118.6	237.1	176.1	108.2	8.5	74	1,294.3	107.86	1020.9	78.88
7	74 - 75	32.0	12.0	43.6	71.6	130.4	99.7	141.3	169.4	292.4	368.8	130.8	123.5	75	1,615.5	134.63	1332.7	82.50
8	75 - 76	18.5	13.3	35.7	83.4	148.3	120.4	1.7	241.2	116.3	150.4	102.1	79.5	76	1,110.8	92.57	880.4	79.25
9	76 - 77	42.5	0.2	8.1	22.7	59.6	132.4	82.1	240.3	270.8	262.4	78.8	47.2	77	1,247.1	103.93	1126.3	90.32
10	77 - 78	14.8	13.9	0.2	29.8	98.8	101.4	126.1	23.5	63.6	89.7	68.4	121.3	78	751.5	62.62	571.5	76.05
11	78 - 79	7.2	8.1	7.0	44.0	45.1	99.9	82.9	155.5	150.9	295.4	68.6	30.1	79	994.8	82.90	898.3	90.30
12	79 - 80	3.3	13.9	29.0	62.1	45.1	48.6	86.2	64.5	78.4	120.2	54.2	12.8	80	618.5	51.54	497.3	80.41
13	80 - 81	27.9	5.9	10.4	4.3	241.2	205.3	197.3	144.6	344.9	195.5	62.3	27.2	81	1,466.8	122.24	1391.2	94.84
14	81 - 82	12.2	13.3	23.5	40.7	207.0	84.3	205.8	132.6	190.3	140.0	164.1	70.7	82	1,284.48	107.04	1124.1	87.52
15	82 - 83	14.4	3.9	12.2	81.2	230.8	124.5	161.6	215.7	139.5	280.4	195.5	57.5	83	1,517.1	126.43	1347.9	88.85
16	83 - 84	18.7	17.8	5.0	35.5	160.7	52.0	219.0	45.7	432.0	229.0	148.0	128.5	84	1,491.8	124.32	1286.3	86.23
17	84 - 85	46.4	43.3	34.6	67.9	126.9	180.5	192.5	45.5	78.4	68.8	77.5	98.0	85	1,060.3	88.36	770.1	72.63
18	85 - 86	0.7	8.9	33.8	69.0	92.5	44.2	74.5	156.1	88.2	179.0	222.3	30.0	86	999.3	83.27	856.9	85.75
19	86 - 87	1.1	2.2	27.0	2.2	80.6	122.4	95.8	181.6	176.1	72.5	96.5	20.5	87	878.7	73.22	825.6	93.96
20	87 - 88	7.4	20.0	22.7	73.1	68.8	137.4	111.9	202.9	195.1	82.9	176.8	19.6	88	1,118.6	93.21	975.8	87.24
21	88 - 89	10.0	0.0	60.8	128.4	120.6	117.3	136.1	160.9	293.7	80.5	157.9	34.8	89	1,300.9	108.41	1067.0	82.02
22	89 - 90	30.9	5.9	10.9	98.9	197.2	87.1	5.0	188.3	126.7	107.8	50.7	73.6	90	983.0	81.92	762.7	77.59
23	90 - 91	45.5	1.5	13.1	37.2	162.0	183.3	133.7	81.0	166.5	247.3	102.1	33.1	91	1,206.2	100.52	1075.9	89.19
24	91 - 92	1.3	0.7	0.6	18.9	52.2	101.9	133.0	97.3	58.8	123.2	86.0	35.0	92	708.7	59.06	652.3	92.04
25	92 - 93	39.2	8.5	18.5	75.5	118.4	59.2	63.1	112.8	207.5	453.1	190.3	54.7	93	1,400.8	116.73	1204.4	85.98
26	93 - 94	3.5	6.1	5.4	95.1	196.6	132.1	155.5	216.2	190.7	314.8	268.0	55.1	94	1,639.0	136.59	1473.9	89.92
27	94 - 95	20.5	10.2	17.9	58.8	129.1	112.4	121.9	82.7	200.3	140.0	91.9	38.1	95	1,023.9	85.32	873.8	85.78
28	95 - 96	3.1	24.4	20.0	21.3	95.8	93.4	141.3	120.6	229.3	223.8	93.2	25.3	96	1,091.6	90.96	997.4	91.38
29	96 - 97	1.5	0.9	29.2	25.7	140.9	127.2	63.1	118.0	282.8	49.0	74.7	31.4	97	944.5	78.71	855.8	90.60
30	97 - 98	28.5	0.4	0.0	50.7	94.0	207.0	239.3	194.2	215.5	475.3	155.2	36.3	98	1,696.2	141.35	1580.4	93.17
31	98 - 99	8.9	2.4	8.7	32.9	147.2	53.8	88.6	175.3	448.9	128.5	119.1	99.3	99	1,313.7	109.47	1161.5	88.41
32	99 - 2000	42.2	40.9	2.2	150.5	40.1	142.4	126.7	85.1	298.0	233.6	143.0	74.9	2,000	1,379.5	114.96	1068.8	77.48
33	2000 - 2001	28.9	3.9	24.8	104.7	18.3	82.3	226.2	353.6	186.4	425.8	105.8	89.0	2,001	1,649.57	137.46	1398.4	84.77
34	2001 - 2002	4.3	25.7	0.0	63.6	85.4	172.7	168.1	49.9	112.4	246.2	142.8	42.5	2,002	1,113.8	92.81	977.6	87.78
35	2002 - 2003	16.3	19.8	6.3	27.0	167.0	184.8	159.2	94.5	113.6	191.6	77.9	56.8	2,003	1,114.7	92.89	988.6	88.68
36	2003 - 2004	41.2	3.3	19.6	27.4	85.1	118.0	149.3	66.8	105.2	82.3	78.4	3.9	2,004	780.5	65.04	685.1	87.77
37	2004 - 2005	34.8	54.4	35.1	117.3	171.3	228.8	188.6	157.0	220.6	251.5	99.9	13.3	2,005	1,572.6	131.05	1317.8	83.79
38	2005 - 2006	8.3	1.1	6.5	57.7	170.7	55.5	162.4	153.9	187.9	368.6	143.5	14.2	2,006	1,330.3	110.86	1242.5	93.40
39	2006 - 2007	44.2	3.3	11.3	62.1	23.5	111.7	151.1	176.4	32.4	337.3	206.2	44.4	2,007	1,204.0	100.34	1038.7	86.27
40	2007 - 2008	2.6	19.8	11.8	21.5	219.9	180.5	127.2	148.3	246.5	219.0	183.3	42.0	2,008	1,422.5	118.54	1324.8	93.13
41	2008 - 2009	28.5	4.3	21.6	64.2	86.0	133.5	63.6	297.2	138.0	204.4	145.7	78.0	2,009	1,265.1	105.42	1068.5	84.46
42	2009 - 2010	32.2	22.7	7.2	21.8	145.2	202.3	137.2	91.6	208.8	227.7	205.1	74.0	2,010	1,375.8	114.65	1217.9	88.52
43	2010 - 2011	15.9	4.8	2.4	51.6	82.1	97.1	130.9	141.7	135.6	231.6	187.9	31.6	2,011	1,113.2	92.77	1006.9	90.45
44	2011 - 2012	0.7	15.4	0.0	87.1	58.3	45.1	202.9	281.7	252.6	233.8	134.6	95.2	2,012	1,407.5	117.29	1209.0	85.90
45	2012 - 2013	0.4	0.0	4.6	35.3	153.9	222.5	106.7	114.9	181.3	394.5	136.5	121.3	2,013	1,471.8	122.65	1310.2	89.02
46	2013 - 2014	13.9	10.5	39.8	6.8	204.7	20.2	96.0	139.6	165.9	354.7	193.6	70.84	2,014	1,316.7	109.72	1174.8	89.23
47	2014 - 2015	12.8	4.6	9.2	69.0	64.4	111.2	283.0	451.1	134.6	492.5	155	185.5	2,015	1,972.86	164.41	1691.7	85.75
48	2015 - 2016	5.5	8.3	0.2	52.2	31.1	184.2	72.3	153.3	157.8	224.3	103.9	12.95	2,016	1,006.1	83.84	927.0	92.13
49	2016 - 2017	3.0	3.9	2.0	46.4	111.0	31.6	116.7	143.3	133.7	256.9	145.4	87.3	2,017	1,081.2	90.10	938.6	86.81
50	2017 - 2018	22.2	4.3	38.7	39.8	120.8	116.9	310.9	183.1	233.8	216.9	135.6	92.66	2,018	1,515.5	126.29	1318.0	86.97
51	2018 - 2019	20.0	0.9	0.0	45.1	114.3	180.1	128.4	86.74	198.5	319.4	144.4	69.17	2,019	1,307.1	108.92	1171.8	89.65

POR MESES	AÑO ANTERIOR						AÑO POSTERIOR					DATA	1968-2019			
	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	ENE	FEB	MAR	ABR			MAY		
PROMEDIO (1968-2019)	19.2	10.9	17.3	57.0	119.7	121.1	138.2	150.0	183.7	230.6	131.3	56.0	1234.9	102.9	1074.5	86.9
MEDIANA	15.9	6.1	12.2	52.0	120.6	117.3	130.9	143.3	180.9	223.8	135.6	47.2	1247.1	103.9	1067.0	87.2
DESVIACIÓN ESTANDAR	15.3	11.9	14.6	34.9	56.9	52.4	64.1	79.0	86.5	116.5	48.5	38.3	271.8	22.6	249.4	4.9
MÁXIMO	54.2	54.4	60.8	161.3	241.2	228.8	310.9	451.1	448.9	509.9	268.0	185.5	1972.9	164.4	1691.7	94.8
MÍNIMO	0.4	0.0	0.0	2.2	18.3	20.2	1.7	23.5	32.4	49.0	50.7	2.8	618.5	51.5	497.3	72.6

Línea de Precipitación Referencial Conservadora : X = 102.9 DS = 22.6 (X + DS)\* 16% = 139.3

A continuación, se presenta el balance hidrológico por cada subcuenca utilizando la Precipitación anual para obtener la cantidad de infiltración en el área de estudio.

El volumen de infiltración en la subcuenca Chanche durante los 51 años es realmente considerable por tratarse de 794.2 millones de metros cúbicos (MMC), de los cuales, en nuestra zona de investigación, la probabilidad del volumen de infiltración ha sido 78.18 MMC (11.30% del Total), cantidad que es bastante apreciable, así como se muestra en la Tabla 4.9; el volumen de infiltración de la subcuenca Chailhuagon es de 234.93 MMC (13.30% del Total) y el volumen de infiltración de la subcuenca Chirimayo es de 81.30 MMC (7.0% del Total) así como se muestra en la Tabla 4.10 y la Tabla 4.11 respectivamente.

Tabla 4.9. Balance Hidrológico Subcuenca Chanche.

BALANCE HIDROLÓGICO									
SUBCUENCA CHANCHE									
		1	2	3 = 1 * 2	4 = 1 - 3 en mm	5 = 4 / 1000 en m	6 = 5 * A <sub>sc</sub> en m <sup>3</sup>	7 = 6 / 1'000,000 en MMC	
		PP	C	Pe	F	F	VF	VF	
			C = Pe / PP	Pe = C * PP	F = PP - Pe	F = PP - Pe	VF = F * A <sub>sc</sub>	VF = F * A <sub>sc</sub>	
		mm		mm	mm	m	m <sup>3</sup>	MMC	
CICLOS DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS	NUMERO AÑOS POR CICLO	PRECIPIT. TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTIA (C)	PRECIP. EFECTIVA o ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACION (F)	INFILTRACIÓN (F)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	% PARCIAL DE LA PRECIPIT. TOTAL
1968 - 1973	5	4,124.2	0.65	2,680.7	1,443.5	1.4435	73,313,841.3	73.3	9.23
1073 - 1980	7	5,402.9	0.65	3,511.9	1,891.0	1.8910	96,044,651.9	96.0	12.09
1980 - 1987	7	6,161.1	0.65	4,004.7	2,156.4	2.1564	109,522,794.2	109.5	13.79
1987 - 1992	5	3,766.0	0.65	2,447.9	1,318.1	1.3181	66,946,299.0	66.9	8.43
1992 - 1997	5	4,320.4	0.65	2,808.3	1,512.1	1.5121	76,801,590.6	76.8	9.67
1997 - 2004	7	6,408.8	0.65	4,165.7	2,243.1	2.2431	113,926,033.2	113.9	14.35
2004 - 2011	7	6,575.4	0.65	4,274.0	2,301.4	2.3014	116,887,598.1	116.9	14.72
2011 - 2014	3	2817.2	0.65	1,831.2	986.0	0.9860	50,079,955.8	50.1	6.31
2014 - 2019	5	5,098.4	0.65	3,314.0	1,784.4	1.7844	90,631,707.6	90.6	11.41
	<b>51</b>	<b>44,674.4</b>	<b>0.65</b>	<b>29,038.4</b>	<b>15,636.0</b>	<b>15.6</b>	<b>794,154,471.6</b>	<b>794.2</b>	<b>100.0</b>
A <sub>sc</sub>	AREA DE LA SUBCUENCA CHANCHE en Km <sup>2</sup>				50.79	Km <sup>2</sup>		<b>794.15</b>	<b>100.0</b>
	AREA DE LA SUBCUENCA CHANCHE en m <sup>2</sup>				50,790,000.0	m <sup>2</sup>			
A <sub>invest</sub>	AREA DE INVESTIGACIÓN				5	Km <sup>2</sup>		<b>78.18</b>	<b>11.3</b>

Tabla 4.10. Balance Hidrológico Subcuenca Chailhuagón.

BALANCE HIDROLÓGICO									
SUBCUENCA CHAILHUAGÓN									
		1	2	3 = 1 * 2	4 = 1 - 3 en mm	5 = 4 / 1000 en m	6 = 5 * A <sub>sc</sub> en m <sup>3</sup>	7 = 6 / 1'000,000 en MMC	
		PP	C	Pe	F	F	VF	VF	
			C = Pe / PP	Pe = C * PP	F = PP - Pe	F = PP - Pe	VF = F * A <sub>sc</sub>	VF = F * A <sub>sc</sub>	
		mm		mm	mm	m	m <sup>3</sup>	MMC	
CICLOS DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS	NUMERO AÑOS POR CICLO	PRECIPIT. TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTIA (C)	PRECIP. EFECTIVA o ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACIÓN (F)	INFILTRACIÓN (F)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	% PARCIAL DE LA PRECIPIT. TOTAL
1968 - 1973	5	4,124.2	0.65	2,680.7	1,443.5	1.4435	162,404,809.7	162.4	9.22
1073 - 1980	7	5,402.9	0.65	3,511.9	1,891.0	1.8910	212,758,097.7	212.8	12.07
1980 - 1987	7	6,161.1	0.65	4,004.7	2,156.4	2.1564	242,614,876.4	242.6	13.77
1987 - 1992	5	3,766.0	0.65	2,447.9	1,318.1	1.3181	148,299,431.0	148.3	8.42
1992 - 1997	5	4,320.4	0.65	2,808.3	1,512.1	1.5121	170,130,871.4	170.1	9.65
1997 - 2004	7	6,408.8	0.65	4,165.7	2,243.1	2.2431	252,368,930.8	252.4	14.32
2004 - 2011	7	6,575.4	0.65	4,274.0	2,301.4	2.3014	258,929,388.9	258.9	14.69
2011 - 2014	3	2817.2	0.65	1,831.2	986.0	0.9860	110,937,110.2	110.9	6.30
2014 - 2019	5	5,172.8	0.65	3,362.3	1,810.5	1.8105	203,697,498.6	203.7	11.56
	<b>51</b>	<b>44,748.8</b>	<b>0.65</b>	<b>29,086.7</b>	<b>15,662.1</b>	<b>15.7</b>	<b>1,762,141,014.6</b>	<b>1,762.1</b>	<b>100.0</b>
A <sub>sc</sub>	AREA DE LA SUBCUENCA CHAILHUAGON en Km <sup>2</sup>				112.51	Km <sup>2</sup>		<b>1,762.14</b>	<b>100.0</b>
	AREA DE LA SUBCUENCA CHAILHUAGON en m <sup>2</sup>				112,510,000.0	m <sup>2</sup>			
A <sub>invest</sub>	AREA DE INVESTIGACION				15	Km <sup>2</sup>		<b>234.93</b>	<b>13.3</b>

Tabla 4.11. Balance Hidrológico Subcuenca Chirimayo.

BALANCE HIDROLÓGICO									
SUBCUENCA CHIRIMAYO									
		1	2	3 = 1 * 2	4 = 1 - 3 en mm	5 = 4 / 1000 en m	6 = 5 * A <sub>sc</sub> en m <sup>3</sup>	7 = 6 / 1'000,000 en MMC	
		PP	C	Pe	F	F	VF	VF	
			C = Pe / PP	Pe = C * PP	F = PP - Pe	F = PP - Pe	VF = F * A <sub>sc</sub>	VF = F * A <sub>sc</sub>	
		mm		mm	mm	m	m <sup>3</sup>	MMC	
CICLOS DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS	NUMERO AÑOS POR CICLO	PRECIPIT. TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTIA (C)	PRECIP. EFECTIVA o ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACIÓN (F)	INFILTRACIÓN (F)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	% PARCIAL DE LA PRECIPIT. TOTAL
1968 - 1973	5	4,124.2	0.65	2,680.7	1,443.5	1.4435	104,348,446.3	104.3	8.88
1073 - 1980	7	5,402.9	0.65	3,511.9	1,891.0	1.8910	136,701,474.4	136.7	11.63
1980 - 1987	7	6,161.1	0.65	4,004.7	2,156.4	2.1564	155,885,071.7	155.9	13.26
1987 - 1992	5	3,766.0	0.65	2,447.9	1,318.1	1.3181	95,285,449.0	95.3	8.11
1992 - 1997	5	4,320.4	0.65	2,808.3	1,512.1	1.5121	109,312,600.6	109.3	9.30
1997 - 2004	7	6,408.8	0.65	4,165.7	2,243.1	2.2431	162,152,253.2	162.2	13.79
2004 - 2011	7	6,575.4	0.65	4,274.0	2,301.4	2.3014	166,367,483.1	166.4	14.15
2011 - 2014	3	2817.2	0.65	1,831.2	986.0	0.9860	71,279,385.8	71.3	6.06
2014 - 2019	5	6,882.7	0.65	4,473.8	2,408.9	2.4089	174,142,634.1	174.1	14.81
	<b>51</b>	<b>46,458.7</b>	<b>0.65</b>	<b>30,198.2</b>	<b>16,260.5</b>	<b>16.3</b>	<b>1,175,474,798.1</b>	<b>1,175.5</b>	<b>100.0</b>
A <sub>sc</sub>	AREA DE LA SUBCUENCA CHIRIMAYO en Km <sup>2</sup>				72.29	Km <sup>2</sup>		<b>1,175.47</b>	<b>100.0</b>
	AREA DE LA SUBCUENCA CHIRIMAYO en m <sup>2</sup>				72,290,000.0	m <sup>2</sup>			
A <sub>invest</sub>	AREA DE INVESTIGACION				5	Km <sup>2</sup>		<b>81.30</b>	<b>6.9</b>

#### 4.1.4 Infraestructura Minera

Respecto a la infraestructura minera se muestra un el siguiente cuadro las áreas del Pit El Galeno, Botadero la Rinconada y la Relavera.

Tabla 4.12. Cálculo de Áreas de la Infraestructura Minera del Proyecto Minero El Galeno en el AID.

<b>ÁREAS INFRAESTRUCTURA MINERA - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)</b>			
<b>ORD.</b>	<b>INFRAESTRUCTURA MINERA</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	Pit El Galeno	0.81	0.0015	81.60	14.73
<b>2</b>	Botadero la Rinconada	0.32	0.0006	32.42	5.85
<b>3</b>	Relavera	0.55	0.0010	55.39	10.00
<b>TOTAL</b>		<b>1.68</b>	<b>0.003033</b>	<b>169.41</b>	<b>30.58</b>

Fuente: Propia

#### 4.1.5 Cálculo de Impactos Utilizando la Matriz MGA-RC18

##### ➤ Cálculo de Infraestructura Minera (IM) vs Geoestructuras

Para obtener los planos temáticos de la zona se iniciaron con la captura de una imagen satelital en plataforma SAS Planet, sobre el cual se generaron los demás Planos temáticos mediante el software SIG, los cuales contienen información sobre, curvas de nivel, drenajes, ubicación de cerros, lagunas, límites del catastro minero El Galeno, el AID, delimitación de subcuencas y los distritos donde se ubicará la infraestructura minera.

En el EIA El Galeno no se encuentra detallado los impactos que tendrán las geoestructuras y geoformas con la operación del proyecto El Galeno, sin embargo, con la información los parámetros de las variables impactadas se calculan a partir de los polígonos que se generan por la intersección entre la implantación de infraestructura minera.

Los valores o parámetros obtenidos, significan la cuantificación de los impactos geoambientales mediante el software SIG, los cuales son data de procesamiento matemático, convirtiéndose en información concreta, racional y real de la ocurrencia y existencia de impactos.

En el plano 04 (Geológico- Estructural) se observa la geología dentro del área de influencia directa, asimismo las geoestructuras que ha permitido realizar los cálculos de los impactos geoambientales con la implantación de la infraestructura minera.

El análisis realizado con el SIG demuestra el impacto que tendrá cuando el proyecto se ejecute, por la cual se muestra un cuadro cuantitativo de las estructuras que se vendría afectando.

Resultados de la superposición de la infraestructura minera y la Variable Unidades Geológico-Estructurales.

Tabla 4.13. Áreas de la Infraestructura Minera en el AID

<b>ÁREAS INFRAESTRUCTURA MINERA - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)</b>			
<b>ORD.</b>	<b>INFRAESTRUCTURA MINERA</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	Pit El Galeno	0.81	0.0015	81.60	14.73
<b>2</b>	Botadero la Rinconada	0.32	0.0006	32.42	5.85
<b>3</b>	Relavera	0.55	0.0010	55.39	10.00
	<b>TOTAL</b>	<b>1.68</b>	<b>0.003033</b>	<b>169.41</b>	<b>30.58</b>

Tabla 4.14. Infraestructura Minera y la Afectación de las Geoestructuras

<b>INFRAESTRUCTURA vs GEOESTRUCTURAS - AID</b>					
<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA AID</b>					
<b>ORD.</b>	<b>INFRAESTRUCTURA MINERA</b>	<b>FALLAS IMPACTADAS km</b>	<b>km en %</b>	<b>FALLAS IMPACTADAS m</b>	<b>m en %</b>
<b>1</b>	PIT EL GALENO	0.97	39.28	972.54	39.28
<b>2</b>	BOTADERO LA RINCONADA	0.27	10.72	265.51	10.72
<b>3</b>	RELAVERA	1.24	50.00	1238.05	50.00
	<b>TOTAL</b>	<b>2.48</b>	<b>100.00</b>	<b>2476.09</b>	<b>100.00</b>

A continuación, se muestra el Plano 05 (Estructuras vs Infraestructura) de infraestructura minera interactuando con las geoestructuras dentro del AID.

Asimismo, se muestra a continuación la tabla en la que se calcula el porcentaje de la variable impactada como es la Geología.

Tabla 4.15. Porcentaje de la Geología dentro del AID

<b>ÁREAS GEOLÓGICO - ESTRUCTURALES - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)</b>			
<b>ORD.</b>	<b>LITOLOGÍA Y ESTRUCTURAS</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	Formación Carhuaz	1.70	30.77	170	30.74
<b>2</b>	Formación Chimú	0.07	1.18	7	1.27
<b>3</b>	Formación Farrat	1.10	19.91	110	19.89
<b>4</b>	Formación Santa	0.25	4.52	25	4.52
<b>5</b>	Formación Puyllucana	0.71	12.85	71	12.84
<b>6</b>	Diorita	0.51	9.23	51	9.22
<b>7</b>	Cuaternario Fluvioglacial	1.19	21.54	119	21.52
	<b>TOTAL</b>	<b>5.53</b>	<b>100.00</b>	<b>553</b>	<b>100.00</b>

Tabla 4.16. Resumen de las Formaciones que serán afectadas con la implantación de la Infraestructura Minera.

ÁREAS INFRAESTRUCTURA MINERA - AID									
TOTAL, AID: 553.93 ha			INFRAESTRUCTURA						
ORD.	LITOLOGÍA	ha	PIT		BOTADERO		RELAVERA		TOTAL
			ha en %	ha en %	ha en %	ha en %			
1	Fm. Ca	22	12.9	26	15.2	29	17.0	45.2	
2	Fm. Fa	-	-	5	4.5	25	22.7	27.2	
3	Nm.di	40	78.4	-	-	1	1.9	80.4	
4	Q - fg	20	16.8	-	-	1	0.8	17.6	

➤ Cálculo de Infraestructura Minera (IM) vs Unidades Morfogénicas

Rodríguez (2014) género una clasificación de unidades morfogenéticas, de carácter cuantitativo, relacionado con 05 variables (tipo de relieve, geometría, litología, origen y edad de la litología), definiéndose con claridad las unidades morfogenéticas (planicies, lomadas, laderas y escarpas) y las pendientes en grados.

El Plano 06 (Unidades Morfogénicas), muestra las unidades morfogenéticas del proyecto El Galeno, en la Tabla 4.17 se encuentra los cálculos de las áreas de Infraestructura Minera y en la tabla 4.18 se observa el porcentaje de las Unidades Morfogénicas.

Las geoestructuras tienen relación directa con las unidades morfogenéticas que se encuentran en la zona del proyecto El Galeno, es decir que los procesos morfogenéticos actúan directamente sobre las geoestructuras preexistentes originadas por procesos geotectónicos regionales, dando lugar a las geoformas que

encontramos en la actualidad. Los porcentajes aproximados de afectación a las Unidades Morfogénicas se observan en la Tabla 4.17.

Para obtener los resultados se debe generar el Plano 06 (Unidades Morfogénicas) y el Plano 07 (plano de Unidades vs Infraestructura Minera) que es la superposición de la infraestructura Minera en las Unidades Morfogénicas.

Tabla 4.17. Áreas de la Infraestructura Minera en el AID

<b>ÁREAS INFRAESTRUCTURA MINERA - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)</b>			
<b>ORD.</b>	<b>INFRAESTRUCTURA MINERA</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	Pit El Galeno	0.81	0.0015	81.60	14.73
<b>2</b>	Botadero la Rinconada	0.32	0.0006	32.42	5.85
<b>3</b>	Relavera	0.55	0.0010	55.39	10.00
	<b>TOTAL</b>	<b>1.68</b>	<b>0.003033</b>	<b>169.41</b>	<b>30.58</b>

Tabla 4.18. Áreas de las Unidades Morfogénicas dentro del AID

<b>ÁREAS UNIDADES MORFOGENETICAS - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA - AID</b>			
<b>ORD.</b>	<b>UNIDADES MORFOGENETICAS</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	PLANICIES	2.23	40.23	222.90	40.24
<b>2</b>	LOMADAS	1.76	31.79	176.11	31.79
<b>3</b>	LADERAS	1.54	27.88	154.46	27.88
<b>4</b>	ESCARPES	0.00	0.087	0.48	0.087
	<b>TOTAL</b>	<b>5.54</b>	<b>100.0</b>	<b>553.95</b>	<b>100.00</b>



Tabla 4.19. Infraestructura minera implantada en las Unidades Morfogénicas

INFRAESTRUCTURA MINERA Vs UNIDADES MORFOGENÉTICAS - AID									
TOTAL, AID: 553.93				VARIABLES IMPACTADAS					
ORD.	INFRAESTRUCTURA MINERA	PLANICIES ha	ha en %	LOMADAS ha	ha en %	LADERAS ha	ha en %	ESCARPES ha	ha en %
1	PIT EL GALENO	48.25	74.52	27.50	47.03	5.71	19.67	0.12	50.00
2	BOTADERO LA RINCONADA	6.65	10.27	6.15	10.52	17.84	61.49	0.12	50.00
3	RELAVERA	9.85	15.21	24.82	42.44	5.46	18.82	0	0
	<b>Total</b>	64.75	100.0	58.47	100.00	29.02	100.0	0.24	100.00

➤ Cálculo de Infraestructura Minera (IM) vs Hidrología

El análisis que resulta de los planos con información de drenajes, manantiales, bofedales, líneas de flujo hidrogeológico, en las unidades hidrográficas Chailhuagon, Chanche y Chirimayo lo muestra el Plano 08 (Unidades Hidrográficas), y este interactuando con la Infraestructura minera lo muestra el Plano 09 que nos proporciona cuantitativamente los niveles de impacto directo visible dentro del AID, El Galeno y las áreas de influencia en las subcuencas.

Tabla 4.20. Áreas de la Infraestructura minera implantada en el AID

<b>ÁREAS INFRAESTRUCTURA MINERA - AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA - AID</b>			
<b>ORD.</b>	<b>INFRAESTRUCTURA MINERA</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	Pit El Galeno	0.81	0.001	81.60	14.73
<b>2</b>	Botadero la Rinconada	0.32	0.001	32.42	5.85
<b>3</b>	Relavera	0.55	0.001	55.39	10.00
<b>TOTAL</b>		<b>1.68</b>	<b>0.003</b>	<b>169.41</b>	<b>30.58</b>

Tabla 4.21. Áreas de la Unidades Hidrográficas en el AID

<b>ÁREAS UNIDADES HIDROGRAFICAS -AID</b>					
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>		<b>ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA - AID</b>			
<b>ORD</b>	<b>UNIDADES HIDROGRAFICAS</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Km<sup>2</sup> en %</b>	<b>ha</b>	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	SC Chanche	3.96	71.61	396.84	71.64
<b>2</b>	SC Chirimayo	0.12	2.17	12.53	2.26
<b>3</b>	SC Chailhuagón	1.45	26.22	144.57	26.10
<b>TOTAL</b>		<b>5.53</b>	<b>100.00</b>	<b>553.94</b>	<b>100.00</b>

Tabla 4.22. Infraestructura Minera vs Unidades Hidrográficas

<b>INFRAESTRUCTURA MINERA vs UNIDADES HIDROGRÁFICAS - AID</b>							
<b>TOTAL, AID: 553.93 ha</b>				<b>VARIABLES AFECTADAS</b>			
<b>ORD.</b>	<b>INFRAESTRUCTURA MINERA</b>	<b>SC CHANCHE</b> ha	<b>ha en %</b>	<b>SC CHAILHUAGÓN</b> ha	<b>ha en %</b>	<b>SC CHIRIMAYO</b> ha	<b>ha en %</b>
<b>1</b>	PIT EL GALENO	81.6	71.56	0	0	0	0
<b>2</b>	<b>VARIABLES DE IMPACTO</b> BOTADERO LA RINCONADA	32.42	28.44	0	0	0	0
<b>3</b>	RELAVERA	0	0	55.39	100	0	0
	<b>TOTAL</b>	114.02	100	55.39	100	0	0

Según las condiciones definidas en el análisis hidrológico y geohidrológico, el AID y alrededores se comportan como zonas de recarga, para originar acuíferos en profundidad. Según El Galeno no considera a las subcuencas como zonas de recarga, sin embargo, observando el Plano 10 (Impactos Geoambientales en las Subcuencas) existe relación directa entre la zona de recarga y los acuíferos que originan los manantiales en las subcuencas.

Para el análisis de los flujos principales ubicados dentro del área del Proyecto, se ha considerado la evaluación de la quebrada Chamcas, quebrada Milpo y quebrada La Chorrera como cursos superficiales ubicados en la Subcuenca Chailhuagon, Subcuenca Chanche y en Subcuenca Chirimayo, respectivamente. Además, se indica que la descarga del agua subterránea hacia el fondo de las quebradas es la principal fuente de alimentación de las mismas durante la época de estiaje por la cual son fuente principal de recarga.

Se muestra el Plano 10 (Unidades Hidrográficas vs Infraestructura Minera), teniendo en cuenta que no se tiene información cuantificable sobre los parámetros que miden las líneas de flujo, acuíferos y manantiales, pero claramente se observa que el AID se encuentra en cabeceras de las subcuencas.

Siendo la información y evaluación hidrogeológica muy pobre del EIA, no se puede cuantificar con precisión los impactos, pero podemos proyectar con bastante probabilidad, que serán impactadas las lagunas, bofedales y zonas kársticas.

Además, en el análisis se observa que la fuente de agua de los manantiales se ve afectados directamente, así como lo muestra la Tabla 4.23 en donde principalmente se encuentran: Laguna Dos Colores, Laguna La Rinconada, Laguna Mullo, Laguna Lipiac, Laguna Kerosene y Laguna Yanacocha; la Tabla 4.24 sus respectivas medidas.

Tabla 4.23. Impactos en Hidrología.

			VARIABLE IMPACTADA						
			HIDROLOGIA			GEOHIDROLOGIA			
MEDICIÓN			SUBCUENCAS	LAGUNAS	DRENAJE	ZONA DE RECARGA	LÍNEAS DE FLUJO	ACUIFEROS MANANTIALES	
VARIABLES DE IMPACTO GEOAMBIENTAL	TAJO EL GALENO	Área Ha	Chanche	Lag. Dos Colores - Lag. Rinconada - Lag. Mullo	Cabecera Chanche	Tajo - Relavera			
		%	81.6	100	100	100	SI: Sin Informacion	SI: Sin Informacion	SI: Sin Informacion
	BOTADERO	Área Ha	Chirimayo	Lag. Lipiac	Cabecera Chirimayo				
		%	32.42	100	100		SI: Sin Informacion	SI: Sin Informacion	SI: Sin Informacion
	RELAVERA	Área Ha	Chailhuagon	Lag. Kerosene - Lag. Yanacocha	Cabecera Chailhuagon	Relavera			
		%	55.39	100	100	100	SI: Sin Informacion	SI: Sin Informacion	SI: Sin Informacion

#### 4.1.6 Aplicación de la Matriz MGA-RC18

Los parámetros calculados y valores porcentuales se ingresan en las celdas de la matriz MGA-RC18, considerando las unidades de medición utilizadas en cada variable impactada, comenzando con las Variables Geológico-Estructurales, Variables Unidades Morfogenéticas, Variables Unidades Hidrográficas y Variables Geohidrológicas.

Mostramos la matriz MGA-RC18 con los valores cuantitativos calculados a partir de la información obtenida del EIA El Galeno, los planos temáticos base y planos de interacción entre la infraestructura minera y cada plano temático.



La Matriz Geoambiental en nuestra investigación está relacionada con las variables geoambientales: geoestructuras, unidades morfogénicas, hidrológicas y geohidrológicas, al realizar el análisis de la matriz de impactos que correlaciona las variables que impactan y las variables geoambientales impactadas, dan como respuesta parámetros cuantitativos, cuyo manejo inicial debe ser realizado por la empresa minera, las variables de impacto se encuentran en la primera columna y las variables impactadas las encontramos en la línea horizontal.

Considerando que en el EIA El Galeno 2018, no se encuentra información sobre la ejecución de actividad minera ya que está aún se encuentra en exploración; no podemos hacer una comparación con los impactos en la geomorfología, aguas superficiales, bofedales, lagunas, aguas subterráneas ni manantiales, pero si se analizó los impactos en cuanto a la implantación de infraestructura minera. El Pit El galeno

En la Tabla 4.24 observamos la Matriz Geoambiental de impactos considerando como variable Geológico - Estructural las fallas y pliegues que, por la implantación del Pit, Botadero La Rinconada y Relavera serán impactadas en un 98% valorándose de esta manera como un impacto muy alto y no considerándose remediación a la unidad afectada puesto que las medidas de prevención y mitigación en la etapa de construcción u operación van a impedir la recuperación de las estructuras.

En el EIA Galeno 2018 identifica las Formaciones Cretácicas como, Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat, Inca, Chúlec, Pariatambo, Pulluicana y rocas ígneas dacíticas y andesíticas; sin embargo, en el análisis de la investigación se ven afectadas las Formaciones Farrat y Carhuaz, Rocas Ígneas Dioríticas y el Cuaternario fluvioglacial. Para el Cuaternario fluvioglacial se tiene un impacto del 18% considerándose como un impacto medio puesto que se ve afectada solo por el Pit y el Botadero en una proporción menor a las demás variables; las rocas ígneas dioríticas se ven afectadas en un 80% ya que ahí se encuentra emplazado la zona mineraliza; la Fm Farrat se ve afectada en un 27% y la Fm. Carhuaz en un 45% del total.

Según la Clasificación que hemos manejado en esta investigación las Unidades Morfogenéticas como planicies, lomadas, laderas y escarpes serán modificadas por la implantación del Open Pit, disposición de los desmontes y relaves. Después de la interacción de las variables se concluye que habrá impacto negativo de significación muy alta a excepción de las Lomadas con un impacto medio; de esta manera con un grado de certeza del 95 % dicho estudio influye en la ejecución del Proyecto Minero El Galeno.

Las unidades hidrográficas consideran a tres subcuencas Chailhuagon, Chanche y Chirimayo con respecto al área en hectáreas que ocupa el área de influencia directa (AID) la subcuenca que se verá afectada en gran medida es Chailhuagon y Chanche con un impacto muy alto mientras que la subcuenca Chirimayo solo ocupa un pequeño porcentaje dentro del AID es por ello que tiene impacto de significación baja; las redes de drenaje serán modificadas, comprometiendo la cantidad y calidad de las aguas superficiales, debido al uso y descarga durante los procesos de explotación del mineral en el pit, acumulación de desmoste, y la depositación de los relaves, concluyendo que estos impactos en las aguas superficiales, lagunas, serán de significación muy alta.

Respecto a las unidades geohidrológicas se considera toda el área de influencia directa puesto que las aguas subterráneas, tendrán una alteración de flujos subterráneos y variación de la calidad de aguas aceptando así que habrá impactos residuales por, asociados a la extracción del mineral, disposición de desmontes y depositación de relaves, procedentes de los tajos, depósitos de desmontes y relavera. Al final de su evaluación determinan una mayor tendencia a la existencia de impactos negativos de significación muy alta.

Con los resultados de la investigación se determinó que los impactos que ocurrirán en el AID del proyecto El Galeno por la implantación de la infraestructura minera, han requerido en primer lugar la cuantificación real, lo que nos ha permitido tener un panorama general, con respuesta mediante parámetros cuantitativos, cuyo manejo es claro, confiable y de fácil comprensión tanto para autoridades como para los interesados en la ejecución del Proyecto Minero.



## **4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

Mediante la investigación se contrastó la hipótesis, la cual se afirma que la implantación del Proyecto minero El Galeno en las cabeceras de las subcuencas Chailhuagon, Chanche y Chirimayo, impactarán las variables geoestructurales como los pliegues y fallas en un 98%; unidades morfogénicas como planicies, lomadas, laderas y escarpes en un 42 %; unidades hidrológicas y geohidrológicas, repercutiendo directamente sobre la recarga de acuíferos, drenajes y manantiales.

Asimismo, esto fue posible mediante la Matriz Geoambiental RC18 que determinó con un 95 % de certeza que dicha implantación en el área de influencia directa influye de manera considerable en la ejecución del proyecto, facilitando la mejor comprensión de los impactos que genera la infraestructura minera en el desarrollo y ejecución del proyecto minero el Galeno.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- La imagen satelital permitió la generación de los planos temáticos base donde se correlacionan e interactúan la Infraestructura Minera con las estructuras, unidades morfogénicas, unidades hidrográficas y unidades hidrogeológicas lo que permitió un análisis cuantitativo de los impactos.
- La investigación demuestra que las geoestructuras serán impactadas: Fallas 98% con una significación de Alto Impacto; asimismo las Unidades Morfogénicas según el cálculo serán impactadas: Planicies 30%, Lomadas 33%, Laderas 19% y Escarpes 50% según la Matriz de Impactos dando lugar a un cambio en la topografía que va generar cambios en líneas de flujo, infiltraciones, acuíferos, manantiales; los cuales alimentan las tres unidades hidrográficas en el área de influencia directa e indirecta del proyecto.
- En el Área de Influencia Directa (AID) se determinó que, con la implantación del Pit, Botadero la Rinconada y la relavera se impactarán los drenajes a un 100%, las lagunas a un 50 % comprobándose así el fuerte impacto que tiene sobre la hidrología; en la geohidrología este impacto sería de gran alcance en los acuíferos y manantiales.
- Se calcularon los 21 parámetros geomorfológicos de cada una de las Subcuencas Chailhuagón, Chanche y Chirimayo, información que sirvió para determinar el comportamiento de estas unidades hidrográficas frente a la implantación del proyecto minero en las cabeceras de las unidades hidrográficas.

- El resultado final de la investigación fue la generación de la Matriz de Impactos Ambientales MGA-RC18 para el Proyecto Minero el Galeno, considerándose como modelo cuantitativo para evaluar los Impactos Ambientales que resultaron de correlacionar la variable independiente Implantación del Proyecto Minero vs las variables dependientes Geoestructuras, Geoformas, Hidrológicas y Geohidrológicas, con sus respectivos componentes. La matriz de impactos demuestra que los impactos residuales siempre tendrán una Significación Muy Alta en el Área de Influencia Directa.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de la matriz MGA-RC18 en el proyecto minero El Galeno, para cuantificar los impactos geoambientales de cada año después de iniciado el proyecto, con lo cual se logrará comparaciones cuantitativas durante los años de operación.
- Es muy importante, obtener data real de cada una de las variables geoambientales, durante todos los años de vida de la mina, considerando las interrelaciones geotécnico-ambientales.
- Las organizaciones sociales y comunidades que se encuentran en el entorno del proyecto minero El Galeno, deben exigir la aplicación y presentación de la matriz MGA-RC18 a las autoridades comunales, municipales, regionales y nacionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bastida, F. (2005). *Geología: Una Visión Moderna de las Ciencias de la Tierra*. España.
- Belousov, V. 1974. *Geología Estructural*. Moscú.
- Carrie, J. 2000. *Manual de manejo de cuencas*. México
- Davies, R. 2002. *Tectonic, Magmatic and Metallogenic Evolution of the Cajamarca Mining District, Northern Perú*. Australia.
- Davies, R., y Williams, P. 2005. *The El Galeno and Michiquillay porphyry Cu – Au – Mo deposits: geological descriptions and comparison of Miocene porphyry systems in the Cajamarca district, northern Peru*. Townsville, Australia.
- Dávila, J. 2011. *Diccionario Geológico*. Ingemmet. Lima, Perú.
- FCIHS. 2009. *Las aguas subterráneas y la planificación hidrológica*. España.
- Golder Associates, 2010. *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Minero Las Bambas*. Perú.
- Knight Piesold Consultores S.A. 2010. *Estudio de Impacto Ambiental-EIA, Proyecto Conga. Minera Yanacocha S.R.L.* Lima, Perú.
- Knight Piésold Consulting, 2007. *Minera La Zanja S.R.L. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto La Zanja*. Perú.
- Lumina Copper 2018. *V Modificación del EIA sd categoría II de las actividades de exploración “El Galeno”*. Lima.
- Montes, C y Sala, O. 2008. *La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. España.

Ortiz, O. 1996. *Manejo de Cuencas*. UNC, Cajamarca-Perú. Primera Edición.

Ramsar 2010. *Uso Racional de los Humedales: Conceptos y Enfoques para el Uso Racional de los Humedales*. Gland, Suiza. Manual 1, Ramsar. 4ta. Edición

Rodríguez, SR. 2016. *Tesis Magister: Método de Investigación Geológico-Geotécnico para el Análisis de Inestabilidad de Laderas por Deslizamientos. Zona Ronquillo-Corisorgona*. Cajamarca-Perú. Lima, Perú. Tesis de Maestría en Geología-Mención Geotecnia. UNMSM.

Rodríguez, SR. 2018. Tesis Doctoral: *Impactos Geotécnico-Ambientales en Cabeceras de Subcuencas por Implantación de Minas Conga*. Cajamarca-Perú.

Wicander, R y Monroe, J. 2000. *Fundamentos de la geología*. México

World Vision. (2004). *Manual de manejo de cuencas*. El Salvador.

## **ANEXOS**

1. FIGURAS

2. PLANOS