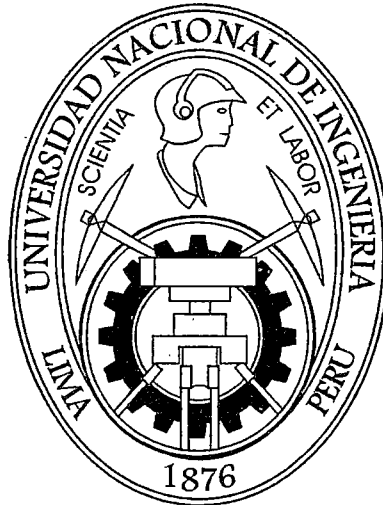


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



**“ANALISIS DE RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS
SUBTERRANEAS DEL ACUIFERO AGUASCOCHA”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

PRESENTADO POR:

SHEYLA BETHSY PALOMINO ORÉ

LIMA, PERÚ

2012

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y ponerme en este espacio y tiempo.

A mi mamá Betsabé, tu corazón seguirá latiendo junto con el mío.

A mi papá Alberto, el mejor padre y el mejor amigo.

A mi hermano Roussel, aunque los años pasen siempre serás mi hermanito.

A todos los que dedican su vida a la protección del agua.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que a lo largo de mis años en la universidad y en el comienzo de mi vida profesional me han regalado con su sola presencia un ejemplo a seguir. Personas que son mi admiración, por la pasión y la fuerza que mueve sus acciones. Personas dispuestas a colaborar con jóvenes como yo, ávidos de conocimiento y ganas de superación, para todos ellos gracias.

Gracias a los que me indujeron al estudio de las aguas subterráneas: al Ing. Juan Carlos Ruiz y al Ing. Marco Cerrón, catedráticos de la Facultad de Ingeniería Ambiental, al Msc. Ing. Guillermo Pérez catedrático de la Facultad de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de Ingeniería y al Msc. Ing. Santayana, catedrático de la Maestría en recursos hídricos de la UNALM, por su apoyo en la revisión de mi tesis.

Gracias al Msc. Ing. Jorge Tovar, Gerente General de Hydrogeo S.A. por su apoyo en mis prácticas pre-profesionales, donde pude valorar aún más el trabajo de los hidrogeólogos en la protección de los recursos hídricos subterráneos.

Al Msc. Armando Arancibia, Gerente General en Rizzo Associates Perú S.A. por su apoyo en la construcción del modelo conceptual del acuífero en estudio y sus sabios consejos. Al Msc. Reymundo Juarez, Gerente General de HGS Perú, por su apoyo en la revisión hidrológica. Al Msc. Dimas Apaza, Gerente General de Hydroandes Perú, por su apoyo en la revisión de la hidroquímica. Al Msc. Fluquer Peña, Jefe de Hidrogeología de INGEMMET, por su asesoramiento en la construcción de mapas de vulnerabilidad aplicando el método GOD y DRASTIC.

Al Msc. Edgar Vargas, Gerente General de TECN HIDRAN S.A.C. por su apoyo en la formulación del método de construcción de mapas de peligro.

Al Dr. Axel Dourojeanni Ricordi, reconocido profesional, quién con su amplia experiencia internacional en recursos hídricos apoya el proceso de modernización en gestión de recursos hídricos en el país.

A la Compañía Minera Volcán, gracias por facilitarme información para la realización de esta tesis.

Asimismo quiero agradecer a todos aquellos que con sus palabras de aliento hicieron posible el comienzo de mi camino profesional que comienza con el término de mi tesis. Un camino que estará lleno de nuevos retos profesionales en busca de soluciones a la problemática hídrica en el Perú.

RESUMEN

En los últimos años los recursos hídricos en nuestro país han ido cobrando la importancia que se merecen; con la promulgación de la ley de recursos hídricos, se ha dado un gran paso rumbo al cuidado de este bien tan preciado. Sin embargo es lamentable ver que las aguas subterráneas aún se encuentran relegadas.

Por otro lado en el Perú, la actividad minera se ha convertido en el sector que genera mayor crecimiento económico; sin embargo también genera controversias y conflictos sociales por su fama de “contaminadora” de los recursos hídricos.

Bajo este marco, y viendo la necesidad de proponer una herramienta que ayude a solucionar este conflicto de manera cuantificable y cartográfica, se elaboró la presente tesis. La cual tiene como objetivo la construcción de mapas de riesgo de contaminación del acuífero Aguascocha, que en superficie tiene la minería formal como principal actividad.

La metodología plantea la construcción de mapas de vulnerabilidad y peligro para construir el mapa de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. Este mapa permitirá determinar –de acuerdo a las características intrínsecas del medio- diversas áreas de la subcuenca con alto, medio y bajo riesgo de contaminación. Permitiendo el futuro plantear medidas preventivas para aminorar el riesgo de contaminación en las áreas con riesgo alto.

Para construir los mapas de vulnerabilidad se utilizó la metodología: GOD y DRASTIC. Mientras que para la construcción de los mapas de peligro se formuló un método modificado de la Aproximación Europea de la Acción COST ACTION 620 (Cooperación unión europea para la investigación técnica), adaptado por el tesista a nuestra realidad.

El mapa de peligrosidad identifico como su principal actividad contaminante la actividad minera, para poder designarle un valor cuantitativo se aplicaron tres factores:

Peso de la actividad contaminante, toxicidad del compuesto a utilizarse y probabilidad de que el evento ocurra.

Estos dos mapas - el de vulnerabilidad y peligros - se sobrepusieron para identificar las zonas de mayor riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del acuífero Aguascocha.

Así mismo también se utilizó la información de calidad de agua para hallar índices de riesgo de contaminación, los que resultan de la comparación entre la concentración del elemento y su valor máximo permitido según el estándar de calidad de agua (ECA).

Esta es una primera intención en la búsqueda de metodologías que permitan construir mapas que sean utilizados en la toma de decisiones en la gestión del agua subterránea y que ayuden a cuantificar y caracterizar la actividad minera de forma homogénea y real.

“La ubicación de la actividad minera en zonas con baja vulnerabilidad intrínseca y manteniendo una política amable con el medio ambiente y los recursos hídricos podría generar un riesgo de contaminación bajo”.

INDICE

1.CARATULA	I
2.DEDICATORIA.....	II
3.AGRADECIMIENTOS.....	III
4.RESUMEN.....	IV
5.INDICE.....	VI

CAPITULO I. INTRODUCCION

1.1. ASPECTOS GENERALES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ALCANCES.....	3
1.4. HIPOTESIS.....	3
1.5. ANTECEDENTES.....	4
1.5.1. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas	4
1.5.2. Análisis de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el acuífero Chancay-Huaral	5
1.6. CONCEPTOS PREVIOS	6
1.6.1. Acuífero.....	6
1.6.2. Modelo conceptual del acuífero	6
1.6.3. Vulnerabilidad	7
1.6.4. Peligro.....	7
1.6.4. Riesgo de contaminación del Acuífero.....	8

CAPITULO II. METODOLOGIA

2.1. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA	9
2.1.1. Recopilación y análisis de datos disponibles.....	9
2.1.2. Construcción del Modelo Conceptual del Acuífero.....	9
2.1.3. Evaluación de Vulnerabilidad.....	10
2.1.3.1. Métodos determinación Vulnerabilidad- GOD.....	10

2.1.3.2. <i>Métodos determinación Vulnerabilidad- DRASTIC</i>	13
2.1.4. Construcción de Mapas de peligro.....	20
2.1.5. Construcción de Mapas de Riesgo de Contaminación- Vulnerabilidad y Peligro.....	22
2.1.6. Construcción de mapas de riesgo de contaminación-calidad de agua.....	23
2.2. MATERIALES	25
2.3. DESARROLLO.....	26
2.3.1. Descripción de la zona de estudio.....	26
2.3.2. Ubicación	26
2.3.3. Vías de acceso.....	26
2.3.4. Medio físico.....	28
2.3.4.1. <i>Relieve</i>	28
2.3.4.2. <i>Topografía y Fisiografía</i>	28
2.3.5. Geología y Geomorfología.....	30
2.3.5.1. <i>Geología</i>	30
2.3.5.2. <i>Litoestratigrafía</i>	30
2.3.5.3. <i>Geología Estructural</i>	32
2.3.5.4. <i>Geomorfología</i>	33
2.3.5.5. <i>Geodinámica Externa</i>	35
2.3.6. Clima.....	35
2.3.6.1. <i>Precipitación</i>	36
2.3.6.2. <i>Temperatura</i>	41
2.3.6.3. <i>Humedad relativa</i>	44
2.3.7. Hidrología.....	46
2.3.7.1. <i>Descripción de la cuenca</i>	46
2.3.7.2. <i>Hidrografía</i>	46
2.3.7.3. <i>Caudales Medios</i>	47
2.3.7.4. <i>Red de monitoreo de agua superficial</i>	51
2.3.7.5. <i>Balance hídrico</i>	52
2.3.8. Hidrogeología	53
2.3.8.1. <i>Estudio Geotécnico</i>	53
2.3.8.2. <i>Ensayos de Permeabilidad</i>	53
2.3.8.3. <i>Unidades Hidrogeológicas</i>	57

2.3.8.4. Mapeo hidrogeológico.....	59
2.3.9. Análisis de aguas	61
2.3.9.1. Análisis hidrogeoquímico	62
2.3.9.2. Resultados de Calidad del Agua.....	69
2.3.9.3. Interpretación de resultados.....	75
2.4. Modelo conceptual del acuífero	79
2.4.1. Dirección de flujo	79
2.4.2. Área de Recarga.....	83
2.4.3. Área de Descarga	83
2.4.4. Modelo Conceptual del Acuífero Aguascocha.....	84
2.5. Mapas de vulnerabilidad	85
2.5.1. Método GOD.....	85
2.5.2. Método DRASTIC	90
2.6. Mapas de peligros	99
2.6.1. Descripción de actividades.....	99
2.6.1.1. Planta de Beneficio	99
2.6.1.2. Disposición de Relaves	101
2.6.1.3. Campamento.....	103
2.6.2. Valoración Numérica	104

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. RIESGO DE CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS.....	109
3.1.1. ESCENARIO: MAPA DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN – CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA	109
3.1.1.1. Índice de riesgo de contaminación Aluminio	113
3.1.1.2. Índice de riesgo de contaminación Arsénico.....	114
3.1.1.3. Índice de riesgo de contaminación Calcio.....	114
3.1.1.4. Índice de riesgo de contaminación Hierro	115
3.1.1.5. Índice de riesgo de contaminación Manganeso	116
3.1.1.6. Índice de riesgo de contaminación Plomo	117
3.1.2. MAPA DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN: VULNERABILIDAD Y PELIGRO.....	120

3.1.2.1. Riesgo de contaminación- Vulnerabilidad GOD-Peligro COAST modificado.....	120
3.1.2.2. Riesgo de contaminación-Vulnerabilidad DRASTIC-Peligro COAST.....	122

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES	124
4.2. RECOMENDACIONES.....	126

V. BIBLIOGRAFIA

127

VI. ANEXOS

A. Fotografías.....	130
B. Perfiles longitudinales.....	134
C. Tabla COST ACTION 620.....	141
D. Softwares aplicados.....	143
E. Data meteorological.....	149
F. Monitoreo de calidad de agua.....	158
G. Glosario de términos.....	194
H. Plano de puntos de monitoreo de agua superficial.....	199
I. Plano geológico.....	201

LISTA DE CUADROS

- Cuadro N° 1. Valoración de la profundidad agua subterránea (Dr).
- Cuadro N°2. Valoración de la Recarga neta (Rr).
- Cuadro N°3. Valoración del tipo de acuífero (Ar).
- Cuadro N°4. Valoración del tipo de suelo (Sr).
- Cuadro N°5. Valoración del porcentaje de pendiente (Tr).
- Cuadro N°6. Valoración de la naturaleza de la zona no saturada (lr).
- Cuadro N°7. Valoración de la conductividad hidráulica (Cr).
- Cuadro N°8. Factor de ponderación del método DRASTIC.
- Cuadro N°9. Vulnerabilidad General-DRASTIC.
- Cuadro N° 10. Cuadro de valoración de peso de la actividad peligrosa.
- Cuadro N° 11. Valorización numérica de las actividades contaminantes.
- Cuadro N° 12. Riesgo de contaminación DRASTIC y GOD.
- Cuadro N° 13. Riesgo de contaminación –Calidad de agua.
- Cuadro N° 14. Acceso al Área del Proyecto.
- Cuadro N° 15. Precipitación Total mensual. Estación Animón.
- Cuadro N° 16. Precipitación Total mensual. Estación Marcapomacocha.
- Cuadro N° 17. Precipitación Máxima en 24 horas (mm). Estación Yantac.
- Cuadro N° 18. Temperatura Mensual.
- Cuadro N° 19. Temperatura media Anual 2001 - 2008. Estación Marcapomacocha.
- Cuadro N° 20. Humedad Relativa Mensual –Estación Animón, periodo 2002 – 2008.
- Cuadro N° 21. Estaciones Correlacionadas.
- Cuadro N° 22. Caudales Medios Mensuales (m³/s). Río Pallanga.
- Cuadro N° 23. Matriz Adimensional de Caudales - Estación Pallanga.
- Cuadro N° 24. Caudales Medios Mensuales Generados (m³/s) Quebrada Aguascocha.
- Cuadro N° 25. Puntos de Monitoreo de Aguas superficiales.
- Cuadro N° 26. Características principales de lagunas.
- Cuadro N° 27. Balance hídrico.
- Cuadro N°28.Perforaciones Diamantinas.
- Cuadro N°29. Ensayos de permeabilidad Lefranc.

- Cuadro N°30. Permeabilidad Media por Unidad Hidrogeológica.
- Cuadro N°31. Piezómetros Hidráulicos.
- Cuadro N°32. Lectura de Niveles Freáticos.
- Cuadro N° 33. Resultados del Balance Iónico.
- Cuadro N° 34. Resultados del Tipo de agua-Programa Aquachem.
- Cuadro N° 35. Piezómetros Hidráulicos.
- Cuadro N° 36. Resultados Análisis fisicoquímicos - Aguas Subterráneas.
- Cuadro N° 37. Resultados Análisis metales totales - Aguas Subterráneas.
- Cuadro N° 38. Puntos de Monitoreo de Aguas superficiales.
- Cuadro N° 39. Resultados Análisis fisicoquímicos - Aguas Superficiales.
- Cuadro N° 40. Resultados Análisis metales totales- Aguas Superficiales.
- Cuadro N° 41. Valoración de la litología de la zona no saturada (O).
- Cuadro N° 42. Profundidad del nivel de agua (D).
- Cuadro N° 43. Profundidad del nivel de agua –Dr.
- Cuadro N° 44. Formación Geológica –Ar.
- Cuadro N° 45. Formación Geológica-Sr.
- Cuadro N° 46. Pendiente del terreno-Tr .
- Cuadro N° 47. Zona no saturada-Ir.
- Cuadro N°48. Conductividad Hidráulica-Cr.
- Cuadro N°49. Vulnerabilidad modelo DRASTIC.
- Cuadro N° 50. Consumo de reactivos.
- Cuadro N° 51. Peso de la actividad peligrosa- H.
- Cuadro N° 52. Peso de la actividad peligrosa-T.
- Cuadro N° 53. Peligro de contaminación por actividad.
- Cuadro N° 54. Valor numérico para rangos de peligro.
- Cuadro N°55. Índices de riesgo de contaminación de aguas subterráneas-
Calidad de agua.
- Cuadro N°56. Estándar de calidad de agua-ECA-categoría 3.
- Cuadro N°57. Índices de riesgo de contaminación totales –Calidad de agua .

LISTA DE FIGURAS

- Figura N° 1. Ubicación de la Zona de estudio.
- Figura N° 2. Mapa topográfico.
- Figura N° 3. Ubicación de Estaciones Meteorológicas.
- Figura N° 4. Variación de la Precipitación Mensual. Estación Animón.
- Figura N° 5. Precipitación Promedio Mensual. Estación Marcapomacocha.
- Figura N° 6. Variación mensual de la Temperatura Estación Animón.
- Figura N° 7. Variación anual de la Temperatura Estación Animón.
- Figura N° 8. Variación anual de la Temperatura Estación Marcapomacocha.
- Figura N° 9. Humedad Relativa Periodo de 2002 – 2008.
- Figura N° 10. Correlación Caudal Medio vs Área de Cuenca.
- Figura N° 11. Caudales de la Microcuenca Aguascocha.
- Figura N° 12. Diagrama pipper.
- Figura N° 13. Puntos de monitoreo y tipos de agua.
- Figura N° 14. Diagrama Schoeller.
- Figura N° 15. Dirección de flujo -Época avenida.
- Figura N° 16. Dirección de flujo -Época Estiaje.
- Figura N° 17. Superficie del Nivel freático-Época Avenida.
- Figura N° 18. Superficie del Nivel freático-Época Estiaje.
- Figura N° 19. Modelo Conceptual del Acuífero.
- Figura N° 20. Valoración del Tipo de acuífero-G.
- Figura N° 21. Valoración del Substrato litológico-O.
- Figura N° 22. Valoración de la Distancia del agua -D.
- Figura N° 23. Vulnerabilidad GOD.
- Figura N° 24. Valoración de la Profundidad del nivel freático-Dr.
- Figura N° 25. Valoración de la Recarga Neta-Rr.
- Figura N° 26. Valoración de la Formación Geológica-Ar.
- Figura N° 27. Valoración de la Cubierta Edáfica-Sr.
- Figura N° 28. Valoración de la Pendiente del Terreno-Tr.
- Figura N° 29. Valoración de la Zona no saturada-Ir.
- Figura N° 30. Valoración de la Conductividad Hidráulica-Cr.
- Figura N° 31. Vulnerabilidad DRASTIC.
- Figura N° 32. Valoración actividades contaminantes-Mapa peligros.

- Figura N°33. Ubicación de puntos de monitoreo de piezómetros.
Figura N°34. Dirección de flujo de las aguas subterráneas.
Figura N°35. Índice de riesgo de contaminación de Aluminio.
Figura N°36. Índice de riesgo de contaminación de Arsénico.
Figura N°37. Índice de riesgo de contaminación de calcio.
Figura N°38. Índice de riesgo de contaminación de Hierro.
Figura N°39. Índice de riesgo de contaminación de manganeso.
Figura N°40. Índice de riesgo de contaminación de Plomo.
Figura N°41. Índice de riesgo de contaminación-Calidad de agua.
Figura N°42. Riesgo de contaminación –Método GOD.
Figura N°43. Riesgo de contaminación –Método DRASTIC.

LISTA DE ESQUEMAS

- Esquema N° 1. Método GOD – Valorización numérica de parámetros.
Esquema N° 2. Vulnerabilidad GOD.
Esquema N° 3. Vulnerabilidad DRASTIC.
Esquema N° 4. Esquema resumen de la metodología.
Esquema N°5. Manejo de aguas en la compañía minera Alpamarca.

LISTA DE FOTOGRAFIAS

- Foto N°1. Toma de muestra de aguas superficiales- laguna Tuctococha.
Foto N°2. Adición de reactivos y preservantes a la muestra de agua tomada.
Foto N°3. Laguna Tuctococha.
Foto N°4. Pastoreo de Auquénidos en las cercanías de la zona de estudio.
Foto N°5. Área destinada para la instalación de la futura Planta de beneficio.
Foto N°6. Área destinada para el futuro deposito de relaves Alpamarca.

CAPITULO I. INTRODUCCION

“Una nación que no puede planificar de manera inteligente para el desarrollo y la protección de sus preciosas aguas, será condenada a marchitarse a causa de su miopía. Las duras lecciones de la historia son claras, por escrito en las arenas del desierto y las ruinas de las que alguna vez fueron civilizaciones orgullosas.” (US President Lyndon B Johnson, 1908–1973)

1.1. ASPECTOS GENERALES

Durante los últimos años, el recurso hídrico ha adquirido un súbito interés desde un enfoque renovado. Los conflictos sociales originados a partir del uso del agua y su disponibilidad han desencadenado acciones políticas a fin de intentar proteger y gestionar el agua. Sin embargo esta iniciativa estimable aun no es suficiente.

Si bien es cierta la base legal está dada, las metodologías usadas para evaluar el impacto ambiental y riesgo de contaminación siguen basándose en características cualitativas y no cuantitativas. Esto genera ambigüedades, variando por las distintas percepciones de los profesionales que la ejecutan. Todo esto genera conflictos por lo que es importante establecer metodologías de evaluación de impacto y riesgo de contaminación que generen valores cuantificables y mapas cartográficos representativos.

Actualmente el enfoque de gestión de agua moderno, toma como unidad de estudio la cuenca, siendo esta zona naturalmente delimitada donde se establecen las ciudades y se desarrollan todas las actividades, además de la domestica también la agricultura, la industria y la minería, esta última creadora de controversias actuales, debido a su fama de “contaminadora”.

Lo seguro es que una inadecuada gestión de las aguas podría ocasionar daños irreparables a las aguas superficiales y más aun a las aguas subterráneas.

Es por esa razón que esta tesis va dirigida a intentar establecer una metodología que sirva como herramienta a la gestión del agua subterránea identificando las zonas de más alto riesgo de contaminación, teniendo como unidad de estudio la subcuenca Aguascocha, donde se ha establecido la Compañía Minera Alpamarca. Para construir el mapa de riesgo de contaminación se construyó previamente, el mapa de vulnerabilidad aplicando los métodos DRASTIC (Aller et al., 1987) y GOD (Foster e Hirata 1991-2004) y el mapa de peligros aplicando la metodología modificada por el tesista del COST ACTION 620 (Cooperación unión europea para la investigación técnica). Para finalmente superponer estos mapas e identificar las zonas de más alto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del Acuífero Aguascocha, obteniendo valores cuantificables y los que serán plasmados cartográficamente, para finalmente plantear medidas de protección.

Asimismo también se analizará un escenario haciendo uso de la información de calidad de agua subterránea (arsénico, aluminio, plomo, manganeso, calcio y hierro) y comparándolo con los estándares de calidad ambiental (ECA-3), para construir el mapa de riesgo de contaminación calidad de agua y el comportamiento de los elementos contaminantes.

Es importante aclarar que el objetivo de esta tesis no es la definir si el acuífero esta o no contaminado en la actualidad, ya que esta contaminación actual se deberían a actividades pasadas. Sino prevenir una contaminación futura, para ello se construirán los mapas de riesgo de contaminación para evitar que se contaminen las aguas subterráneas por actividades presentes y futuras.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

- Analizar el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del Acuífero Aguascocha, frente a los peligros identificados actuales.

1.2.2. Objetivo específico

- Construcción del modelo conceptual del acuífero Aguascocha.
- Construcción de mapas de vulnerabilidad intrínseca, aplicando los métodos de vulnerabilidad DRASTIC y GOD.
- Construcción de mapas de peligros, aplicando el método adaptado por el tesista del COST ACTION 620 (Cooperación europea de investigación técnica).
- Construcción del escenario, índices de riesgo de contaminación a las aguas subterráneas usando información de calidad de agua.

1.3. ALCANCES

Se realizará el análisis de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del acuífero Aguascocha, teniendo como unidad de estudio la subuenca Aguascocha.

Para esto se utilizará la siguiente data histórica:

- Información perforaciones: ejecutados por la Compañía Minera Alpamarca 2009.
- Información meteorológica del año: 1965-2009
- Monitoreo de calidad de agua subterránea y superficial 2008-2009.
- Monitoreo de calidad de agua de la laguna Tuctococha 2011.

1.4. HIPOTESIS

La Hipótesis General de esta investigación es que el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, depende preponderantemente de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero más que la actividad contaminante focalizada.

La Hipótesis específica es que el mapa de peligros de las actividades contaminantes mineras será alto.

1.5. ANTECEDENTES

1.5.1. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas

En 1988, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS) con el Dr. Ing. Stephen Foster, Ing. Ricardo Hirata publicaron esta guía, que se resume a continuación:

“El informe presenta procedimientos que se consideran apropiados para la determinación del riesgo de la contaminación de aguas subterráneas en la Región de América Latina y el Caribe. A través del uso de esta guía, se espera brindar una consideración más sistemática de este riesgo.

La metodología desarrollada denominada GOD, se considera como un primer paso en la evaluación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. La metodología se refiere exclusivamente al riesgo de que el agua subterránea se contamine con concentraciones que excedan las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua potable, pero no al riesgo resultante para la salud humana.

El informe intenta servir como una guía para el planeamiento y ejecución de estudios sobre la vulnerabilidad de los acuíferos y el riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Contiene mucha información sobre procesos hidrogeológicos y actividades contaminantes para la orientación general del usuario, no siendo necesarios todos éstos para el desarrollo de la metodología. Esta guía no es un manual con procedimientos establecidos, ya que simplemente no es posible dictar reglas para todas las actividades potencialmente contaminantes y para todas las condiciones hidrogeológicas. Tampoco no se toma en cuenta el riesgo de contaminación de las aguas superficiales.

Se necesitará una adaptación de la metodología de acuerdo a los objetivos de estudio, y a la escala y disponibilidad de datos locales. Aparecerán circunstancias que la guía no cubra adecuadamente. Por ejemplo, ningún intento se ha hecho para presentar un procedimiento para la evaluación de la carga contaminante al subsuelo

debido a la industria minera y petrolífera, ya que para éstas es muy difícil generalizar.

Esta primera impresión del informe se dirige a promover estudios de la determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas a varias escalas en áreas seleccionadas de América Latina y el Caribe. Debería ser usado por un hidrogeólogo o ingeniero de aguas subterráneas en conjunto con un ingeniero sanitario o científico ambiental. Se espera que los usuarios de este manual adopten la metodología descrita, y de existir alguna interrogante, se sirvan dirigir al CEPIS y sugerir posibles mejoras para futuras ediciones"... (Foster y Hirata, CEPIS-OPS 1988)

1.5.2. Análisis de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el acuífero Chancay-Huaral

Han transcurrido 23 años y en nuestro país actualmente solo existe una tesis de maestría en análisis de riesgo de contaminación de aguas subterráneas realizado en el acuífero Chancay-Huaral hecho por Msc. Ing. María Magdalena Cardenas Gaudry, siendo la actividad predominante de esta zona de estudio, la actividad agrícola.

"En el presente trabajo se ha investigado la evolución de la calidad del agua subterránea en el acuífero Chancay-Huaral mediante los modelos de simulación y transporte de contaminantes; así mismo se ha planteado una metodología para conocer los índices de riesgo de contaminación del acuífero estudiado.

La metodología propuesta permite conocer los índices de riesgo de contaminación para nueve variables, entre ellos la profundidad del nivel freático , conductividad eléctrica, dureza de agua, concentración de iones de calcio, sodio, cloro, sulfato, bicarbonatos y nitratos"...(Cardenas, UNALM 2002).

1.6. CONCEPTOS PREVIOS

1.6.1. Acuífero

Etimológicamente la palabra acuífero está compuesta por dos palabras que provienen del latín, *aqua* y *fero* que significan agua y llevar, respectivamente (Custodio, E. y Llamas, M., 1996).

Un acuífero se define como una formación geológica con permeabilidad no nula, capaz de almacenar y transmitir agua por medio de sus poros, grietas o fracturas (Custodio y Llamas, 1996; Freeze y Cherry, 1979; Price, M., 2003).

Tanto la capacidad de almacenamiento como transmitir el agua en cantidades grandes, requiere relativamente de una resistencia baja para que fluya, o una alta permeabilidad para fluir (Pinder y Celia, 2006).

En la tesis el acuífero de esta zona de estudio se le denominará Acuífero Aguascocha.

Algunos ejemplos de las rocas que forman los acuíferos son: aluviones de ríos formados por una mezcla de gravas y arenas, gravas no consolidadas, areniscas poco cementadas, arenillas, limos y dolomías, algunos tipos de rocas volcánicas, formaciones calcáreas muy karstificadas, así como rocas metamórficas y plutónicas fracturadas (Custodio y Llamas, 1976), rocas sedimentarias tales como areniscas y calizas (Freeze y Cherry, 1979).

1.6.2. Modelo conceptual del acuífero

Un modelo conceptual es la representación simplificada de cierto fenómeno real y su comportamiento; en este caso la dinámica en tiempo y espacio del sistema de aguas subterráneas.

La conceptualización de este modelo es una integración de los resultados del estudio de meteorología, hidrología e hidrogeología, a través de los cuales se explica ampliamente el comportamiento de las aguas subterráneas.

1.6.3. Vulnerabilidad

En este trabajo se considera que vulnerabilidad es una propiedad intrínseca de un sistema acuífero que depende de su sensibilidad a impactos naturales y/o antropogénicos (Vrba y Zaporozec, 1994).

El concepto anterior se refiere a la vulnerabilidad intrínseca o natural, la cual es una función de las características hidrogeológicas del acuífero, de los suelos y materiales geológicos que lo cubren.

Se han desarrollado diferentes técnicas para evaluar la vulnerabilidad natural de acuíferos. Las más conocidas son: DRASTIC (Aller et al 1987) y GOD (Foster & Hirata 1988).

DRASTIC y GOD, evalúan la vulnerabilidad del acuífero dividiendo el área del acuífero en polígonos, para los cuales calculan un índice de vulnerabilidad a partir de un sistema por rangos ponderados. Estos métodos definen rangos para cada uno de los parámetros que emplean y además asignan un peso en función de la importancia relativa de dicho parámetro. La suma de estos rangos ponderados permite obtener un índice que refleja la vulnerabilidad de cada polígono del acuífero. A mayor valor de este índice, mayor es la sensibilidad del acuífero a la contaminación.

En la presente tesis la vulnerabilidad, se define como la sensibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas debido a las características naturales intrínsecas del acuífero.

1.6.4. Peligro

El peligro se define como la probabilidad de que el agua subterránea de un acuífero se contamine a concentraciones superiores a las marcadas en los lineamientos de la norma, cuando una carga contaminante sub-superficial específica se genere en la superficie del terreno.

En la presente tesis el peligro se define como una actividad que ostenta el potencial de producir contaminación sobre las aguas subterráneas. Este peligro se obtiene de la interacción entre la intensidad de la actividad contaminante, su eco toxicidad y la probabilidad de que el evento de contaminación ocurra.

Para ello este peligro será delimitado como polígono de área, donde se focaliza la actividad contaminante, asignándole un valor cuantitativo resultado de la aplicación de la metodología modificada por el tesista del COST ACTION 620.

1.6.5. Riesgo de contaminación del Acuífero

La definición más lógica del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es concebirlo según Foster (1988), como la interacción entre la carga contaminante y la vulnerabilidad del acuífero. La carga contaminante que es, será, o pudiera ser aplicada al subsuelo como resultado de actividad humana, y la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, debido a las características naturales de los substratos que se cubren y se separan de la superficie.

CAPITULO II. METODOLOGIA

“¡Cómo en silencio en los tiempos antiguos toda esta agua se había abierto camino, tal vez, gota a gota, en los depósitos de piedra! ¡Cómo silencio que había estado allí, de las capas sólidas, nadie sospechaba de su existencia! Pero ahora por fin, el hombre necesita a las tranquilas aguas. . . las fuentes del abismo en los lugares hueco de la tierra se han roto por manos rudas” (James R Leifchild, 1853)

2.1. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

2.1.1. Recopilación y análisis de datos disponibles

La metodología aplicarse comienza con la delimitación de la unidad de estudio: la subcuenca Aguascocha localizada geopolíticamente en el departamento de Junín.

Como primer paso se deberá recopilar y analizar los datos disponibles.

- Los datos geológicos y cartas geológicas fueron obtenidos del Instituto Geológico Minero (INGEMET).
- Los datos de calidad de agua fueron obtenidos del estudio de impacto ambiental brindado por la Compañía Minera Alpamarca.
- La data hidrológica y meteorológica se obtuvo de servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAHMI).
- La topografía se obtuvo del Instituto geográfico del Perú (IGN).
- También se realizó una inspección de campo y toma de muestras de agua, para verificar la información recolectada.

2.1.2. Construcción del Modelo Conceptual del Acuífero

Al delimitar el área de estudio el siguiente paso es la determinación del modelo conceptual del acuífero. Para esto se deberá considerar lo siguiente:

- Construcción del mapa topográfico.
- Construcción del mapa geológico.
- Datos meteorológicos (precipitación, evaporación, temperatura).
- Medición de caudales de aguas superficiales en la subcuenca Aguascocha.

- Identificación de las zonas de recarga y descarga de agua.
- Realizar el balance hídrico.
- Tratamiento de información piezométrica.
- Interpretación de los perfiles estratigráficos y pruebas hidráulicas, obtenidos en las perforaciones de los piezómetros.
- Determinación de la dirección del flujo superficial y subterráneo (haciendo uso del software Surfer 8.0).
- Caracterización de las aguas (haciendo uso del software Aquachem V.10).

Recién al tener toda esta información como base se podrá determinar un modelo conceptual del acuífero que describa el comportamiento real en campo.

2.1.3. Evaluación de Vulnerabilidad

Una vez definido el modelo conceptual del Acuífero se deberá aplicar los métodos DRASTIC y GOD para hallar la vulnerabilidad intrínseca del acuífero.

Estos métodos cuantificables, se caracterizan por dar valores numéricos a determinados parámetros; para esto se hará uso de los cuadros de clasificación de parámetro, establecidos en cada método.

2.1.3.1. Métodos determinación Vulnerabilidad- GOD

La metodología GOD fue desarrollado por Foster (1988) y es un método sencillo y sistemático, por lo que se usa cuando se cuenta con escasos datos, éstos no son fiables o no cubren la totalidad del territorio que se estudia.

Por su estructura simple y pragmática, es el método utilizado en primer lugar para estimar el riesgo de contaminación de un acuífero, lo que sirve para establecer prioridades de actuación a la vista de los resultados.

Por contra, toma simplificaciones muy grandes como no tener en cuenta el tipo de suelo, la infiltración efectiva ni la dispersión/dilución de contaminantes dentro del acuífero, por lo que se pierde definición y no es posible diferenciar un tipo de contaminante de otro.

Así, el valor numérico obtenido significa una u otra cosa en función del contaminante que se considere y su interpretación queda, en cierto grado, al criterio personal de quien la realiza.

El método GOD se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables, que son las que nominan el acrónimo:

G: groundwateroccurrence. Tipo de acuífero o modo de confinamiento u ocurrencia del agua subterránea.

O: overallaquiferclass. Litología de la zona no saturada. Se evalúa teniendo en cuenta el grado de consolidación y las características litológicas y como consecuencia, de forma indirecta y relativa, la porosidad, permeabilidad y contenido o retención específica de humedad de la zona no saturada.

D: depthtgroundwater. Profundidad del agua subterránea o del acuífero.

Estos tres parámetros se multiplican para obtener una valoración de la vulnerabilidad de 0 (despreciable) a 1 (extrema):

$$\text{GOD} = \text{G} \cdot \text{O} \cdot \text{D} \approx 0-1$$

La lógica en la asignación de índices a cada variable es el resultado de un estudio previo del autor con respecto a las características de tipo de acuífero, litología de la zona no saturada y profundidad del agua subterránea. Estos índices fueron establecidos considerando la característica y la facilidad que permite esta característica hacia un desplazamiento más rápido de cualquier contaminante hacia las aguas subterráneas.

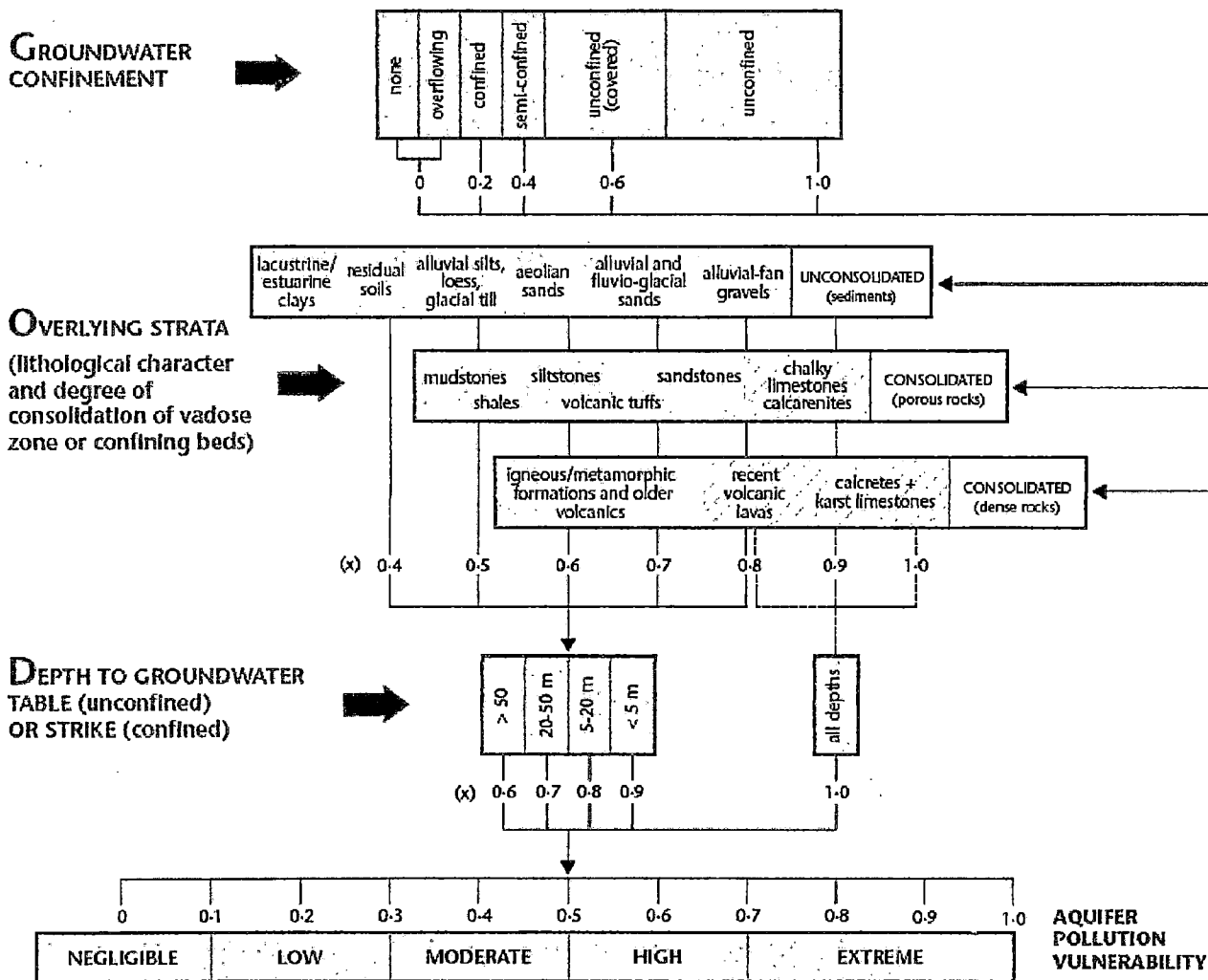
En el caso del tipo de acuífero el que tiene menor índice 0.2 -y por ende menor vulnerabilidad- es el tipo confinado contrario al acuífero no confinado que tiene índice 1, mayor vulnerabilidad. Mientras que la litología de la zona no saturada tiene índice 0.4 cuando se trata de arcillas y 1 cuando se trate de rocas calcáreas.

El caso de la profundidad del nivel freático las aguas que se encuentran sobre los 50 metros de profundidad tienen índice 0.6, mientras que las que tienen una profundidad menor a 1 metro, tienen índice 1.

Al multiplicar estos tres índices se obtiene un valor que se encuentra entre 0 y 1, vulnerabilidad nula y alta vulnerabilidad.

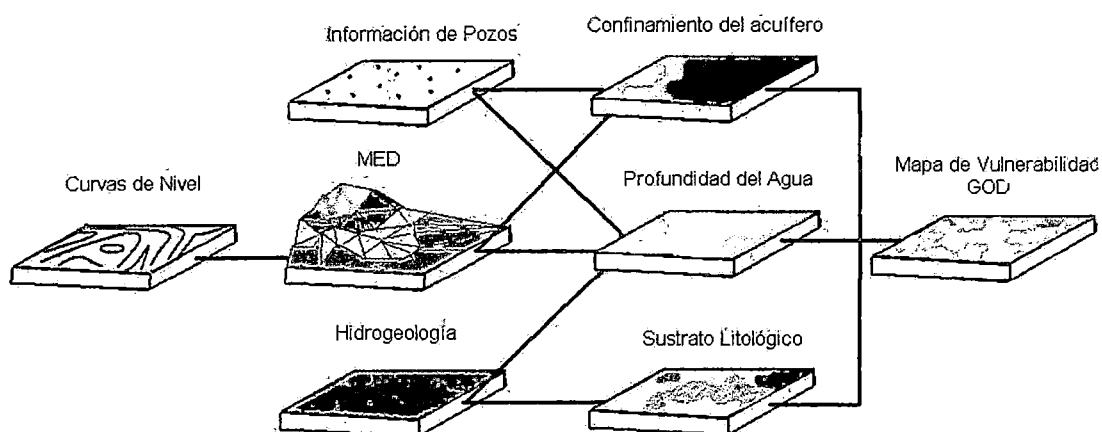
El método de asignación de puntuaciones a cada variable y los grados de valoración numérica de parámetros se muestra en el siguiente esquema:

Esquema N°1. Método GOD – Valorización numérica de parámetros.



Fuente: CEPIS-Foster/Hirata 1988

Esquema N°2. Vulnerabilidad GOD



Fuente: Valverde P., 2008

En el esquema N°2 la información de pozos es la ubicación, profundidad y litología. El MED es la construcción en 3D de la zona de estudio usando el software Arcgis10.0.

2.1.3.2. Métodos determinación Vulnerabilidad- DRASTIC

El DRASTIC es un modelo empírico desarrollado por Aller et al (1987) para la Environmental Protection Agency, EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).

El método DRASTIC es el más utilizado y suele ser muy útil cuando se quiere construir mapas de vulnerabilidad con datos de profundidad de agua, recarga neta, litología del acuífero, tipo de suelo, topografía, naturaleza de la zona no saturada y conductividad hidráulica. Estos datos son mayores a los que considera el método GOD. Así mismo se utilizará el sistema de información geográfica (SIG) y el software Arcgis10.0 para combinar las distintas variables.

Es un método usado tanto para la cualificación como para la cartografía y se basa en la asignación de índices que van de 1 (mínima vulnerabilidad) a 10 (máxima vulnerabilidad), de acuerdo a las características y el comportamiento de las variables consideradas en el acrónimo DRASTIC:

- **D: depth.** Profundidad del agua subterránea.
- **R: recharge.** Recarga neta.
- **A: aquifer.** Litología del acuífero.
- **S: soil.** Tipo de suelo.
- **T: topography.** Topografía.
- **I: impact.** Naturaleza de la zona no saturada.
- **C: hydraulicconductivity.** Conductividad hidráulica del acuífero.

Además de la valoración de 1 a 10 que se da a cada parámetro se pondera su influencia dentro de la evaluación de la vulnerabilidad mediante la asignación de unos pesos de 1 a 5. Ambos índices se multiplican y se suman los siete resultados para obtener una valoración final, según se indica en la siguiente expresión:

$$\text{DRASTIC} = (D_r \cdot D_w) + (R_r \cdot R_w) + (A_r \cdot A_w) + (S_r \cdot S_w) + (T_r \cdot T_w) + (I_r \cdot I_w) + (C_r \cdot C_w)$$

r: indica factor de clasificación o valoración.

w: indica factor de ponderación.

Los valores que adoptan los factores de clasificación y de ponderación para cada parámetro se resumen en las siguientes tablas:

La lógica en la asignación de índices a cada variable es el resultado de un estudio previo del autor con respecto a las características de la profundidad del agua subterránea, recarga neta, litología del acuífero, tipo de suelo, topografía, naturaleza de la zona no saturada y conductividad hidráulica del acuífero.

Estos índices fueron establecidos considerando la característica y la facilidad que permite esta característica hacia un desplazamiento más rápido de cualquier contaminante hacia las aguas subterráneas.

D: Se refiere a la distancia que existe entre la superficie del suelo y el nivel freático. Este valor se obtiene de los monitoreos piezométricos mensuales en la zona de estudio.

Cuadro N° 1. Valoración de la profundidad agua subterránea (Dr).

Profundidad (m)	Valoración D_r
0-1,5	10
1,5-4,6	9
4,6-9,1	7
9,1-15,2	5
15,2-22,9	3
22,9-30,5	2
> 30,5	1

Fuente: Método DRASTIC.

R: Se refiere al volumen de agua total que recarga el acuífero. Este valor se obtiene al realizar el balance hidrológico.

Cuadro N°2. Valoración de la Recarga neta (Rr).

Recarga (mm)	Valoración R_r
0-50	1
50-103	3
103-178	6
178-254	8
> 254	9

Fuente: Método DRASTIC.

A: Se refiere al tipo de material que conforma el acuífero. La estratigrafía de los piezómetros detalla esta información.

Cuadro N°3. Valoración del tipo de acuífero (Ar).

Tipo de acuífero	Rango de clasificación A_r
Lutita masiva	1 - 3
Metamórfica/Ignea	2 - 5
Metamórfica/Ignea meteorizada	3 - 5
Till glacial	4 - 6
Secuencias de arenisca, caliza y lutitas	5 - 9
Arenisca masiva	4 - 9
Caliza masiva	4 - 9
Arena o grava	4 - 9
Basaltos	2 - 10
Caliza kárstica	9 - 10

Fuente: Método DRASTIC.

S: El tipo de suelo es la cobertura que tiene la superficie en estudio. Esta información también se obtiene de la estratigrafía de los piezómetros.

Cuadro N°4. Valoración del tipo de suelo (Sr).

Tipo de suelo	Valoración S_r
Delgado o ausente	10
Grava	10
Arena	9
Agregado arcilloso o compactado	7
Arenisca margosa	6
Marga	5
Limo margoso	4
Arcilla margosa	3
Estiércol - cieno	2
Arcilla no compactada y no agregada	1

Fuente: Método DRASTIC.

T: Se refiere a la pendiente topográfica de la zona de estudio. Esta información se obtiene a partir de las curvas topográficas.

Cuadro N°5. Valoración del porcentaje de pendiente (Tr).

Pendiente (%)	Valoración T_r
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
> 18	1

Fuente: Método DRASTIC.

I: Se refiere al material que conforma la zona superior del acuífero que no está saturada de agua. Esta información se obtiene de la estratigrafía de los piezómetros.

Cuadro N°6. Valoración de la naturaleza de la zona no saturada (Ir).

Naturaleza de la zona no saturada	Valoración I_r
Capa confinante	1
Cieno-arcilla	2-6
Lutita	2-5
Caliza	2-7
Arenisca	4-8
Secuencias de arenisca, caliza y lutita	4-8
Arena o grava con contenido de cieno y arcilla significativo	4-8
Metamórfica/Ígnea	2-8
Grava y arena	6-9
Basalto	2-10
Caliza kárstica	8-10

Fuente: Método DRASTIC.

C: La conductividad hidráulica es la facilidad que un cuerpo ofrece a ser atravesado por un fluido, en este caso agua.

La conductividad se obtiene de las pruebas de permeabilidad efectuadas en campo.

Cuadro N°7. Valoración de la conductividad hidráulica (Cr).

Conductividad hidráulica		Valoración C_r
cm/día	m/día	
0,04-4,08	$4,6 \cdot 10^{-5}$ - $4,7 \cdot 10^{-3}$	1
4,08-12,22	$4,7 \cdot 10^{-3}$ - $1,4 \cdot 10^{-2}$	2
12,22-28,55	$1,4 \cdot 10^{-2}$ - $3,4 \cdot 10^{-2}$	3
28,55-40,75	$3,4 \cdot 10^{-5}$ - $4,7 \cdot 10^{-2}$	6
40,75-81,49	$4,7 \cdot 10^{-2}$ - $9,5 \cdot 10^{-2}$	8
> 81,49	> $9,5 \cdot 10^{-2}$	10

Fuente: Método DRASTIC.

Cuadro N°8. Factor de ponderación del método DRASTIC.

D_w	R_w	A_w	S_w	T_w	I_w	C_w
5	4	3	2	1	5	3

Fuente: Método DRASTIC.

La valoración de los parámetros mostrados en los cuadros indica: 1 la mínima vulnerabilidad y el 10 la máxima.

Además de lo expresado, a cada variable se le asigna un peso o ponderación, de acuerdo a la influencia respecto a la vulnerabilidad (Ver cuadro N°8). Para el peso ponderado se emplean índices entre 1 y 5, adoptando los autores el mayor (5) para la profundidad del agua (D) y la litología de la sección subsaturada (I) y el menor (1) para la topografía (T).

Ambos índices se multiplican y luego se suman los 7 resultados, para obtener un valor final o índice de vulnerabilidad, cuyos extremos son 23 (mínima) y 230 (máxima), aunque en la práctica el índice dominante varía entre 50 y 200.

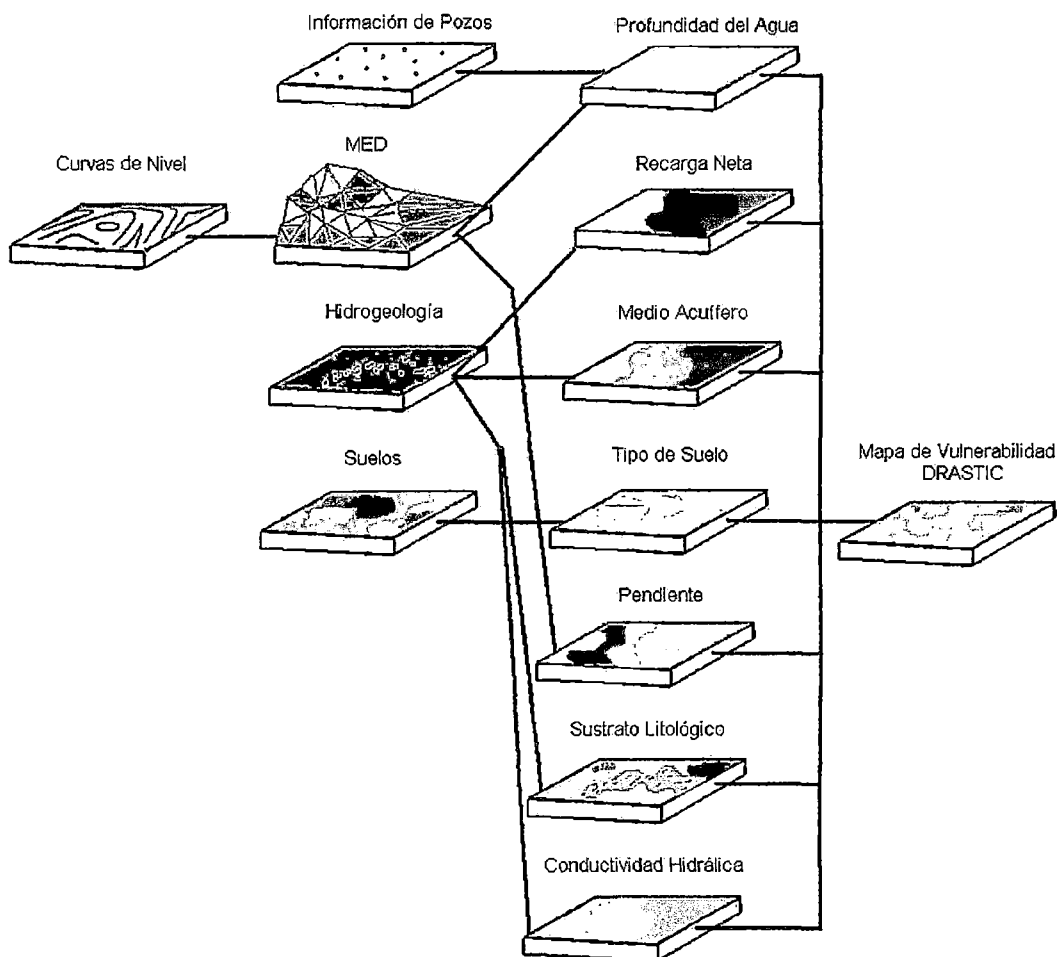
En la siguiente tabla se indica el grado de vulnerabilidad en función del valor obtenido por el método DRASTIC:

Cuadro N°9. Vulnerabilidad General-DRASTIC.

Grado vulnerabilidad	Grado vulnerabilidad
Muy bajo	23-64
Bajo	65-105
Moderado	106-146
Alto	147-187
Muy alto	188-230

Fuente: Método DRASTIC.

Esquema N°3 Vulnerabilidad DRASTIC



Fuente: Valverde P., 2008

2.1.4. Construcción de Mapas de peligro

La determinación de la peligrosidad a la contaminación de las aguas subterráneas del Acuífero Aguascocha se obtendrá a través de la identificación de zonas donde se desarrollarán las actividades altamente peligrosas.

En base a estas actividades identificadas, se procederá a calcular el índice de peligrosidad (HI) mediante la siguiente fórmula:

$$HI = H \cdot T \cdot P$$

Donde:

H: peso de la actividad peligrosa (tabla adecuada de la presentada por COST ACTION 620 Cooperación unión europea para la investigación técnica)

T: factor de ecotoxicidad de la actividad peligrosa.

P: probabilidad de que le evento de contaminación ocurra.

La metodología propuesta por COST ACTION620, fue modificada en esta tesis estableciendo un nuevo parámetro "T" ecotoxicidad de la actividad peligrosa.

- **Peso de la Actividad Peligrosa (H):** Debido a la ausencia de un método que permita identificar y clasificar numéricamente las actividades mineras por su peligro a la contaminación, se elaboró un cuadro de análisis de peligrosidad en base a la tabla establecida en COST ACTION 620.

En el cuadro N°9 se muestra una gama de actividades y su valoración, como contribuyente a la contaminación. La tabla original muestras un rango numérico desde 0 a 100 (Ver Anexo C). Sin embargo dicha tabla no consideraba dentro de su clasificación las actividades mineras, por lo que se adecuó una valoración a dichas actividades.

Esta adecuación de rangos numéricos se obtuvo basándose en la experiencia profesional de diversos profesionales en el campo.

Cuadro N° 10. Cuadro de valoración de peso de la actividad peligrosa.

N°	Riesgo	Valoración H
Actividades Mineras		
1.1	Excavación	
	Excavación a tajo abierto	60
	Excavación subterráneo	75
1.2	Plantas procesadoras	
	Planta beneficio	98
1.3	Presa de relaves	85
1.4	Campamento	20

Fuente: Elaboración propia.

- **El factor de toxicidad de la actividad peligrosa minera (T).** Este factor se calculará considerando el manejo de reactivos químicos utilizados en las distintas instalaciones mineras y que son dañinos a la salud humana y al medio ambiente.

Se deberá identificar el límite de ecotoxicidad de cada compuesto en las hojas de seguridad (MDS). Esta ecotoxicidad, se obtiene sobre pruebas realizadas a peces, siendo el límite de concentración para una morbilidad del 50% de la muestra y con un periodo de exposición de 96 horas.

Para obtener el índice de toxicidad se divide la concentración del compuesto en el efluente entre el límite de toxicidad sobre peces.

- **Probabilidad de que el evento ocurra (P)**

Para calcular la probabilidad de que el evento de contaminación ocurra se debería tener una data estadística de varios años de la compañía minera. Esta data debería tener un número de accidentes de derrame u otros eventos por año. Pero al no tenerlo y como recomendación del autor del método, se considerará el $P=1$.

Cuadro N° 11. Valorización numérica de las actividades contaminantes

Intervalo de Peligro HI	Valoración	Descripción
0-20	1	Muy bajo
20-40	2	Bajo
40-60	3	Moderado
60-80	4	Alto
80-100	5	Muy alto

Fuente: Elaboración propia.

2.1.5. Construcción de Mapas de Riesgo de Contaminación- Vulnerabilidad y Peligro.

Previamente se deberá identificar las actividades contaminantes mineras y otras actividades desarrolladas en sus zonas de influencia. Estas actividades serán valorizadas de acuerdo al cuadro N° 10, construyendo el mapa de peligros.

Una vez construido el mapa de vulnerabilidad y el de peligros estos se traslapan, multiplicando sus valores numéricos, haciendo uso del software Arcgis 10.0; obteniendo finalmente el mapa de riesgo de contaminación de aguas subterráneas en el acuífero Aguascocha.

Cuadro N° 12. Riesgo de contaminación DRASTIC y GOD.

Descripción	DRASTIC	GOD
Muy bajo	23-248	0-1
Bajo	248-473	1-2
Moderado	473-700	2-3
Alto	700-925	3-4
Muy alto	925-1150	4-5

Fuente: Elaboración propia.

En estos mapas se identificarán las zonas de muy alto y alto riesgo, permitiendo registrar las zonas donde se deberá priorizar la implementación de medidas de protección.

Al tener la zona de más alto riesgo se evaluará si el riesgo es aceptable y puede producirse. Finalmente se tomarán las decisiones que surgieron con la estimación del riesgo y la evaluación del riesgo. Planteando medidas de control necesarias para minimizar el riesgo.

Esta respuesta incluye la evaluación y selección de opciones y la aplicación de medidas para prevenir o reducir al mínimo la probabilidad de un evento de contaminación y sus consecuencias, en caso de producirse.

2.1.6. Construcción de mapas de riesgo de contaminación-calidad de agua

La construcción de este mapa de contaminación actual basado en la calidad de agua, será considerado como un escenario del estudio, ya que se carece de información de calidad de agua que permita construir un mapa representativo del total del área en estudio.

Para este escenario se utilizará los datos de calidad de agua subterránea recolectados en campo (2011) y obtenidos de los monitoreos dados por la Compañía Minera Alpamarca (2009-2010); comparándolos con los estándares de calidad ambiental para agua (ECA-3).

- Se dividirá las concentraciones medidas en campo entre las concentraciones de los ECAs para agua.
- Al dividir estas concentraciones se obtendrán valores adimensionales, cuyos valores pueden ser mayores o menores a la unidad.

El valor "1" significa que la concentración medida es exactamente igual a la concentración permisible, no habiendo contaminación. Sin embargo para valores mayores a la unidad, supera el estándar, por lo tanto se considerará que existe contaminación.

El índice de contaminación por elemento contaminante se obtiene:

$$Ic = \frac{Ce}{ECA}$$

Donde:

Ic: Índice de contaminación por elemento contaminante.

Ce: Concentración del elemento contaminante.

ECA: Estándar de calidad ambiental para el elemento contaminante.

Una vez obtenido sus valores se procederá a construir el mapa de contaminación de aguas subterráneas, sumando todos los valores y dividiéndolos por la cantidad de contaminantes analizados.

$$R_{\text{contaminación}} = \text{Suma } (Ic/Nc)$$

Donde:

$R_{\text{contaminación}}$: Índice de contaminación de aguas subterráneas para "n" elementos contaminantes.

Ic: Índice de contaminación por elemento contaminante.

Nc: Numero de elementos contaminantes estudiados.

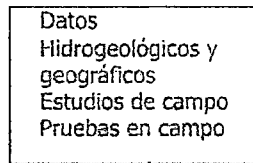
Cuadro N°13. Riesgo de contaminación –Calidad de agua.

Índice de contaminación	Descripción
$R_{\text{contaminante}} \leq 1$	No existe contaminación para los contaminantes en estudio.
$R_{\text{contaminante}} > 1$	Existe la contaminación para los contaminantes en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

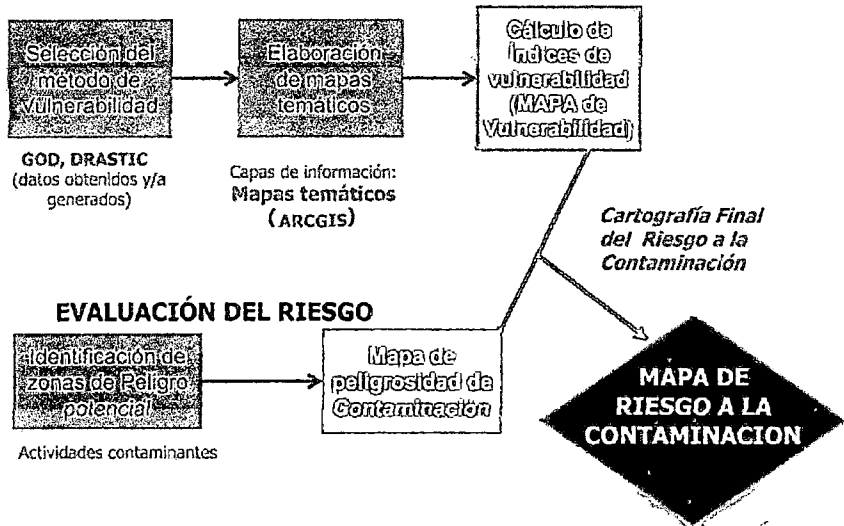
Esquema N° 4. Esquema resumen de la metodología

RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS DISPONIBLES



CONSTRUCCION DEL MODELO CONCEPTUAL DEL ACUIFERO

EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD



Fuente: Elaboración propia.

2.2. MATERIALES

- Software Arcgis 10.0 (Ver Anexo D).
- Software Aquachem 10.0 (Ver Anexo D).
- Software Surfer 8.0 (Ver Anexo D).
- Envases muestreo de calidad de agua subterránea (Ver Anexo F).

Para la toma de muestra de calidad de agua subterránea se contrato al laboratorio Inspectorate, las muestras fueron tomadas por el tesista en la zona de estudio en el viaje de inspección.

2.3. DESARROLLO

2.3.1. Descripción de la zona de estudio

2.3.2. Ubicación

La zona del estudio, la subcuenca Aguascocha, se emplaza en la meseta Intracordillerana de Junín– Cerro de Pasco, a una altitud de 4770 m.s.n.m. y políticamente pertenece al distrito Santa Bárbara de Carhuacayán, provincia Yauli, departamento Junín (Ver Figura N° 1)

En la cartografía nacional la zona de estudio se ubica en el cuadrángulo de Ondores (hoja23K) de la Carta Nacional del IGN (Escala1:100,000) en el Sistema UTM (Datum 1956), zona 18 del Esferoide Internacional.

2.3.3. Vías de acceso

El acceso por carretera se realiza siguiendo la ruta: Lima–Canta; Canta–Aguascocha, siendo esta ruta la más rápida.

Cuadro N° 14. Acceso al Área del Proyecto.

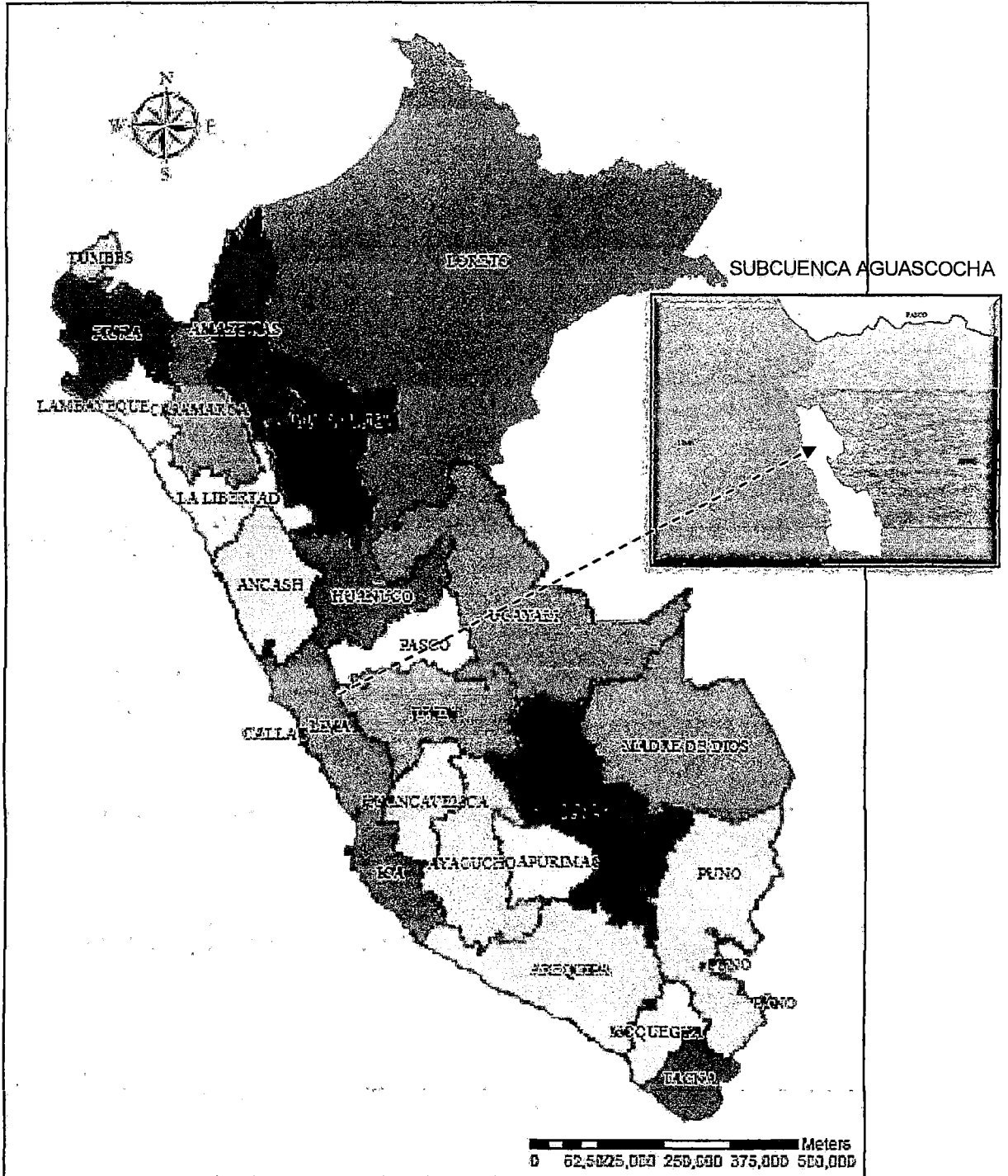
Tramo	Distancia (Km.)	Tiempo(horas)	Carretera
Lima –Canta	102	4	Asfaltada
Canta– Aguascocha	70	2	Afirmada
Total	172	6	

Fuente: Elaboración propia.

Existen rutas alternas como son: carretera panamericana norte-Huaral, Acos, Baños, Aguascocha; haciendo un recorrido aproximado de 195 Km. por una carretera por tramos asfaltada y afirmada, durante 6.5 horas de viaje.

Otra ruta es por la carretera central, Oroya, Santa Bárbara Carhuacayán, Aguascocha, haciendo un recorrido aproximado de 256 km. por una carretera por tramos asfaltada y afirmada, durante 8.5 horas de viaje.

Figura N° 1. Ubicación de la Zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. Medio físico

2.3.4.1. *Relieve*

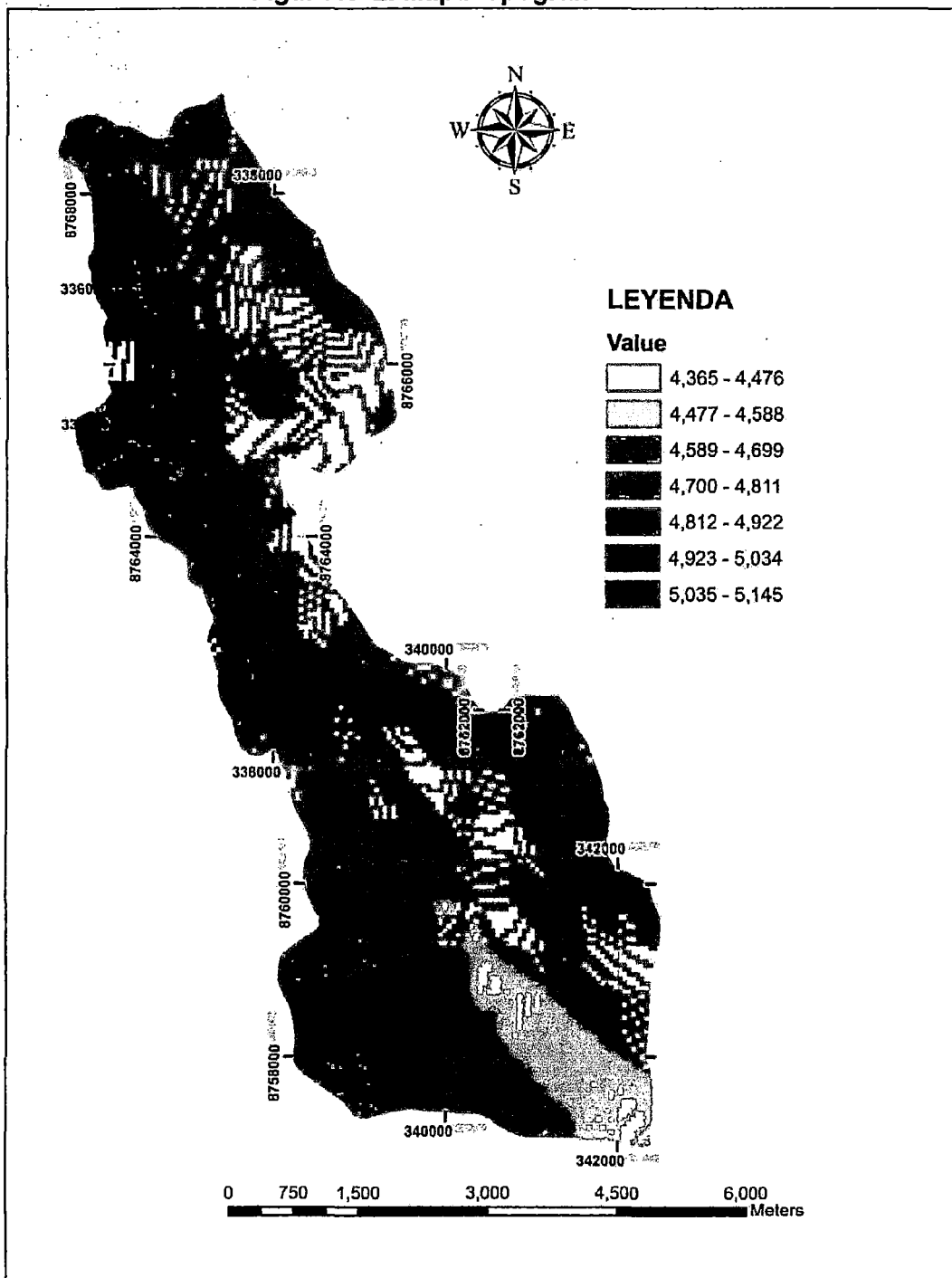
Los alrededores de la zona de estudio presentan una topografía agreste y presenta una configuración topográfica de relieves ondulados, con abundantes colinas y relieve propio del modelaje glacial.

Las altitudes de la zona de estudio varían de 4,600 a 4,900m.s.n.m., que corresponden a las regiones de Puna y Cordillera, con altiplanicies fluvio-glaciares de gran amplitud, donde se han desarrollado varias lagunas de origen glacial que se encuentran bordeadas en su mayoría por áreas pantanosas y que en su conjunto forman las lagunas tipo rosario (Ver Anexo H).

2.3.4.2. *Topografía y Fisiografía*

El territorio donde se desarrolla el estudio tiene una topografía accidentada variando de colinado a ondulado, este último propio del modelaje glacial. Los principales accidentes topográficos son: el Cerro Alpamarca situado en la parte este de la zona de estudio con una altitud máxima de 4920 m.s.n.m., el cerro Tierra Colorada ubicado en la parte nor-oeste de la mina, alcanzando una cota de 4900 m.s.n.m.; hacia la parte nor-este se observa el cerro Andacanchay el cerro Quimancocha; mientras que en la parte sur-este, se distingue el cerro Mina Punta a una altitud de 4764 m.s.n.m.

Figura N° 2. Mapa topográfico



Fuente: Elaboración propia.

2.3.5. Geología y Geomorfología

2.3.5.1. Geología

La zona de estudio se encuentra emplazado dentro de la unidad geomorfológica denominada “Superficie Puna”, caracterizado por presentar un paisaje de relieve suavemente ondulado sobre la cual destaca un conjunto de colinas de cerros alargados en dirección preferencial NO-SE, labrados mayormente en rocas de la Formación Casapalca (“Capas Rojas”) con presencia de numerosas cubetas o depresiones que albergan las lagunas. Se nota en este escenario el desarrollo de áreas pantanosas que son alimentados por riachuelos que nacen del desagüe natural de las lagunas que se ubican en las cabeceras y que conforman la microcuenca hidrográfica, cuyo drenaje principal es el riachuelo que nace en la laguna Aguascocha y discurre por la quebrada Huancamachay o Racracancha y luego de recibir aguas abajo los aportes hídricos de la quebrada Quinlacochoa, adopta el nombre de Casacancha y posteriormente el nombre de río Carhuacayán – Conocancha, vertiendo finalmente sus aguas al río Mantaro por su margen derecha (Ver Anexo I)

2.3.5.2. Litoestratigrafía

A continuación se describen las unidades litoestratigráficas que afloran dentro de la zona de estudio.

- **Cretáceo**

- Formación Jumasha (Ks – J)

Esta unidad consiste de una secuencia de calizas gris a gris parduzcas masivas, dispuestos en bancos medianos a gruesos, resistentes a la erosión. Morfológicamente se caracteriza por presentar picos agrestes, escarpados y conspicuos. Aflora ampliamente en las cordilleras Puagjanca y La Viuda, al norte de la zona en estudio y en el flanco - este del Cerro Alpamarca. Esta formación se caracteriza por estar bastante plegada, presentando estructuras anticlinales y sinclinales con ejes de orientación genérica norte - sur.

- Formación Celendín (Ks – ce)

Litológicamente consistió de una secuencia de capas de margas grises a pardo amarillentas que intemperizan a color amarillo crema, con intercalaciones delgadas de calizas gris.

- **Cretáceo – Terciario Inferior**

- Formación Casapalca (Kp – ca)

Esta formación denominada también “Capas Rojas” aflora ampliamente en la zona de estudio es la unidad litoestratigráfica más representativa del área de estudio.

Litológicamente está constituida por una secuencia de lutitas, limolitas, areniscas y margas de color marrón rojizo, intercaladas a veces con calizas y/o lavas.

Esta unidad se encuentra expuesta a manera de una faja continua de orientación general NO- SE con un ancho del orden de 2.5 km, conformando estructuras anticlinales y sinclinales con ejes de orientación andina. En esta unidad se encuentran alojadas las siguientes lagunas: Laguna de la Loma, Barrosococha, Cochauman Chico, Verdecocha, Minachacan, Pucacocha, Patacocha, San Miguel, Aguascocha y Laguna Tuctococha.

Cabe resaltar que el futuro depósito de relaves, estará emplazado en esta Formación Casapalca.

- **Terciario**

- Grupo Calipuy (PN – Vca)

Esta unidad, sobreyace en discordancia sobre la Formación Casapalca. Aflora distante al sur-este de la laguna Tuctococha y en los alrededores de las lagunas: Minachacán, Barrosococha, Cochauman y de la Loma.

Litológicamente consiste de rocas piroclásticas gruesas, lavas ácidas e ignimbritas dacíticas, lavas andesíticas, tufos finamente estratificados, basaltos, riolitas y dacitas.

- Formación Yantac (Pe-y)

Con este nombre se designa a una secuencia volcánico-sedimentario que superyace en discordancia a la Formación Casapalca.

Está constituido por calizas, areniscas calcáreas, margas que se intercalan con niveles de tobas volcánicas andesíticas a dacíticas, aflora ampliamente en el Cerro Alpamarca , al este y nor-este de la mina y en el Cerro Morado (Contupaqui) ubicado en el extremo oeste del área de estudio que conforma parte de la Cordillera Occidental.

- **Cuaternario**

El cuaternario está representado por materiales inconsolidados de cobertura, distribuidos irregularmente en el área de estudio y comprenden los depósitos coluviales, fluvio-glaciares, aluviales, áreas pantanosas, etc.

- **Depósitos fluvio glacial**

Estos depósitos son de edades geológicas recientes en el área de estudio, conforman las laderas. Los materiales han sido erosionados y acarreados por medio fluvial (agua) y glacial (hielo) que han depositado materiales del tipo bloques, gravas, arenas, limos. Los bloques tienen formas subredondeados a subangulosos, provenientes de las rocas sedimentarias; los fragmentos más pequeños son de composición variable dependiendo de su procedencia.

- **Depósitos coluviales**

Están conformados por bloques de tamaños diversos, que han caído por gravedad de los diferentes afloramientos de las rocas que se encuentran en las partes altas (lado este). Se observan en acumulaciones erráticas como en regulares cantidades. Los bloques provienen de rocas sedimentarias del tipo carbonatadas.

- **Depósitos antropogénicos**

Proviene de remoción de la roca sedimentaria y de materiales disgregados de las laderas. Estos depósitos originados de la actividad minera, han sido acumulados generalmente a un costado de cada labor; o se han deslizado por gravedad en las laderas.

2.3.5.3. *Geología Estructural*

La estratigrafía del área fue controlada por una actividad discontinua de fallas mayores establecidas al final de la Orogenia Paleozoica; consecuentemente a esta

última orogenia le sucedió el Cinturón Orogénico Mesozoico desplazándolos hacia el Oeste y creando cuencas sedimentarias con movimientos de fallas longitudinales denudadas en la corteza; estas cuencas fueron rellenadas por sedimentos derivados del geoanticlinal del Marañón y del Cratón de Brasil.

- **Fallas**

Los episodios repetidos de plegamiento son coaxiales, es un indicativo fuerte de la deformación; el principal y máximo esfuerzo fue orientado de SO-NE, dando como resultado pliegues orientados de NO-SE, de orientación principal andina.

- **Pliegues**

Las fuerzas orogénicas que actuaron en épocas Pre-Paleógeno y Paleógeno han plegado en forma intensa los sedimentos depositados en la zona de estudio y por la erosión posterior de las estructuras formadas en una superficie ondulada de relieve suave casi planizado. En el área de estudio se ha desarrollado un fuerte plegamiento tanto sinclinal como anticlinal con flexuramiento ocasionado por fuerzas compresivas.

2.3.5.4. *Geomorfología*

La geomorfología de la zona se caracteriza principalmente presentar las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Zona de Altas Cumbres**

Comprende la parte más alta de la Cordillera Occidental y se emplaza al oeste del escenario del estudio. Esta unidad se encuentra conformando una línea de cumbres de dirección andina que constituye a su vez la línea divisoria que separa la cuenca del río Mantaro con las cuencas de los ríos Chanchay y Chillón. Esta unidad geomorfológica exhibe geformas agrestes de modelado glaciar, algunas con restos de nieve permanente como el Nevado Alcaj, las cordilleras La Viuda y Puagjanca, alcanzando altitudes que varían de 4,800 a 5,400 msnm.

- **Lagunas Glaciares**

El emplazamiento de esta unidad geomorfológica se desarrolla en la parte alta del flanco oriental de la Cordillera Occidental, en cuyas depresiones se encuentran alojadas numerosas lagunas que han sido afectadas por la glaciación pleistocénica.

Algunas muestran todavía pequeños campos de nieve que cubren los nevados de Alca y de la Cordillera La Viuda; así como los efectos del actual retroceso glaciar generado como consecuencia del calentamiento global imperante. Las lagunas se han formado y alojado en las cubetas o depresiones que ha labrado el glaciar en su movimiento de avance pendiente abajo; estas lagunas en la mayoría de los casos se encuentran represadas por diques morrénicos (morrenas frontales) dejados durante el proceso del retroceso glaciar.

Entre algunas de las lagunas tenemos: Laguna de la Loma, Barrosococha, Cochauman Chico, Verdecocha, Minachacan, Pucacocha, Patacocha, San Miguel, Aguascocha y Laguna Tuctococha.

El desagüe natural de estas lagunas alimenta la red hídrica en esta parte de la cuenca alta del Mantaro.

- **Superficie Puna**

Esta unidad geomorfológica comprende la cuenca alta del río Mantaro hasta la presa de Malpaso y consiste en una extensa superficie suavemente ondulada que se desarrolla a altitudes de 3,800 a 4,800 msnm; sobre la cual destaca un conjunto de colinas y cerros de cimas truncadas por erosión que sobrepasan los 4,900 msnm como por ejemplo el Cerro Alpamarca. En el curso del cuaternario, la erosión glaciar y fluvial ha disectado este rasgo geomorfológico en numerosos valles, de modo que sus remanentes aparecen como superficies planas e interrumpidas, que se mantienen a un mismo nivel general.

2.3.5.5. *Geodinámica Externa*

Los procesos geodinámicos que ocurren en el área de estudio están relacionados directamente con las temporadas de fuertes precipitaciones (lluvia, nieve, granizo) que tienen lugar preferentemente de enero a marzo.

Estos procesos geodinámicos dan lugar a la generación de flujos de lodo, caídas de rocas y coluvios, dichos fenómenos geodinámicos son de poca magnitud y relevancia y no revisten mayor peligro para la seguridad de futuras obras que pudieran llevarse por motivo de proyecto de ampliación de producción de la mina.

2.3.6. **Clima**

El patrón de precipitaciones en las alturas de la cuenca del río Mantaro es el característico de la sierra central del Perú, con dos estaciones claramente diferenciadas: una temporada de lluvias que se extiende entre los meses de noviembre y abril, concentrando cerca del 80% de la precipitación media anual y una época de estiaje que se extiende entre los meses de mayo y octubre con un período bastante seco entre junio y agosto.

Es también típico de la zona las bajas temperaturas que se presentan, con fuertes gradientes diarios a lo largo de todo el año. Este clima eminentemente frío, da origen también a la formación de nieve o hielo en la línea de cumbres, entre los meses de junio y agosto principalmente con los consiguientes deshielos entre enero y marzo cuando la temperatura se eleva.

Según el mapa de clasificación climático del Perú, elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) con la información aproximada de datos meteorológicos de veinte años en promedio (1965-1984) y de acuerdo al sistema de clasificación de climas de Yerran Thornthwaite, la zona donde se emplaza la mina Alpamarca, corresponde al clima frío y seco, propio de la región Puna, con baja humedad relativa y presencia estacional de grandes precipitaciones.

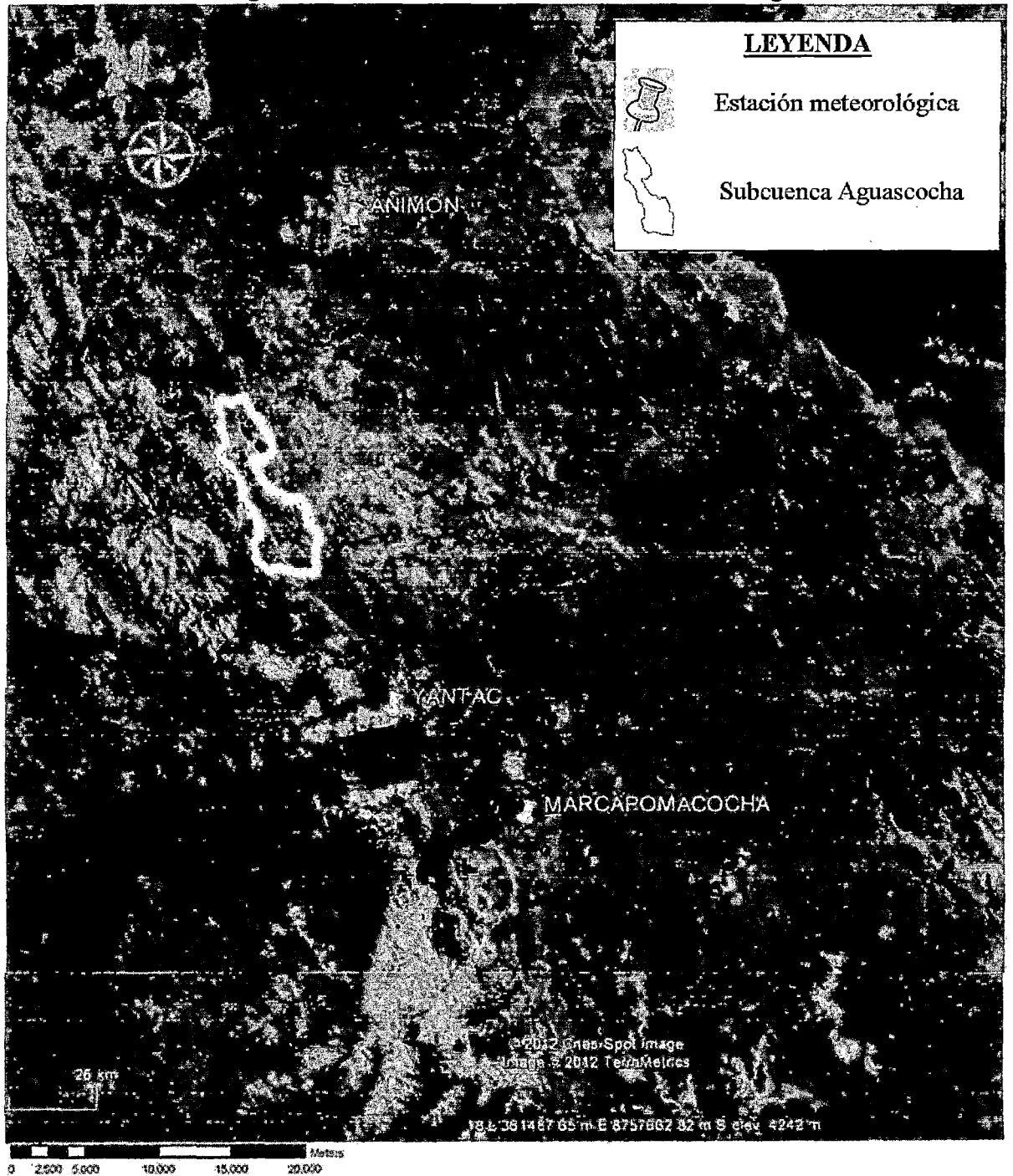
Se destacan dos estaciones claramente diferenciadas: una temporada de lluvias que se extiende entre los meses de diciembre a marzo, concentrando cerca del 80% de la precipitación media anual, y una época de estiaje que se extiende entre los meses de mayo a noviembre, con un período bastante seco entre junio y agosto. Es también una característica de la zona, las bajas temperaturas, con fuertes gradientes diarios a lo largo de todo el año. Este clima eminentemente frío da origen también a la formación de nieve o hielo glacial en la línea de cumbres entre los meses de junio y agosto principalmente, con los consiguientes deshielos entre enero y marzo, cuando la temperatura se eleva.

Para el desarrollo de la climatología se ha considerado la información meteorológica de la estación de la mina Animón, comprendiendo desde el año 2002 al 2008; así como información de la Estación Marcapomacocha del SENAMHI.

2.3.6.1. Precipitación

Para evaluar la precipitación se ha considerado información de la estación meteorológica Animón, ubicada a 4620 msnm y a 20km de distancia. Esta estación es operada por la Empresa Administradora Chungar S.A.C., desde el año 2002 hasta la actualidad. Se considera representativa esta estación para la zona del proyecto por su altitud y distancia. La altitud del proyecto es de 4730 msnm, es decir solo hay una diferencia de altitud con respecto a la estación de 110m. En el cuadro siguiente se muestra la precipitación a nivel mensual para dicha estación, desde que empezó a operar en el año 2002.

Figura N° 3. Ubicación de Estaciones Meteorológicas



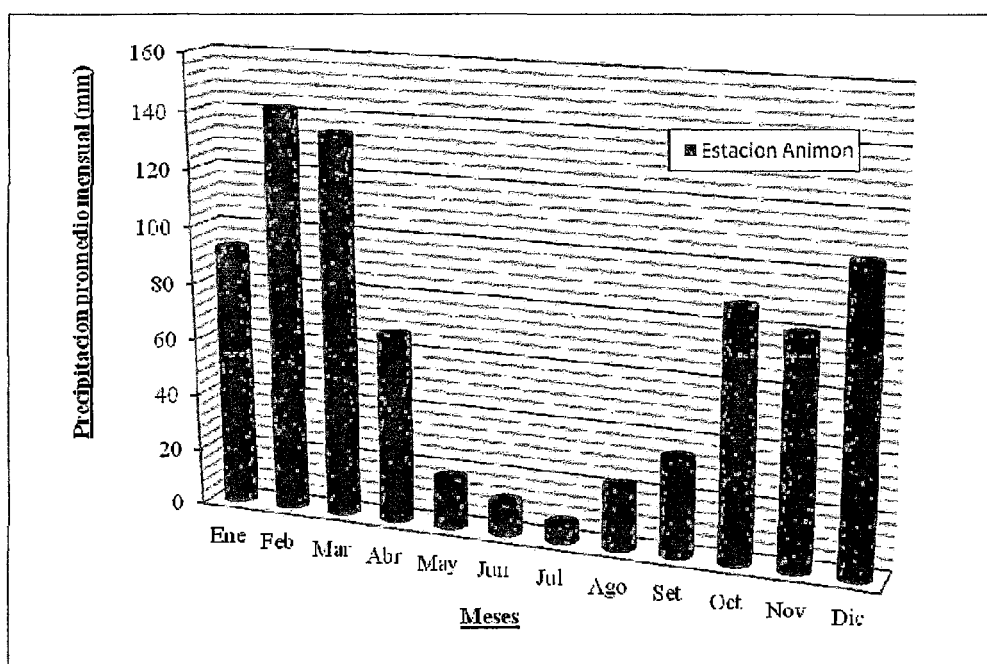
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 15. Precipitación Total mensual. Estación Animón.

Año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Oct.	Nov.	Dic.	Total Anual
2002	100.0	99.0	176.0	87.5	49.0	25.0	0.0	9.5	4.1	24.2	143.7	114.8	832.8
2003	91.5	172.4	161.0	96.4	35.1	0.0	0.0	22.3	23.4	32.4	40.6	182.8	857.9
2004	65.5	228.1	130.2	64.7	20.2	34.0	13.4	28.4	51.9	122.2	86.0	212.9	1057.5
2005	106.3	162.5	167.0	63.4	8.0	0.0	5.0	27.99	0.0	104.4	0.0	87.8	732.4
2006	161.0	109.2	146.4	118.2	5.4	19.8	10.0	36.4	70.0	62.8	112.8	117.2	969.2
2007	0.0	108.8	84.2	0.0	0.0	0.0	13.8	14.0	70.0	134.4	115.6	0.0	540.8
2008	122.0	110.2	72.6	35.8	5.4	2.0	2.4	16.0	22.2	133.2	64.2	22.2	608.2
Prom	92.3	141.5	133.9	66.6	17.6	11.5	6.4	22.1	34.5	87.7	80.4	105.4	799.8

Fuente: Empresa Administradora Chungar S.A.C.

En la figura siguiente se muestra la variación a nivel mensual de la precipitación en la estación Animón.

Figura N° 4 Variación de la Precipitación Mensual. Estación Animón.

Fuente: Elaboración propia.

De manera complementaria, se ha recopilado información pluviométrica de la estación Marcapomacocha, operada en la actualidad por el SENAMHI, teniendo registros de los últimos 20 años. Dicha estación se ubica a 25km de distancia del área y a una altitud de 4479 msnm.

Cuadro N° 16. Precipitación Total mensual. Estación Marcapomacocha.

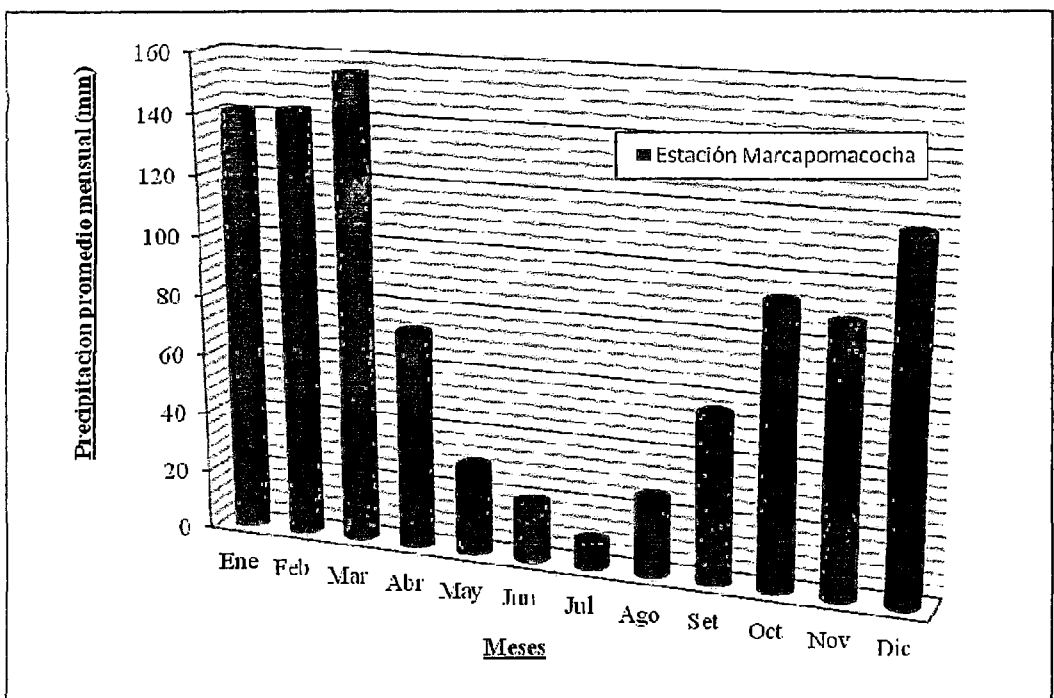
Año	Ene	Feb	Mar	Abr.	Muy	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Oct.	Nov.	Dic.	Total Anual
1989	152.0	224.6	131.6	72.9	46.2	41.2	15.4	54.6	48.2	130.7	54.6	30.8	1002.8
1990	248.7	53.2	150.2	66.1	53.4	109.2	8.8	18.6	97.0	177.6	207.6	160.6	1351.0
1991	140.6	71.6	224.0	64.4	103.6	30.4	1.0	0.0	55.8	93.2	40.7	76.2	901.5
1992	102.4	130.0	153.4	48.9	12.4	34.8	4.6	36.0	34.6	154.0	61.8	36.8	809.7
1993	293.1	241.6	264.4	261.6	17.6	0.0	7.0	9.6	48.8	58.7	186.9	144.8	1534.1
1994	190.6	173.1	198.6	54.9	30.9	8.7	3.2	24.9	50.9	33.7	59.1	117.2	945.8
1995	78.7	95.1	133.0	64.7	24.6	9.6	7.7	5.8	41.1	83.7	35.1	91.9	671.0
1996	122.8	128.4	86.0	70.3	37.3	0.9	0.0	26.0	35.6	62.4	57.6	93.5	720.8
1997	135.9	200.8	66.4	38.1	19.8	2.6	7.7	74.8	59.3	71.4	117.8	167.5	962.1
1998	93.9	144.1	134.5	42.7	4.8	26.5	0.0	13.6	74.4	115.5	42.1	86.2	778.3
1999	149.5	249.1	161.4	84.5	30.5	21.5	19.2	21.5	89.2	85.1	92.5	140.5	1144.5
2000	140.6	141.9	154.8	72.5	29.8	19.7	9.2	26.0	55.8	93.2	88.3	117.2	949.0
2001	140.6	141.9	154.8	72.5	29.8	19.7	9.2	26.0	55.8	93.2	88.3	117.2	949.0
2002	112.2	87.2	184.0	79.2	20.8	10.5	32.3	31.2	91.6	97.8	140.8	95.6	983.2
2003	88.9	160.8	155.9	82.0	31.2	2.1	7.8	34.2	61.1	51.2	82.5	176.0	933.7
2004	30.4	128.4	91.9	47.2	25.0	25.7	28.8	31.7	48.4	125.7	130.0	141.4	854.6
2005	103.1	130.7	124.4	37.1	15.7	2.4	5.1	13.0	23.9	44.4	33.3	129.7	662.8
2006	164.5	92.7	180.3	76.7	16.2	20.5	8.8	38.0	54.4	71.3	128.3	198.5	1050.2
2007	132.6	116.9	230.2	76.0	39.0	0.0	4.1	18.5	63.5	102.3	76.0	105.6	964.7
2008	190.5	125.6	116.1	37.0	6.9	7.4	4.7	16.4	26.1	119.2	42.2	117.2	809.3
Prom	140.6	141.9	154.8	72.5	29.8	19.7	9.2	26.0	55.8	93.2	88.3	117.2	948.9

Fuente: *Elaboración propia.*

La precipitación total anual promedio en dicho periodo es de 948.9 mm, siendo el mes que más precipita marzo con 154.8 mm y el mes de menor precipitación es julio con 9.2 mm.

En la figura siguiente se muestra la distribución a nivel mensual de la precipitación en la estación Marcapomacocha.

Figura N° 5. Precipitación Promedio Mensual. Estación Marcapomacocha.



Fuente: Elaboración propia.

Los eventos extremos en precipitación para la zona, solo son registrados por la estación Yantac, ubicada a 14 km de distancia y a una altitud de 4600 msnm. Se tiene información de la precipitación máxima en 24 horas desde el año 1969, es decir desde que comenzó a operar la estación. Dichos registros son mostrados en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 17 Precipitación Máxima en 24 horas (mm) Estación Yantac

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1969	21.90	1989	9.9
1970	23.20	1990	27.2
1971	25.00	1991	10.8
1972	19.70	1992	10.1
1973	27.50	1993	11.2
1974	35.00	1994	18.0
1975	33.40	1995	19.7
1976	28.5	1996	17.7
1977	15.1	1997	26.2
1978	27.0	1998	28.6
1979	23.1	1999	24.9
1980	25.2	2000	35.6
1981	31.4	2001	28.1
1982	12.3	2002	19.5
1983	15.3	2003	29.3
1984	16.7	2004	16.5
1985	10.0	2005	12.3
1986	12.4	2006	31.6
1987	10.7	2007	14.1
1988	12.5	2008	17.5

Fuente: SENAMHI.

El promedio de la precipitación máxima en 24 horas es de 20.9 mm.

2.3.6.2. Temperatura

Según la información meteorológica de la estación Animón, operada por la Empresa Administradora Chungar S.A.C., en el año 2008, la temperatura media registrada fue de 3.1°C, siendo los meses de junio y septiembre los más fríos. En la figura siguiente se muestra la variación mensual de la temperatura para el periodo del año 2002 al 2008 registrado por la estación de Animón, seguido de la gráfica correspondiente al año 2008.

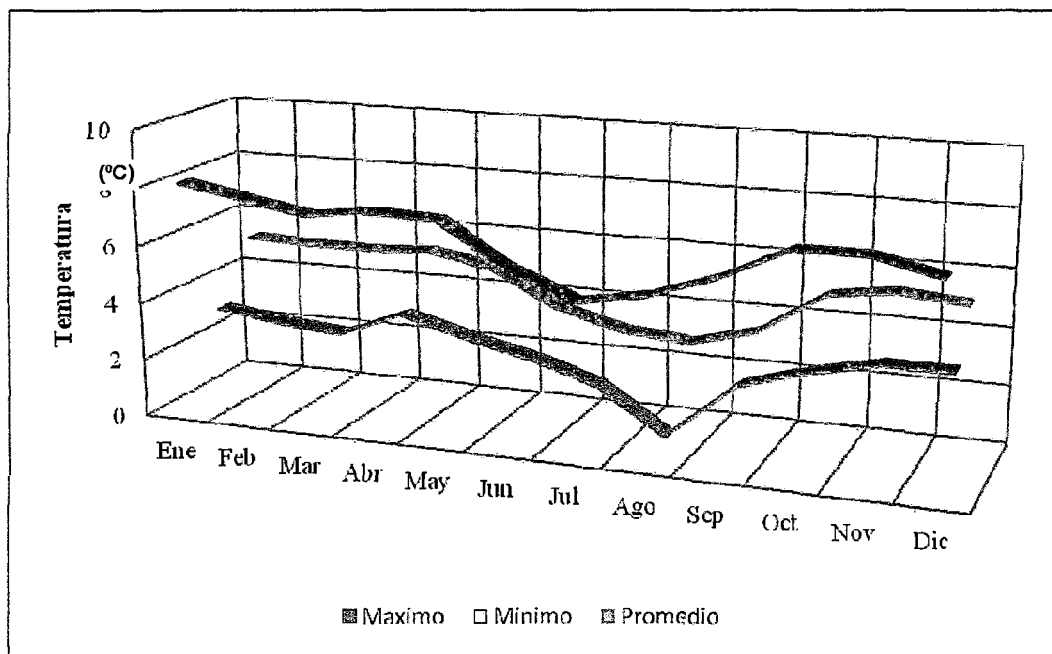
Cuadro N° 18 Temperatura Mensual (°C)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr.	May	Jún.	JuJ.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Promedio Anual
2002	4.2	5.5	6.8	5.2	5.6	3.3	2.4	0.2	2.8	4.5	4.7	4.6	4.1
2003	6.4	5	5	5.1	3.3	3	2.5	3.1	3.5	7.5	7.5	6.7	4.6
2004	7	7.1	7.2	7.6	7.4	5.4	5.1	5.6	6.4	7.5	7.5	7	6.7
2005	8.1	7.7	7.3	7.5	7.5	6.1	5.2	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	7.1
2006	3.1	4	3.6	3.7	2.9	2.4	1.7	2.3	2.7	3.5	3.4	3.8	3.1
2007	4.3	3.9	3.3	3.5	3.5	2.4	1.9	2.6	2.2	2.9	3.6	3.4	3.1
2008	3.1	2.8	2.6	3.5	3.1	2.7	2.4	2.9	2.8	3.3	4.4	4.3	3.2
Máximo	8.1	7.7	7.3	7.6	7.5	6.1	5.2	5.6	6.4	7.5	7.5	7	7.1
Mínimo	3.1	2.8	2.6	3.5	2.9	2.4	1.7	0.2	2.2	2.9	3.4	3.4	3.1
Promedio	5.2	5.1	5.1	5.2	4.8	3.6	3.0	2.8	3.4	4.9	5.2	5.0	4.6

Fuente: Estación Animón 2002-2008

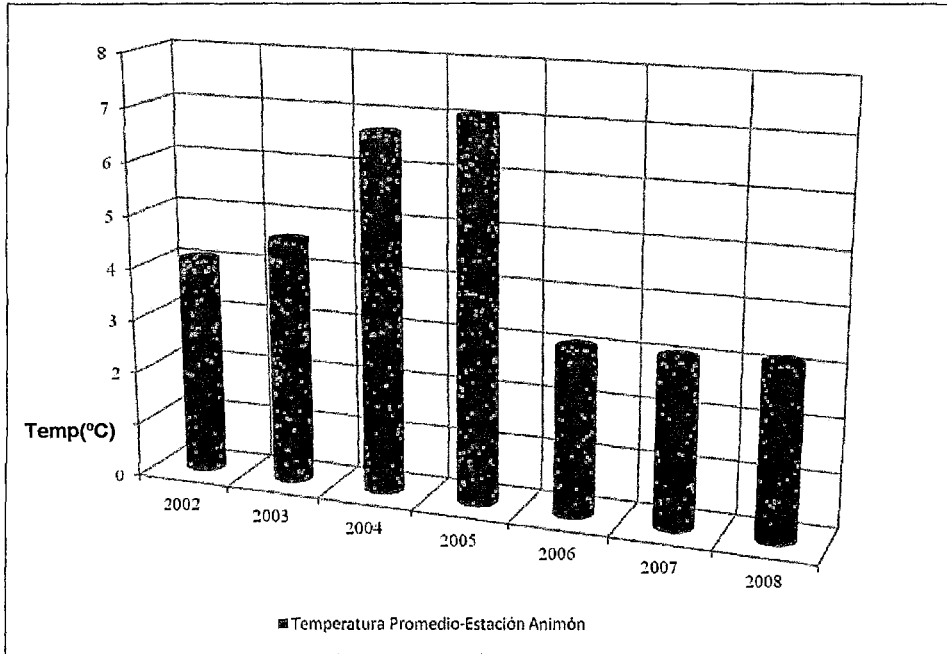
S/D:sin dato

Figura N° 6 Variación mensual de la Temperatura (°C) -Estación Animón.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°7 Variación anual de la Temperatura (°C)-Estación Animón.



Fuente: Elaboración propia.

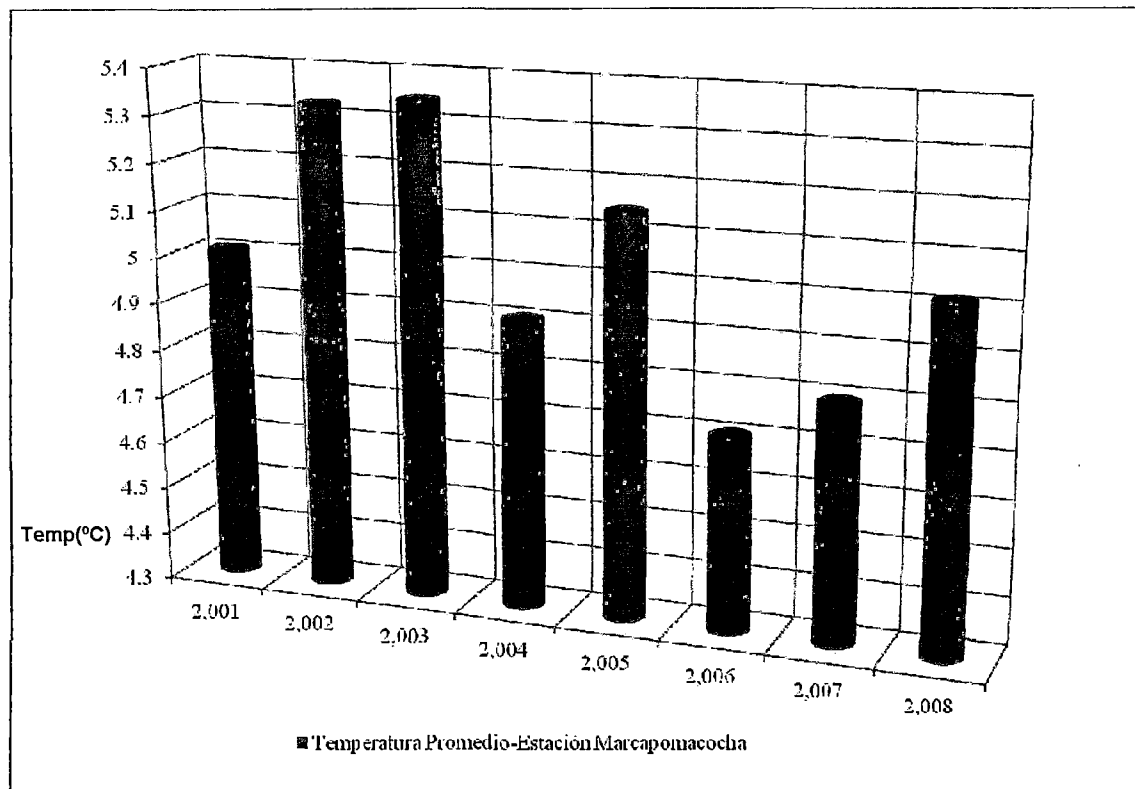
Complementariamente se tiene información de la estación meteorológica de Marcapomacochoa del SENAMHI.

Cuadro N° 19. Temperatura media Anual 2001 -2008. Estación Marcapomacochoa (°C)

Año	Temperatura Promedio Anual (°C)
2001	5
2002	5
2003	5
2004	4
2005	5
2006	4
2007	4
2008	5

Fuente: SENAMHI.

Figura N° 8 Variación anual de la Temperatura Estación Marcapomacocha



Fuente: Elaboración propia.

2.3.6.3. Humedad relativa

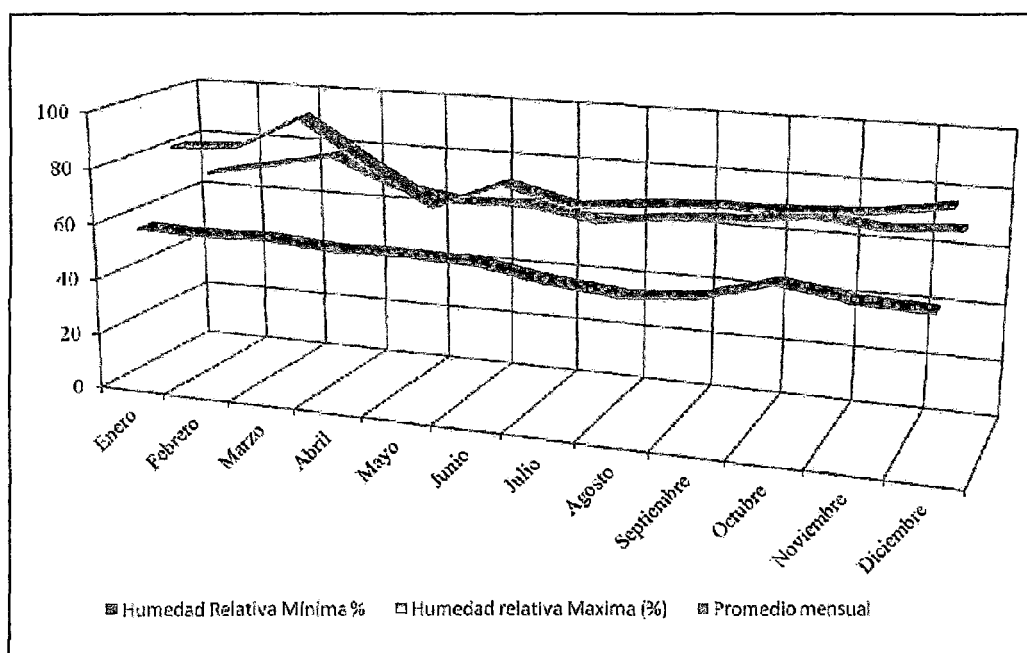
En los registros de humedad, correspondientes a la humedad relativa, tomados en la estación Animón, durante el periodo del año 2002 al año 2008, evidencia que la humedad relativa presenta fluctuaciones entre 60% a 80%, permaneciendo casi constante de 62% a lo largo del periodo, particularmente entre los meses abril a septiembre, sin embargo, las máximas si demuestran una variación brusca a lo largo del primer semestre del periodo evaluado. Ver cuadro y figura siguiente.

Cuadro N° 20 Humedad Relativa Mensual – Estación Animón, periodo 2002-2008

Fecha de Medición	Humedad Relativa Mínima%	Humedad Relativa Máxima%	Promedio mensual
Enero	57.40	82.2	67.65
Febrero	57.10	83.60	72.10
Marzo	57.50	96.00	77.48
Abril	55.80	80.80	67.27
Mayo	56.20	67.50	63.78
Junio	55.50	77.50	64.80
Julio	51.60	71.50	60.57
Agosto	49.10	74.10	64.10
Septiembre	51.00	75.56	65.35
Octubre	58.20	75.90	68.78
Noviembre	54.60	77.50	66.27
Diciembre	53.70	81.50	68.25

Fuente: Información brindada por CMA.

Figura N° 9. Humedad Relativa Periodo de 2002 – 2008 (%)



2.3.7. Hidrología

El sistema hidrológico de la zona del proyecto está formado por un conjunto de glaciares, lagunas altoandinas y ríos aportantes que suministran agua para uso poblacional, ganadería y para las operaciones minero-metalúrgicas.

2.3.7.1. Descripción de la cuenca

La subcuenca Aguascocha, resulta del paso del riachuelo Aguascocha. El río Aguascocha alimenta a la quebrada Casacancha, perteneciente a la Subcuenca del río Conocancha, afluente por la margen derecha del río Mantaro, en la Vertiente del Océano Atlántico.

Esta subcuenca tiene sus nacientes a altitudes aproximadas a 5250 m.s.n.m., en la Cordillera la Viuda, está ubicada en el extremo oeste de la región Junín. En su territorio, comprende aproximadamente 13 lagunas, entre las que destacan las lagunas Pucacocha, Verdecocha, Cochauman. En su ámbito se encuentra los parajes de Yuracmachay y Alpamarca. El curso principal es la quebrada Aguascocha, por otro lado destaca el cerro Alpamarca.

2.3.7.2. Hidrografía

Se tiene los siguientes parámetros hidrofisiográficos que proporcionan una referencia sobre las características topográficas y fisiográficas de la subcuenca Aguascocha, lo cual permitirá también conocer mejor su comportamiento hidrológico:

- Área de cuenca: 35.80 km²
- Perímetro: 36.50 km
- Nivel máximo: 5250 m.s.n.m.
- Nivel mínimo: 4550 m.s.n.m.
- Nivel medio: 4900 m.s.n.m.
- Longitud de la quebrada: 8.61 km
- Pendiente del río: 1.70%

- Índice de compacidad: 1.72 (indica la forma alargada de la cuenca)
- Factor de forma: 0.48

Como puede observarse, el Índice de Compacidad y el Factor de Forma, reflejan la forma alargada de la cuenca, lo cual contribuirá a atenuar los caudales de avenidas y a reducir por tanto la escorrentía. Este aspecto se ve complementado también por la baja pendiente (1,7%) del río.

2.3.7.3. Caudales Medios

Debido a la ausencia de datos de caudales medios históricos que discurre por la zona de estudio. Se decidió aplicar el Método de Regionalización Hidrológica basado en la correlación de los parámetros hidrofisiográficos de otras cuencas cercanas; estos parámetros son: el área de las cuencas y los caudales registrados en las estaciones hidrométricas existentes.

Se procedió a aplicar esta metodología, desarrollando los siguientes pasos:

- Recopilación de información de caudales registrados en estaciones próximas al área del estudio.
- Correlación de la Información de Caudales recopilados vs Área de cuenca.
- Correlación entre los valores medio multianuales de Caudal medio multianual, para las estaciones seleccionadas.
- Aplicación de la expresión matemática obtenida al área de cuenca involucrada.

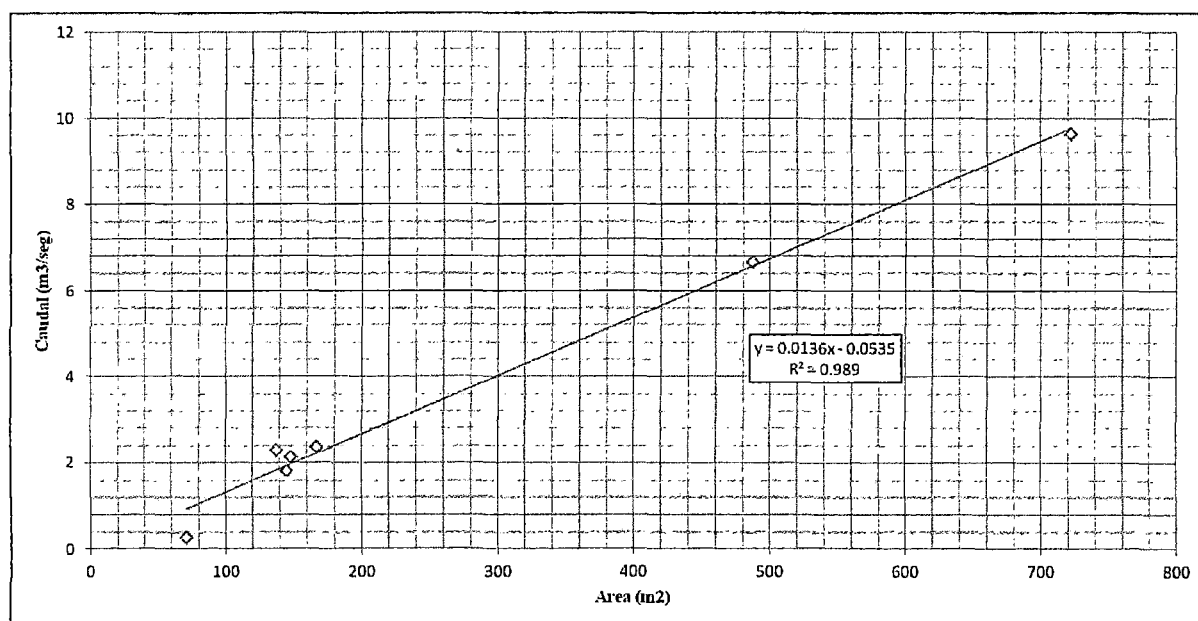
En el cuadro y gráfico siguientes se presentan las estaciones utilizadas para la correlación y además puede observarse la tendencia de la correlación, la cual confirma la aplicabilidad del método seleccionado.

Cuadro N° 21. Estaciones Correlacionadas de la cuenca Mantaro.

Estación	Área (km ²)	Caudal Medio (m ³ /s)
Río Pallanga	137	2.28
Pachacayo	722	9.64
Cochas Túnel	487	6.66
Pomacocha	166	2.35
Huascacocha	71	0.27
Marcapomacocha	147	2.13
Canchayoc	144	1.8

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 10. Correlación Caudal Medio vs Área de Cuenca



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que hay una muy buena correlación ($r = 0,989$) entre el área de las estaciones hidrométricas y el caudal medio multianual.

A partir de esta correlación, y considerando el área de la subcuenca Aguascocha se ha estimado el caudal medio correspondiente, que equivale a $0.43338\text{m}^3/\text{s}$.

Para la generación de caudales medios mensuales en la subcuenca Aguascocha se ha tomado en cuenta a la estación hidrométrica Río Pallanga, cuyos registros se muestran a continuación.

ESTACION :	Río Pallanga	LATITUD:	11° 11' Sur
CUENCA:	Mantaro	LONGITUD:	76° 20'Oeste
RIO : rendl/s/km ²	Tambo 15.19	ELEVACION: AREA:	4230 m.s.n.m 150.2 km ²

Cuadro N° 22. Caudales Medios Mensuales (m³/s)- Río Pallanga.

Año	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1969	0.51	3.12	2.59	4.36	0.80	0.37	0.26	0.21	0.23	0.67	0.61	3.03	1.40
1970	4.98	3.29	3.13	4.01	1.82	0.61	0.46	0.32	0.81	0.80	0.47	2.26	1.91
1971	3.19	5.36	5.88	2.87	0.52	0.27	0.23	0.25	0.17	0.61	0.28	2.58	1.85
1972	3.83	3.23	9.53	4.61	0.78	0.35	0.25	0.17	0.22	0.33	0.26	1.06	2.05
1973	5.91	7.45	10.0	5.72	1.77	0.56	0.36	0.24	0.47	1.63	1.49	3.37	3.25
1974	5.30	6.85	5.70	3.03	0.85	0.40	0.29	0.30	0.31	0.43	0.27	0.47	2.02
1975	3.67	3.12	8.13	1.43	1.61	0.82	0.33	0.28	0.36	0.47	0.42	0.73	1.78
1976	4.48	6.92	5.22	1.91	0.57	0.40	0.21	0.16	0.22	0.14	0.20	0.24	1.72
1977	1.66	5.95	4.75	1.68	1.18	0.26	0.19	0.12	0.12	0.13	2.44	3.24	1.81
1978	2.83	10.38	5.97	1.28	0.55	0.19	0.16	0.16	0.40	0.21	1.45	1.31	2.07
1979	0.51	2.32	12.6	6.60	0.97	0.11	0.18	0.13	0.17	0.28	0.46	3.21	2.30
1980	12.53	6.35	8.93	6.51	1.05	0.11	1.05	0.79	0.37	0.37	1.82	4.86	3.73
1981	7.24	12.72	11.7	7.31	2.01	0.67	0.56	0.42	0.49	0.29	0.50	1.34	3.77
Media	4.36	5.93	7.25	3.95	1.11	0.39	0.35	0.27	0.33	0.49	0.82	2.13	2.28

Fuente: SENAMHI.

Con el caudal medio multianual determinado para Aguascocha (0.765 m³/s) y tomando como referencia para la distribución de caudales medios mensuales (Matriz Adimensional) a la estación Río Pallanga, que se encuentra próxima al estudio, se ha generado la serie de caudales para la quebrada Aguascocha, la misma que se muestra en el siguiente cuadro y figura.

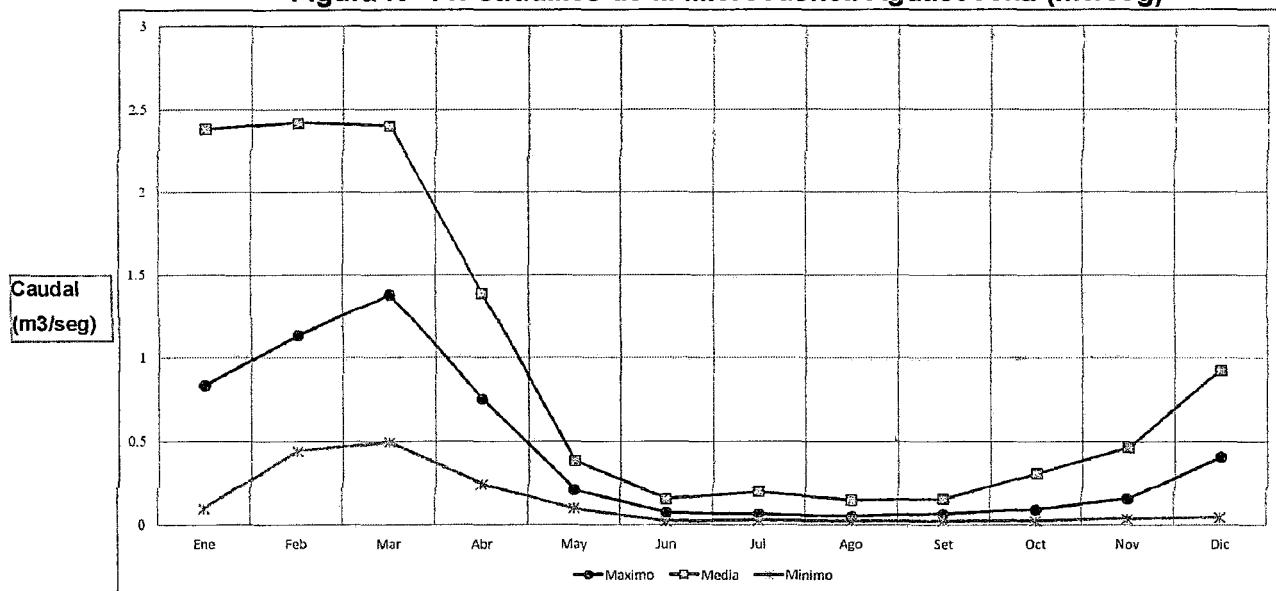
Cuadro N°23. Matriz Adimensional de Caudales - Estación Pallanga.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Oct.	Nov.	Dic.	Media
1969	0.22	1.37	1.14	1.91	0.35	0.16	0.11	0.09	0.10	0.29	0.27	1.33	0.61
1970	2.18	1.44	1.37	1.76	0.80	0.27	0.20	0.14	0.36	0.35	0.21	0.99	0.84
1971	1.40	2.35	2.58	1.26	0.23	0.12	0.10	0.11	0.07	0.27	0.12	1.13	0.81
1972	1.68	1.42	4.18	2.02	0.34	0.15	0.11	0.07	0.10	0.14	0.11	0.46	0.90
1973	2.59	3.27	4.40	2.51	0.78	0.25	0.16	0.11	0.21	0.71	0.65	1.48	1.43
1974	2.32	3.00	2.50	1.33	0.37	0.18	0.13	0.13	0.14	0.19	0.12	0.21	0.89
1975	1.61	1.37	3.57	0.63	0.71	0.36	0.14	0.12	0.16	0.21	0.18	0.32	0.78
1976	1.96	3.04	2.29	0.84	0.25	0.18	0.09	0.07	0.10	0.06	0.09	0.11	0.75
1977	0.73	2.61	2.08	0.74	0.52	0.11	0.08	0.05	0.05	0.06	1.07	1.42	0.79
1978	1.24	4.55	2.62	0.56	0.24	0.08	0.07	0.07	0.18	0.09	0.64	0.57	0.91
1979	0.22	1.02	5.54	2.89	0.43	0.05	0.08	0.06	0.07	0.12	0.20	1.41	1.01
1980	5.50	2.79	3.92	2.86	0.46	0.05	0.46	0.35	0.16	0.16	0.80	2.13	1.64
1981	3.18	5.58	5.14	3.21	0.88	0.29	0.25	0.18	0.21	0.13	0.22	0.59	1.65
Media	1.91	2.60	3.18	1.73	0.49	0.17	0.15	0.12	0.14	0.21	0.36	0.93	1.00

Cuadro N°24. Caudales Medios Mensuales. Quebrada Aguascocha

Año	Ene	Feb.	Mar	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Oct.	Nov.	Dic.	Media
196	0.10	0.59	0.49	0.83	0.15	0.07	0.05	0.04	0.04	0.13	0.12	0.58	0.27
197	0.95	0.63	0.59	0.76	0.35	0.12	0.09	0.06	0.15	0.15	0.09	0.43	0.36
197	0.61	1.02	1.12	0.55	0.10	0.05	0.04	0.05	0.03	0.12	0.05	0.49	0.35
197	0.73	0.61	1.81	0.88	0.15	0.07	0.05	0.03	0.04	0.06	0.05	0.20	0.39
197	1.12	1.42	1.91	1.09	0.34	0.11	0.07	0.05	0.09	0.31	0.28	0.64	0.62
197	1.01	1.30	1.08	0.58	0.16	0.08	0.06	0.06	0.06	0.08	0.05	0.09	0.38
197	0.70	0.59	1.55	0.27	0.31	0.16	0.06	0.05	0.07	0.09	0.08	0.14	0.34
197	0.85	1.32	0.99	0.36	0.11	0.08	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.33
197	0.32	1.13	0.90	0.32	0.22	0.05	0.04	0.02	0.02	0.02	0.46	0.62	0.34
197	0.54	1.97	1.13	0.24	0.10	0.04	0.03	0.03	0.08	0.04	0.28	0.25	0.39
197	0.10	0.44	2.40	1.25	0.18	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.09	0.61	0.44
198	2.38	1.21	1.70	1.24	0.20	0.02	0.20	0.15	0.07	0.07	0.35	0.92	0.71
198	1.38	2.42	2.23	1.39	0.38	0.13	0.11	0.08	0.09	0.06	0.10	0.25	0.72
Media	0.83	1.13	1.38	0.75	0.21	0.07	0.07	0.05	0.06	0.09	0.16	0.40	0.43
Máx.	2.38	2.42	2.40	1.39	0.38	0.16	0.20	0.15	0.15	0.31	0.46	0.92	0.72
Mín.	0.10	0.44	0.49	0.24	0.10	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.27

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 11. Caudales de la Microcuenca Aguascocha (m³/seg)

Fuente: Elaboración propia

Puede observarse que es muy marcada la distribución de caudales a nivel mensual, destacándose que durante los cuatro primeros meses del año, se tiene caudales medios por encima de $0.5\text{m}^3/\text{s}$, los que son consecuencia del efecto amortiguador de las lagunas emplazadas en la parte alta, y de no contarse con estos factores, se esperaría que este valor sea menor. Desde mayo hasta noviembre se tiene caudales medios por debajo de $0.5\text{m}^3/\text{s}$, determinando así la época de estiaje.

2.3.7.4. Red de monitoreo de agua superficial

En los siguientes cuadros se presenta la ubicación y descripción de los puntos de monitoreo de aguas superficiales que han sido evaluados en el presente estudio.

El plano de ubicación se encuentra en el Anexo H.

Cuadro N°25. Puntos de Monitoreo de Aguas superficiales

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Cota (msnm)
		Norte	Este	
M-5	Laguna San Miguel	8'760,340	340,923	4642
M-6	Intersección de los riachuelos Aguascocha y Tuctococha	8'757,058	342,387	4524
M-1	Manantial para agua de consumo doméstico, ubicado en la parte sur del campamento	8'758,972	340,784	4577
M-4	Laguna Aguascocha, receptor del nivel 400 en contacto con relaves antiguos	8'759,428	340,019	4585

Fuente: Compañía minera Alpamarca.

2.3.7.5. Balance hídrico

El balance hídrico es una evaluación de los principales componentes del sistema hidrológico e incluye la interacción agua superficial - agua subterránea. El balance hídrico es un registro contable de los ingresos y salidas de agua, el cual puede ser simplificado en base anual como:

$$\text{Precipitación} = \text{Evapotranspiración} + \text{Escoorrentía} + \text{Infiltración} + \Delta$$

En la subcuenca Aguascocha, el principal ingreso de agua es la precipitación y la principal salida es la evaporación, transpiración de las plantas y escoorrentía.

Debido a la falta de datos de caudal en el área, el flujo base del río y la escoorrentía fueron estimadas aplicando el Método de Regionalización Hidrológica, con la información hidrométrica obtenida de las estaciones de la cuenca del Mantaro, dándonos un caudal medio anual de 433.4 Lps.

La precipitación anual en el área es 949 mm. La evapotranspiración fue estimada utilizando la ecuación de Thornwhaite (1948), corrigiéndose con el factor de corrección por latitud dándonos un valor de 234.59 mm.

La recarga de la napa freática se da con la infiltración, la cuales parte de la precipitación que llega a la zona saturada del acuífero.

Normalmente, sólo un pequeño porcentaje de la precipitación anual recargará el suelo.

Generalmente, la recarga se encuentra en el rango de 3 a 40%, estando los valores más bajos relacionados a las áreas secas cubiertas por rocas de baja permeabilidad y los valores más altos a las áreas con alta precipitación cubiertas con rocas de alta permeabilidad. En base a valores estimados de flujo base, el valor de recarga promedio para la cuenca es aproximadamente el 15% de la precipitación total.

Cuadro N°26. Características principales de lagunas

Laguna	Área (m ²)	Profundidad media (m)	Volumen De regulación (m ³)
San Miguel	45156.25	0.4	18063
Tuctococha	1788906.25	0.8	1431125
Aguascocha	232806.25	0.4	93123
Patacocha	48400	0.5	24200
la Loma	770006.25	0.5	385003
Barrosococha	462400	0.5	231200
Cochauman	140625	0.5	70313
Verdecocha	640000	0.5	320000
Minachacan	805506.25	0.5	402753
Pucacocha	150156.25	0.5	75078
Cochauman Chico	168100	0.5	84050
Total			3134907

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del balance hídrico, considerando datos de estaciones cercanas desde 1989 indican que los flujos superficiales pico en la subcuenca ocurrieron el mes de marzo, alcanzando los 1378 l/s. El valor promedio del flujo base para un año de precipitación normal fue de aproximadamente 404.87 l/s.

Este flujo base podría mantener el flujo de la quebrada Aguascocha a lo largo del año con flujos estimados durante la estación seca entre los 51.32 y los 66.53 l/s.

Del cuadro N° 27, donde se muestran los resultados del balance hídrico podemos concluir que el régimen hidrológico en el área de la subcuenca Aguascocha está dominado por la precipitación durante los meses de diciembre a marzo, notándose un exceso al realizar el balance hídrico, este exceso de agua podría estar recargando la napa freática o podría estar derivándose hacia otra cuenca aledaña. El modelo conceptual, que se desarrollara esclarecerá este comportamiento.

Por otro lado durante los meses de estiaje de abril y agosto se nota un déficit de agua, el que se verá regulado con el sistema de lagunas que se encuentran en la cabecera de la cuenca y las reservas que se encuentran en las formaciones geológicas.

Cuadro 27. Balance hídrico

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación mensual (Lps)	1941.93	1959.88	2138.06	1001.35	411.59	272.09	127.07	359.10	770.69	1287.25	1219.58	1618.73
Escorrentía (Lps)	828.74	1127.17	1378.07	750.81	210.99	74.13	66.53	51.32	62.73	93.14	155.86	404.87
Evapotranspiración (Lps)	273.64	241.04	258.25	239.44	246.11	260.56	286.24	302.17	282.69	266.81	261.43	277.35
Infiltración (Lps)	291.29	293.98	320.71	150.20	61.74	40.81	19.06	53.87	115.60	193.09	182.94	242.81
Diferencia (Lps)	548.25	297.70	181.02	-139.10	-107.24	-103.42	-244.76	-48.25	309.68	734.21	619.35	693.71

Fuente: Elaboración propia

	Ene	Feb	Mar	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Precipitación mensual (mm)	140.60	141.90	154.80	72.50	29.80	19.70	9.20	26.00	55.80	93.20	88.30	117.20	949.00
Escorrentía (mm)	60.00	81.61	99.78	54.36	15.28	5.37	4.82	3.72	4.54	6.74	11.28	29.31	376.81
Evapotranspiración (mm)	20.09	17.69	18.96	17.58	18.07	19.13	21.01	22.18	20.75	19.59	19.19	20.36	234.59
Infiltración (mm)	21.09	21.29	23.22	10.88	4.47	2.96	1.38	3.90	8.37	13.98	13.25	17.58	142.35
Diferencia (mm)	39.42	21.31	12.85	-10.31	-8.01	-7.75	-18.01	-3.80	22.14	52.89	44.58	49.95	195.25

Fuente: Elaboración propia

2.3.8. Hidrogeología

2.3.8.1. Estudio Geotécnico

Con la finalidad de obtener parámetros geotécnicos de la zona de estudio, se ha recopilado la información de perforación de los siguientes sondajes o comúnmente llamados perforaciones de exploración.

Cuadro N°28. Perforación de exploración

Sondaje	Coordenadas		Cota (m.s.n.m.)	Profundidad ejecutada (m)
	Norte	Este		
SA-4	8'760,314.22	341,421.08	4,745.32	50.00
SA-5	8'759,634.99	340,502.99	4,595.84	35.20
SA-6	8'760,023.96	341,643.53	4,690.84	38.60
SA-7	8'759,480.99	341,237.11	4,638.37	35.00
SA-8	8'759,299.29	341,679.95	4,658.95	35.10
SA-9	8'758,980.87	341,070.12	4,613.14	35.00
SA-10	8'758,837.39	341,692.09	4,665.75	35.00
SA-11	8'758,918.43	342,482.41	4,670.93	37.40
SA-12	8'759,264.89	341,984.17	4,667.10	35.00
SA-13	8'759,236.84	342,168.47	4,668.28	35.20
P-1	8'760,745.75	340,675.89	4,665.77	14.35
P-2	8'760,654.27	340,7006.75	4,658.76	30.30
P-3	8'760,653.77	340,768.57	4,654.92	30.40
P-4	8'760,655.43	340,821.00	4,646.74	20.00
P-5	8'760,652.13	340,910.52	4,653.34	35.20
P-7	8'760,608.08	340,821.72	4,644.16	15.00
SA-1	8'760,976.2	341,148.6	4,706.68	10.00
SA-2	8'760,844.4	340,795.4	4,652.94	24.00
SA-3A	8'760,554.8	340,807.2	4,641.43	6.45
SA-3B	8'760,333.6	340,605.3	4,635.01	10.45
P-6	8'760682.2	340,827.3	4,647.47	10.05

Fuente: Compañía minera Alpamarca

2.3.8.2. Ensayos de Permeabilidad

Para conocer las condiciones hidráulicas que se encuentran en el subsuelo, la compañía minera Alpamarca ha ejecutado ensayos de permeabilidad.

A continuación se muestra un cuadro resumen con los ensayos de permeabilidad ejecutados.

Cuadro N°29. Ensayos de permeabilidad Lefranc⁽¹⁾

Sondaje	Profundidad de ensayo (m)	Permeabilidad K (cm/seg)	Tipo de Material
SA-1	8.00 – 10.00	9.771×10^{-6}	Arcilla gravosa
SA-2	6.00 – 8.00	8.160×10^{-5}	Suelo orgánico limoso arcilloso
	8.00 – 10.00	5.360×10^{-5}	Suelo orgánico limoso arcilloso
	12.00 – 14.00	7.886×10^{-6}	Arcilla inorgánica
	16.00 – 18.00	5.032×10^{-5}	Arena arcillosa
SA-3A	2.00 – 2.80	5.301×10^{-5}	Suelo orgánico
	5.00 – 6.00	1.228×10^{-3}	Gravas arenosas
SA-3B	3.00 – 3.60	7.634×10^{-6}	Arcilla gravosa
	8.00 – 9.00	9.328×10^{-5}	Grava arcillosa
	9.50 – 10.30	6.877×10^{-6}	Arcilla gravosa
SA-4	6.20 – 6.40	6.094×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	12.00 – 12.10	4.941×10^{-3}	Calcarenita fracturada
	18.30 – 18.40	4.094×10^{-3}	Calcarenita fracturada
	24.00 – 24.40	8.809×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	28.90 – 30.40	2.684×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	38.00 – 39.40	1.491×10^{-4}	Calcarenita fracturada
SA-5	44.00 – 45.40	1.612×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	9.00 – 10.00	3.028×10^{-2}	Calcarenita fracturada
	19.00 – 20.00	4.858×10^{-3}	Calcarenita fracturada
SA-6	34.20 – 35.20	3.062×10^{-3}	Marga fracturada
	6.00 – 6.30	2.278×10^{-2}	Marga fracturada
	11.30 – 12.80	5.950×10^{-3}	Marga fracturada

	18.50 – 20.50	2.389×10^{-3}	Marga fracturada
	24.50 – 25.00	Fuga	Marga fracturada
	29.00 – 30.00	Fuga	Marga fracturada
SA-7	4.40 – 5.00	7.157×10^{-5}	Limos arcillosos
	12.40 – 13.00	2.694×10^{-3}	Marga fracturada
	18.00 – 18.40	4.432×10^{-3}	Marga fracturada
	33.40 – 35.00	5.224×10^{-2}	Marga fracturada
SA-8	5.60 - 6.00	1.654×10^{-2}	Marga fracturada
	10.50 - 12.50	2.741×10^{-6}	Marga fracturada
	15.00 - 17.00	8.300×10^{-4}	Marga fracturada
	19.00 - 21.00	6.620×10^{-4}	Marga fracturada
	24.00 - 26.00	1.041×10^{-3}	Marga fracturada
	28.10 - 30.10	8.775×10^{-4}	Marga fracturada
	33.10 - 35.10	8.891×10^{-4}	Marga fracturada
SA-9	9.20 – 9.40	1.099×10^{-4}	Marga fracturada
	15.20 – 15.40	1.113×10^{-2}	Marga fracturada
	21.40 – 22.00	6.784×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	27.40 – 28.00	1.611×10^{-3}	Marga fracturada
	33.40 – 35.00	3.700×10^{-3}	Calcarenita fracturada
SA-10	3.00 - 5.00	1.719×10^{-4}	Marga fracturada
	9.70 - 11.70	6.533×10^{-4}	Marga fracturada
	15.60 - 17.60	7.156×10^{-4}	Marga fracturada
	23.40 - 25.60	1.403×10^{-6}	Marga fracturada
	30.00 - 32.00	2.390×10^{-4}	Marga fracturada
	33.00 – 35.00	2.382×10^{-4}	Marga fracturada
SA-11	2.00 - 4.00	1.366×10^{-2}	Gravas mal graduadas
	6.00 - 8.00	6.665×10^{-3}	Calizas fracturadas
	13.25 – 14.25	2.970×10^{-4}	Calizas fracturadas
	18.50 – 23.40	7.095×10^{-6}	Calizas fracturadas

	34.00 - 36.10	1.028×10^{-5}	Calizas fracturadas
SA-12	5.90 - 6.50	2.061×10^{-3}	Marga fracturada
	9.50 - 10.00	2.026×10^{-3}	Marga fracturada
	15.30 - 15.80	7.406×10^{-4}	Marga fracturada
	19.80 - 20.30	2.103×10^{-5}	Marga fracturada
	25.50 - 26.00	1.033×10^{-5}	Marga fracturada
	30.50 - 32.00	6.134×10^{-6}	Marga fracturada
	33.00 - 35.00	4.406×10^{-6}	Marga fracturada
SA-13	11.20 - 11.90	1.716×10^{-2}	Marga fracturada
	21.30 - 22.80	4.722×10^{-3}	Marga fracturada
	28.00 - 29.30	4.370×10^{-3}	Marga fracturada
	34.40 - 35.20	5.731×10^{-3}	Marga fracturada
P-1	3.00 - 5.00	5.603×10^{-3}	Calcarenita fracturada
	6.35 - 8.40	3.290×10^{-3}	Calcarenita fracturada
	12.00 - 14.00	1.176×10^{-3}	Calcarenita fracturada
	18.40 - 20.40	2.378×10^{-3}	Calcarenita fracturada
	23.00 - 25.00	2.738×10^{-3}	Calcarenita fracturada
P-2	1.00 - 3.00	1.608×10^{-2}	Marga fracturada
	4.00 - 6.00	6.100×10^{-3}	Marga fracturada
	7.00 - 9.00	3.920×10^{-3}	Marga fracturada
	10.00 - 13.00	3.528×10^{-3}	Marga fracturada
	16.00 - 18.00	3.740×10^{-3}	Marga fracturada
	20.00 - 22.00	3.009×10^{-3}	Marga fracturada
	26.00 - 28.00	2.898×10^{-3}	Marga fracturada
P-3	3.20 - 5.20	4.800×10^{-3}	Marga fracturada
	6.80 - 7.50	2.849×10^{-3}	Marga fracturada
	11.40 - 12.40	1.995×10^{-3}	Marga fracturada
	17.40 - 18.40	1.212×10^{-3}	Marga fracturada
	23.40 - 24.40	1.566×10^{-3}	Calcarenita fracturada

	29.40 – 30.40	1.394×10^{-3}	Calcarenita fracturada
P-4	2.00 – 2.80	3.408×10^{-5}	Suelo orgánico arcilloso
	9.00 – 9.60	6.516×10^{-3}	Marga fracturada
	12.00 – 13.20	5.184×10^{-3}	Marga fracturada
	19.00 – 19.50	7.884×10^{-3}	Marga fracturada
P-5	3.20 – 4.40	5.722×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	4.40 – 6.40	1.664×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	7.50 – 10.50	8.653×10^{-4}	Calcarenita fracturada
	13.90 – 16.40	5.473×10^{-4}	Marga fracturada
	16.50 – 19.00	1.416×10^{-3}	Marga fracturada
	18.50 – 21.00	9.813×10^{-4}	Marga fracturada
	22.00 – 25.00	1.328×10^{-3}	Marga fracturada
P-6	2.00 – 4.00	2.736×10^{-5}	Suelo orgánico arcilloso
	8.00 – 10.00	7.111×10^{-6}	Arcilla gravosa
P-7	5.60 – 6.20	6.535×10^{-3}	Marga fracturada
	12.10 – 13.10	6.609×10^{-3}	Marga fracturada

Fuente: Compañía minera Alpamarca

- (1) El ensayo lefranc se utiliza para medir coeficientes de permeabilidad. El ensayo se efectúa en el interior del sondaje, rellenando de agua el sondeo y midiendo el caudal necesario para mantener el nivel constante durante un tiempo determinado.

2.3.8.3. Unidades Hidrogeológicas

El programa de investigaciones geotécnicas y geofísicas ejecutadas, así como los ensayos de permeabilidad realizados en las investigaciones geotécnicas han permitido determinar los estratos presentes en el área de estudio, así como sus características hidráulicas. (Ver Anexo I)

- Formación Jumasha (Ks-j)

Ubicado en el lado noroeste del proyecto, esta formación consiste de calizas gris a gris parduzcas masivas, en bancos medios a gruesos, muy resistentes a la erosión. Morfológicamente, presenta picos agrestes, escarpados y conspicuos. La permeabilidad promedio de esta formación es de 2.50×10^{-1} .

- Formación Casapalca (Kp-Ca)

Esta formación también denominada "Capas Rojas" conformada por margas rojas muy fracturadas de mediana dureza; los ensayos de permeabilidad ejecutados en este tipo de rocas arrojan permeabilidades del orden de 1.72×10^{-3} cm/seg., teniendo un rango de permeabilidad alto.

- Formación Yantac (Pe-Y)

Esta formación pertenece al Terciario inferior, conformado por calizas y calcarenitas medianamente duras y fracturadas; los ensayos de permeabilidad ejecutados en este medio arrojan permeabilidades del orden de 7.86×10^{-5} cm/seg., teniendo un rango de permeabilidad moderado.

- Depósitos Cuaternarios

Esta unidad hidrogeológica está conformada por depósitos morrénicos, depósitos fluvio-glaciales y depósitos de bofedal, conformados por suelos arcillosos, limosos y gravo arenosos en matriz arcilla limosa; los ensayos de permeabilidad ejecutados en este medio arrojan permeabilidades del orden de 7.98×10^{-6} cm/seg., teniendo un rango de permeabilidad baja.

Es importante destacar que en la zona donde se emplaza la formación Jumasha no se realizó estudios de permeabilidad, por lo que se tomó los datos de las pruebas realizadas en otras zonas que comparten la misma formación geológica.

En el siguiente cuadro se muestran las permeabilidades promedio de las unidades hidrogeológicas.

Cuadro N°30. Permeabilidad Media por Unidad Hidrogeológica

Unidad Hidrogeológica	Tipo de material	Permeabilidad k (cm/seg)			Rangos de permeabilidad
		Mínima	Máxima	Promedio	
Depósitos Cuaternarios	arcillas limo gravosas	9.77×10^{-6}	6.88×10^{-6}	7.98×10^{-6}	Baja
Fomación Yantac	Calizas fracturadas	7.10×10^{-6}	6.67×10^{-3}	7.84×10^{-5}	Moderada
Fomación Casapalca	Margas y calcarenitas fracturadas	7.84×10^{-5}	8.54×10^{-3}	1.72×10^{-3}	Alta
Fomación Jumasha (1)	Caliza gris	1.00×10^{-1}	4.00×10^{-1}	2.50×10^{-1}	Alta

(1) Valores extraídos del Estudio de Impacto Ambiental de Antamina

Fuente: Compañía minera Alpamarca.

2.3.8.4. Mapeo hidrogeológico

El mapeo hidrogeológico incluyo los siguientes aspectos:

- Inventario de todos los manantiales y filtraciones existentes a lo largo de la subcuenca Aguascocha y en las cercanías de la laguna Tuctococha.
- Toma de muestras de agua de la laguna Tuctococha.

Durante la visita de campo se realizo el mapeo superficial de los manantiales en los alrededores de la subcuenca Aguascocha, y la laguna Tuctococha, con la finalidad de reconocer la zona y corroborar el modelo conceptual.

- Red de monitoreo de agua subterránea

En los siguientes cuadros se presenta la ubicación y descripción de los puntos de monitoreo de aguas subterráneas.

Los puntos de monitoreo de agua superficial se encuentran en el Anexo H.

Cuadro N°31. Piezómetros Hidráulicos

Piezómetro	Descripción	Coordenadas		Cota (m.s.n.m.)	Profundidad de Instalación (m)
		Este	Norte		
SA-1	Quebrada superior a la margen izquierda del dique proyectado.	8'760,976	341,148	4706.68	10.00
SA-2	Zona Vaso depósito de relaves proyectado.	8'760,844	340,795	4652.94	22.45
SA-3A	Aguas abajo, dique del depósito de relaves proyectado.	8'760,554	340,807	4641.43	6.45
SA-3B	Aguas abajo, dique del depósito de relaves proyectado.	8'760,333	340,605	4635.01	10.45
SA-4	Pie de talud Desmontera Nito	8'760,314	341,421	4745.32	50.00
SA-5	Aguas abajo del nivel 400	8'759,634	340,502	4595.84	35.20
SA-7	Acceso campamento – Desmontera Capilla	8'759,480	341,237	4638.37	35.00
SA-8	Acceso campamento – Desmontera Capilla	8'759,299	341,679	4658.95	35.10
SA-9	Nor este de campamentos	8'758,980	341,070	4613.14	35.20
SA-10	Nor este de campamentos	8'758,837	341,692	4665.75	35.00
SA-11	Pie de talud Desmontera Don Pablo	8'758,918	342,482	4670.93	37.40
SA-13	Pie de talud Desmontera Capilla	8'759,236	342,168	4668.28	35.20

Fuente: Compañía minera Alpamarca

- Monitoreo de los Niveles freáticos

A continuación se muestra un cuadro resumen con el monitoreo de los niveles de agua en los piezómetros instalados.

Cuadro N°32. Lectura de Niveles Freáticos

Piezómetro	Nivel Freático (m)				
	Abril	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
SA-1	0.01	2.56	3.65	5.35	6.42
SA-2	0.51	0.84	1.08	1.55	1.79
SA-3A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SA-3B	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
SA-4	21.29	40.72	42.42	43.64	43.99
SA-5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SA-7	1.41	6.43	10.84	10.49	11.99
SA-8	18.16	28.06	27.87	32.62	34.85
SA-9	4.89	9.14	9.80	11.78	11.67
SA-10	24.59	29.67	32.31	33.43	33.97
SA-11	18.65	33.41	33.27	32.40	33.57
SA-12	30.09	34.04	33.96	33.96	33.96
SA-13	22.67	24.61	23.43	24.03	23.85
P-4	0.91	4.15	4.68	5.43	6.03

Fuente: Compañía minera Alpamarca

2.3.9. Análisis de aguas

Las características más importantes del agua subterránea son los compuestos químicos que arrastra disueltos o en cualquier otra forma. No sólo determinan en muchos casos los posibles usos del recurso sino que, además son la mejor expresión de su historia.

Una vez obtenido el resultado del análisis del agua de estudio se cuenta con una serie de herramientas que permiten entender la composición y evolución espacial y temporal, para finalmente establecer un modelo conceptual de flujo subterráneo (Custodio, 1996).

Para este estudio hidrogeoquímico se utilizó el software Aquachem 5.1., que permite crear gráficos de calidad de agua. Para nuestro estudio se construyeron los Diagrama piper y schoeller.

2.3.9.1. Análisis hidrogeoquímico

Mediante este estudio se evalúa la calidad química y bacteriológica de las aguas subterráneas y aguas superficiales en los piezómetros y laguna Tuctococha, para lo cual se efectuó un muestreo de calidad de aguas. El muestreo se desarrolló de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Protocolos de Monitoreo de Calidad de Aguas y consistió en la toma de 11 muestras de Aguas subterráneas (piezómetros hidráulicos), 5 muestras de aguas superficiales (lagunas, manantial y río).

El muestreo y análisis estuvo a cargo del laboratorio J. Ramón del Perú e Inspectorate, debidamente acreditado por INDECOPI (Ver AnexoF).

- Validación de Datos

Para corroborar la validez de los resultados obtenidos, se realizó el balance iónico de las muestras de agua subterránea en base a la concentración de los cationes y aniones referida a metales disueltos, obteniendo resultados aceptables para el mayor número de muestras ya que el porcentaje de error varía entre 0 - 10%.

Cuadro Nº 33. Resultados del Balance Iónico

Puntos monitoreo	Factor de conversión (mg/L a meq)	SA-2	SA-3A	SA-3B	SA-4	SA-5	SA-7	SA-8	SA-9	SA-10	SA-11	SA-13	SA-14
Concentración de Aniones, mg/l													
Bicarbonatos	0.0164	178.83	177.85	164.2	101.63	65.47	40.07	140.72	95.28	135.83	121.2	166.1	179.8
Carbonatos	0.0333	19.54	3.91	0.58	7.82	0.58	11.73	0.58	12.7	0.58	0.58	13.68	
Sulfatos	0.0208	60	117	34	111	89	118	471	821	54	541	533	533
Cloruros	0.0282	3.24	0.7	7.18	0.7	0.7	1.26	2.28	1.52	2.53	1.42	2.28	2.28
Nitratos	0.0161	0.02	0.06	0.21	0.39	0.13	0.32	0.05	0.28	0.19	1.03	0.15	0.15
Concentración de Cationes, mg/l													
Calcio	0.05	81.3	105	60.9	72.1	41.7	47.1	229	284	61.2	200	198	208.6
Magnesio	0.0826	11.3	10.86	14.07	12.62	5.345	5.356	22.15	47.51	6.151	26.75	29.92	28.3
Sodio	0.0435	5.7	9.3	5.04	0.72	1.38	14.6	5.71	38.1	7.7	12.7	53.4	48.8
Potasio	0.0256	1.19	1.33	1.58	1.38	1.85	2.28	3.17	1.6	4.28	5.09	4.01	3.98
Suma Cationes	...	4.92	5.50	3.63	4.26	2.97	3.54	12.19	19.11	3.44	13.32	14.33	14.10
Suma Aniones	...	5.28	6.59	4.47	4.71	2.63	3.49	13.61	19.82	4.01	12.89	14.80	14.99
Cationes-Aniones	...	0.35	1.08	0.84	0.45	-0.33	-0.05	1.42	0.71	0.57	-0.42	0.46	0.89
Cationes+Aniones	...	10.20	12.09	8.09	8.98	5.60	7.03	25.80	38.93	7.46	26.21	29.13	29.09
Balance iónico %		3.47	8.97	10.0	5.04	-5.93	-0.74	5.50	1.83	7.62	-1.62	1.59	3.06

Fuente: Elaboración propia

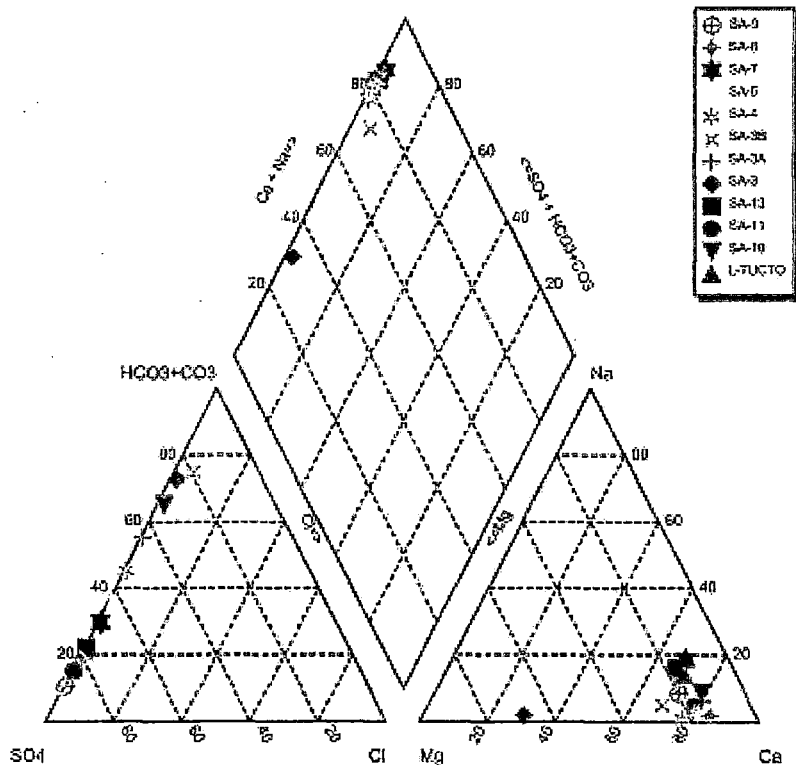
Es importante destacar que la validación de datos por balance iónico, además de considerar las muestras de los piezómetros consideramos la muestra de la laguna Tuctococha, con el objetivo de corroborar la naturaleza en el tipo de agua de esta última.

- Diagrama Piper

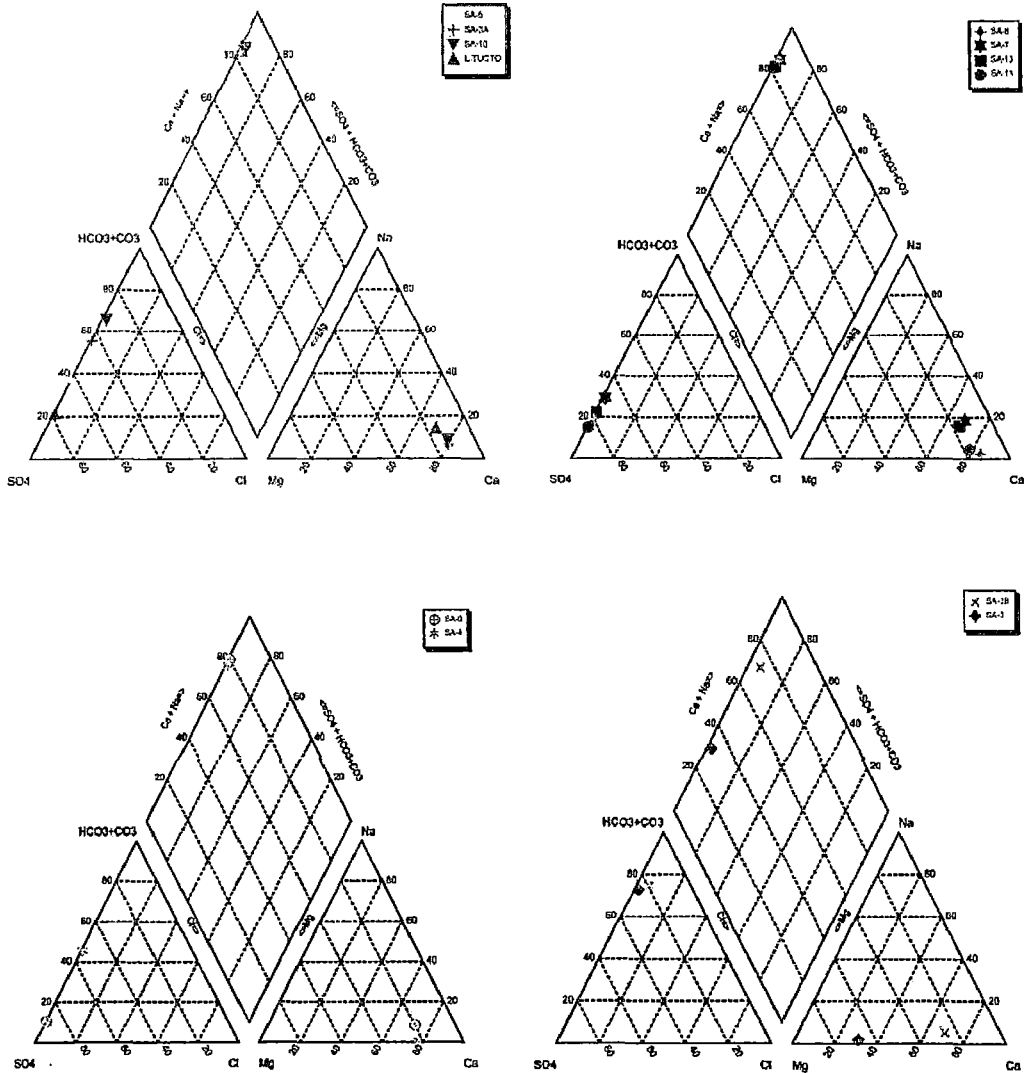
Los diagramas de piper constan de dos diagramas triangulares y uno romboidal central. En el triángulo equilátero se representan las concentraciones de los cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K y Na^+) y en otro las de los aniones (HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- , NO_3^-).

Cada uno de los vértices representa el 100% de meq/L de un ión. Un punto en el interior del triángulo indica el porcentaje presente de cada ión respecto del total de los tres.

Figura N° 12. Diagrama piper



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al diagrama de Piper (ver Figura N° 12), en la zona de estudio establecieron los tipos de agua característicos.

El tipo de agua se define por todos los constituyentes iónicos que contribuyen desde el punto de vista aniónico y catiónico en un 20 % de su composición (Gross, 2002)

A continuación se describe brevemente cada grupo:

Cuadro N°34. Resultados del Tipo de agua-Programa Aquachem

id	Station	Date	SampleID	WATERTYPE	GEOLOGY	SYMBOL	REP
12	L-TUCTO		L-TUCTO	Ca-SO ₄ -HCO ₃			2 <input type="checkbox"/>
9	SA-10		SA-10	Ca-HCO ₃ -SO ₄			3 <input type="checkbox"/>
10	SA-11		SA-11	Ca-SO ₄			4 <input type="checkbox"/>
11	SA-13		SA-13	Ca-SO ₄			5 <input type="checkbox"/>
1	SA-3		SA-2	Mg-Ca-HCO ₃			6 <input type="checkbox"/>
2	SA-3A		SA-3A	Ca-HCO ₃ -SO ₄			7 <input type="checkbox"/>
3	SA-3B		SA-3B	Ca-Mg-HCO ₃			8 <input type="checkbox"/>
4	SA-4		SA-4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃			9 <input type="checkbox"/>
5	SA-5		SA-5	Ca-SO ₄ -HCO ₃			10 <input type="checkbox"/>
6	SA-7		SA-7	Ca-SO ₄			11 <input type="checkbox"/>
7	SA-8		SA-8	Ca-SO ₄			12 <input type="checkbox"/>
8	SA-9		SA-9	Ca-Mg-SO ₄			13 <input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Agua cálcica sulfatada bicarbonatada**

Observamos el tipo de agua cálcica sulfatada bicarbonada en los puntos de monitoreo:

Laguna tuctococha, SA-5, SA-1, SA-3 A y SA 10.

Estas aguas subterráneas se caracterizan por ser poco profundas, dulce en las zonas de recarga en una amplia gama de tipos de acuíferos. Son aguas características de acuíferos compuestos por carbonatos de calcio primordialmente.

El piezómetro SA-3A se encuentra en la zona norte del área del proyecto donde se proyecta construir la presa de relaves.

➤ **Agua magnésica cálcica bicarbonatada**

En la figura N° 12 observamos que los puntos de monitoreo SA-2 y SA-3B, presenta agua magnésica cálcica bicarbonatada.

Estas aguas subterráneas son poco profundas, característico de acuíferos compuestos de dolomita (formada por carbonato de calcio y magnesio).

Estos piezómetros se ubican en la zona norte del área del proyecto donde se proyecta construir el depósito de relaves.

➤ **Agua cálcica magnésica sulfatada bicarbonatada**

En la figura N°12. Observamos el punto de monitoreo SA-4 presenta el tipo de agua cálcica magnésica sulfatada bicarbonatada lo que nos representa un agua subterránea que atraviesa un acuífero compuesto de carbonato de calcio y magnesio y también por posibles zonas mineralizadas.

➤ **Agua cálcica sulfatada**

En la figura N°12. Observamos los puntos de monitoreos SA-11, SA-13, SA-7 y SA-8 presentan el tipo de agua cálcica sulfatada.

Este tipo de acuíferos presenta aguas subterráneas afectadas posiblemente por la oxidación de la pirita y otros minerales de sulfuro.

➤ **Agua cálcica magnésica sulfatada**

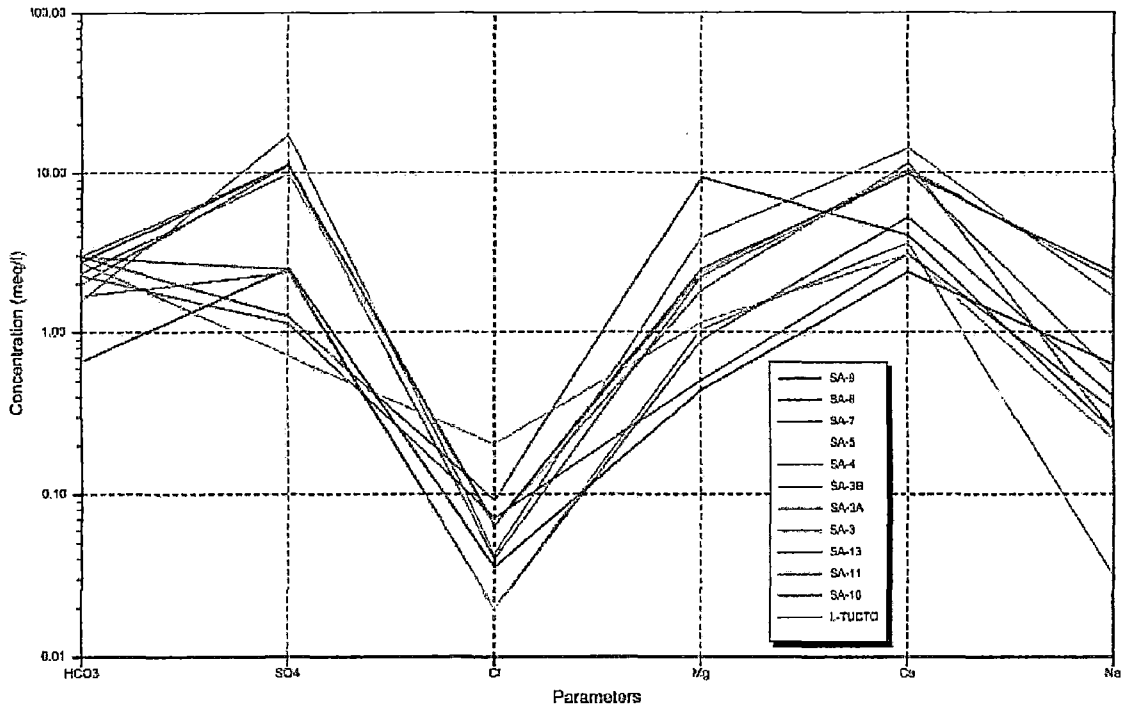
En la figura N°12 Observamos el punto de monitoreo SA-9 presentan el tipo de agua cálcica magnésica sulfatada.

Este tipo de acuíferos presenta aguas subterráneas afectadas posiblemente por la oxidación de la pirita y otros minerales de sulfuro.

El grupo de las **aguas sulfatadas** está ubicado en la zona Sur del área del proyecto, y comprende la zona donde se ubican los depósitos de desmonte de la Unidad minera, los accesos a dichas desmonteras y al área de campamentos, asimismo, aguas abajo del nivel 400. (Puntos: SA-4, SA-5, SA-7, SA-8, SA-9, SA-11 y SA-13). El agua de este grupo estaría influenciada por la presencia de zonas mineralizadas, las cuales ocasionan que el agua sea sulfatada.

- Diagrama Schoeller

Figura N° 14. Diagrama Schoeller.



Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama Schoeller, observamos que todas las líneas siguen una misma tendencia por lo que podríamos concluir que todas tienen un mismo origen, sin embargo las aguas del piezómetro SA-3B presentan una ligera variación en su línea.

2.3.9.2. Resultados de Calidad del Agua

En los siguientes cuadros se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos efectuados en las muestras de agua en el año 2008, 2009 y 2011.

La calidad de las aguas subterráneas y superficiales ha sido comparada con los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua para la categoría 3 (Aguas para riego de vegetales y bebida de animales); por otro lado, la calidad del agua del manantial que se emplea como agua de consumo doméstico ha sido comparada con los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, para la categoría 1-A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección).

Cuadro N°35. Piezómetros Hidráulicos

Piezómetro	Descripción	Coordenadas		Cota (m.s.n.m.)	Profundidad de Instalación (m)
		Norte	Este		
SA-1	Quebrada superior a la margen izquierda del dique proyectado.	8'760,976	341,148	4706.68	10.00
SA-2	Zona del depósito de relaves proyectado.	8'760,844	340,795	4652.94	22.45
SA-3A	Aguas abajo, dique del depósito de relaves proyectado.	8'760,554	340,807	4641.43	6.45
SA-3B	Aguas abajo, dique del depósito de relaves proyectado.	8'760,333	340,605	4635.01	10.45
SA-4	Pie de talud	8'760,314	341,421	4745.32	50.00
SA-5	Aguas abajo, dique del depósito de relaves proyectado.	8'759,634	340,502	4595.84	35.20
SA-7	Acceso campamento	8'759,480	341,237	4638.37	35.00
SA-8	Acceso campamento	8'759,299	341,679	4658.95	35.10
SA-9	Nor este de campamentos	8'758,980	341,070	4613.14	35.20
SA-10	Nor este de campamentos	8'758,837	341,692	4665.75	35.00
SA-11	Pie de talud	8'758,918	342,482	4670.93	37.40
SA-13	Pie de talud	8'759,236	342,168	4668.28	35.20

Fuente: Compañía minera Alpamarca

Cuadro N°36. Resultados Análisis fisicoquímicos - Aguas Subterráneas

Parámetros	Unidades	ECA ⁽¹⁾ Categoría 3	Puntos de Monitoreo- Aguas subterráneas										
			SA-2	SA-3 ^a	SA-3B	SA-4	SA-5	SA-7	SA-8	SA-9	SA-10	SA-11	SA-13
Conduct.eléct.	uS/cm	<2000	1601	1010	1050	362	1680	275	840	428	505	908	849
pH	unidad	6.5-8.5	7.85	7.66	7.62	7.4	7.64	8.12	7.59	8.22	7.96	7.7	7.74
Temperatura	°C	NA	6.7	8.9	8.9	5.4	8.7	8.5	7.4	9.4	7.5	7.2	6.9
Oxígeno disuelto	mg/l	>= 4	3.23	2.17	1.75	2.86	1.01	1.03	3.42	1.41	2.43	1.34	1.27
Sólido. Tot. Disuelt.	mg/l	NA	340	412	328	322	294	272	998	1436	188	188	952
Sólid. Tot. Susp.	mg/l	NA	11	6	82	55	38	33	58	12	198	63	37
Carbonatos.	mg/l	5	19.54	3.91	<0.58	7.82	<0.58	11.73	<0.58	12.7	<0.58	<0.58	13.68
Bicarbonatos.	mg/l	370	178.83	177.85	164.2	101.63	65.47	40.07	140.72	95.28	135.83	121.2	166.1
Cloruros	mg/l	100-700	3.24	<0.70	7.18	<0.70	<0.70	1.26	2.28	1.52	2.53	1.42	2.28
Dureza total	mg/l	NA	215.2	275.9	183.2	208.9	111.2	112.6	618.5	758.5	149.8	594.5	569.7
Sulfatos	mg/l	300	60	117	34	111	89	118	471	821	54	541	533
Nitratos	mg/l	10	<0.02	0.06	0.21	0.39	0.13	0.32	0.05	0.28	0.19	1.03	0.15
Nitritos	mg/l	0.06	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	0.46	<0.01
Cianuro libre	mg/l	NA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cianuro total	mg/l	NA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1000	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8

(1) DS N° 002-2008-MINAM- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

ECA Categoría 3: Aguas para riego de vegetales y bebida de animales

Cuadro N°37. Resultados Análisis metales totales - Aguas Subterráneas

Metales Totales	Unid.	ECA ⁽¹⁾ Categ. 3	Puntos de Monitoreo- Aguas subterráneas										
			SA-2	SA-3A	SA-3B	SA-4	SA-5	SA-7	SA-8	SA-9	SA-10	SA-11	SA-13
Aluminio	mg/l	5	0.11	1.23	2.56	1.3	0.52	2.91	1.47	0.1	7.79	0.75	1.21
Arsénico	mg/l	0.05	<0.003	<0.003	<0.003	0.011	0.009	0.03	0.035	<0.003	0.076	<0.003	0.022
Bario	mg/l	0.7	0.118	0.041	0.068	0.36	0.025	0.059	0.16	0.012	0.212	0.046	0.077
Boro	mg/l	0.5-6	0.11	0.494	0.12	0.06	0.01	0.179	0.079	0.359	0.125	0.023	0.114
Cadmio	mg/l	0.005	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.0013	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Calcio	mg/l	200	81.3	105	60.9	72.1	41.7	47.1	229	284	61.2	200	198
Cobalto	mg/l	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre	mg/l	0.2	<0.001	<0.001	0.005	0.01	<0.001	0.006	0.043	<0.001	0.078	0.012	0.004
Cromo	mg/l	0.1	<0.001	<0.001	0.008	0.005	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.032	0.005	<0.001
Hierro	mg/l	1	0.468	0.767	4.182	1.76	1.157	1.752	1.545	0.255	9.502	1.418	1.059
Litio	mg/l	2.5	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
Magnesio	mg/l	150	11.3	10.86	14.07	12.62	5.345	5.356	22.15	47.51	6.151	26.75	29.92
Manganeso	mg/l	0.2	0.221	0.208	0.435	0.251	0.059	0.075	0.594	0.087	1.039	0.533	0.801
Molibdeno	mg/l	NA	<0.002	0.04	0.019	<0.002	0.034	0.037	0.006	0.025	<0.002	0.013	0.013
Niquel	mg/l	0.2	<0.001	<0.001	0.008	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	0.007	0.004	0.006
Plata	mg/l	0.05	<0.001	0.015	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	<0.001	0.007	<0.001	0.004
Plomo	mg/l	0.05	<0.005	<0.005	0.024	0.51	0.281	0.359	0.956	<0.005	1.525	0.088	0.524
Potasio	mg/l	NA	1.19	1.33	1.58	1.38	1.85	2.28	3.17	1.6	4.28	5.09	4.01
Selenio	mg/l	0.05	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	0.02	0.023	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Sodio	mg/l	NA	5.7	9.3	5.04	0.72	1.38	14.6	5.71	38.1	7.7	12.7	53.4
Vanadio	mg/l	NA	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Zinc	mg/l	2	<0.002	0.046	0.108	0.202	0.015	0.105	1.491	<0.002	1.035	1.223	0.183

(1) DS N° 002-2008-MINAM- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

ECA Categoría 3: Aguas para riego de vegetales y bebida de animales

Cuadro N°38. Puntos de Monitoreo de Aguas superficiales

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Cota
		Norte	Este	
M-5	Laguna San Miguel	8'760,340	340,923	4642
M-6	Intersección de los riachuelos Aguascocha y Tuctococha	8'757,058	342,387	4524
M-1	Manantial para agua de consumo doméstico, ubicado en la parte sur del campamento	8'758,972	340,784	4577
M-4	Laguna Aguascocha, receptor del nivel 400 en contacto con relaves antiguos	8'759,428	340,019	4585

Fuente: Compañía minera Alparmarca

Cuadro N°39. Resultados Análisis fisicoquímicos - Aguas Superficiales

Parámetros	Unidades	ECA ⁽¹⁾		Puntos-Monitoreo- Aguas superficiales			
		Categ.1-A1	Categ. 3	M-5 (a)	M-6(a)	M-1 (b)	M-4(a)
Conductividad eléctrica	uS/cm	1500	<2000	233	469	325	606
pH	unidad	6.5-8.5	6.5-8.5	7.57	8.44	8.12	8.4
Temperatura	°C	NA	NA	8.8	11.7	10.2	4.3
Oxígeno disuelto	mg/l	>= 6	>= 4	2.07	5.36	6.3	5.09
Aceites y grasas	mg/l	1	1	<1	<1	<1	<1
Carbonatos.	mg/l	NA	5	<0.58	23.45	<0.58	12.7
Bicarbonatos.	mg/l	NA	370	200.3	107.5	118.2	154.4
Cloruros	mg/l	250	100-700	1.72	<0.7	<0.7	<0.7
Fluoruros	mg/l	1	1	0.13	0.1	0.1	0.14
Fosfatos	mg/l	NA	1	<0.03	0.04	0.06	<0.03
Fenoles	mg/l	0.003	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Sulfatos	mg/l	250	300	264	172	108	240
Sulfuros	mg/l	0.05	0.05	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Nitratos	mg/l	10	10	1.83	0.1	0.12	0.23
Nitritos	mg/l	1	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cianuro wad	mg/l	0.08	0.1	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

Parámetros	Unidades	ECA ⁽¹⁾		Puntos-Monitoreo- Aguas superficiales			
		Categ.1-A1	Categ. 3	M-5 (a)	M-6(a)	M-1 (b)	M-4(a)
Cromo hexavalente	mg/l	0.05	0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
DBO5	mg/l	3	15	<2	<2	<2	<2
S.A.A.M.	mg/l	0.5	1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
DQO	mg/l	10	40	9	9	8	7
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0	1000	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Coliformes totales	NMP/100 ml	50	5000	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8

(1) DS N° 002-2008-MINAM- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

(a) Se comparan con ECAs Categoría 3: Aguas para riego de vegetales y bebida de animales

(b) Se compara con ECAs Categoría 1-A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Cuadro N°40. Resultados Análisis metales totales- Aguas Superficiales

Parámetros	Unid.	ECA		Puntos-Monitoreo- Aguas superficiales			
		Categ.1-A1	Categ. 3	M-5 (a)	M-6(a)	M-1 (b)	M-4(a)
Metales Totales							
Aluminio	mg/l	0.2	5	<0.02	0.12	<0.02	<0.02
Arsénico	mg/l	0.01	0.05	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Bario	mg/l	0.7	0.7	0.038	0.048	0.021	0.1
Berilio	mg/l	0.004	NA	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Bismuto	mg/l	NA	NA	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Boro	mg/l	0.5	0.5-6	0.1	0.034	0.017	0.096
Cadmio	mg/l	0.003	0.005	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Calcio	mg/l	NA	200	145	86.1	70.7	118
Cobalto	mg/l	NA	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cobre	mg/l	2	0.2	<0.001	0.006	<0.001	<0.001
Cromo	mg/l	0.05	0.1	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estaño	mg/l	NA	NA	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Estroncio	mg/l	NA	NA	3.6547	1.2347	1.59	1.63
Hierro	mg/l	0.3	1	<0.004	0.238	<0.004	0.206

Parámetros	Unid.	ECA		Puntos-Monitoreo- Aguas superficiales			
		Categ.1- A1	Categ. 3	M-5 (a)	M-6(a)	M-1 (b)	M-4(a)
Litio	mg/l	NA	2.5	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
Magnesio	mg/l	NA	150	21.03	14.73	9.834	14.77
Manganeso	mg/l	0.1	0.2	0.009	0.108	0.032	0.17
Mercurio	mg/l	0.001	0.001	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Molibdeno	mg/l	NA	NA	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Niquel	mg/l	0.02	0.2	<0.001	<0.001	<0.001	0.006
Plata	mg/l	0.01	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plomo	mg/l	0.01	0.05	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Potasio	mg/l	NA	NA	0.54	0.74	0.61	1.37
Selenio	mg/l	0.01	0.05	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Silicio	mg/l	NA	NA	2.78	1.92	2.06	2.22
Sodio	mg/l	NA	NA	9.17	1.19	0.37	6.58
Talio	mg/l	NA	NA	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
Titanio	mg/l	NA	NA	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Vanadio	mg/l	0.1	NA	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Zinc	mg/l	3	2	0.008	0.146	0.011	0.599

(1) DS N° 002-2008-MINAM- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

(a) Se comparan con ECAs Categoría 3: Aguas para riego de vegetales y bebida de animales

(b) Se compara con ECAs Categoría 1-A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

2.3.9.3. Interpretación de resultados

De acuerdo a la comparación de los resultados de los análisis obtenidos con los estándares nacionales de calidad de agua para la categoría 3 (agua para riego de vegetales y bebida de animales), se observa lo siguiente:

➤ En la zona norte del área del proyecto, se observa que los puntos de monitoreo de agua evaluados (SA-2, SA-3A, SA-3B) cumplen con los ECAs señalados, excepto para la concentración de carbonatos y manganeso en algunos puntos como se indica a continuación:

- La concentración de carbonatos en el punto SA-2 fue de 19.54 mg/l, valor que superó el ECA correspondiente (5 mg/l) en aproximadamente 4 veces.

- La concentración de manganeso en todos los piezómetros evaluados en esta zona, superó el ECA correspondiente (0.2 mg/l), encontrándose niveles que varían entre 0.221 y 0.435 mg/l, estos valores superan dicho estándar en 1 a 2 veces.
 - La concentración de hierro en el piezómetro SA-3B se encontró en 4.18 mg/l, superando el ECA establecido (1.0 mg/l) en aproximadamente 4 veces
- En la zona sur-este del área del proyecto, se observa que los puntos correspondientes a los piezómetros: SA-4, SA-8, SA-11 y SA-13, cumplen con los ECAs establecidos para la categoría 3, excepto para la concentración de algunos parámetros como se indica a continuación.
- Los valores de carbonatos encontrados en SA-4 y SA-13 superan el ECA establecido (5mg/l); los valores encontrados fueron de 7.82 y 13.68 mg/l respectivamente, superando dicho estándar en 1.6 y 2.7 veces.
 - La concentración de sulfatos en los puntos SA-8, SA-11 y SA-13 se encontró superando el ECA correspondiente (300 mg/l), los valores registrados varían entre 471 y 541, superando el Estándar de 1.6 a 1.8 veces.
 - La concentración de nitritos en el piezómetro SA-11 superó el ECA establecido (0.06 mg/l), lo cual estaría indicando presencia de materia orgánica en su fase intermedia de descomposición. El valor encontrado fue de 0.46 mg/l, superando 7.7 veces dicho ECA.
 - La concentración de hierro, manganeso y plomo supera los ECAs correspondientes en todos los puntos indicados en esta zona: Los valores de hierro encontrados, variaron entre 1.059 y 1.76 mg/l, (promedio: 1.4 mg/l) y superaron el ECA (1 mg/l) de 1 a 7.5 veces. La concentración de manganeso registrada en estos puntos se encontró entre 0.251 y 0.801 mg/l, (promedio: 0.5 mg/l), superando el ECA (0.2 mg/l) en 1.3 a 4 veces. Asimismo, la concentración de plomo en estos puntos se encontró entre 0.088 y 0.956 mg/l, (promedio: 0.51 mg/l), superando el ECA (0.05 mg/l) en 1.8 a 19 veces.

- Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados en el punto correspondiente al piezómetro SA-7, se encuentran por debajo de los ECAs establecidos para la categoría 3, excepto para la concentración de carbonatos, hierro y plomo. La concentración de carbonatos fue de 11.7 mg/l, superando el ECA (5 mg/l) en 2.3 veces; el valor registrado para el hierro fue de 1.752 mg/l, superando el estándar (1 mg/l) en 1.7 veces. Asimismo, la concentración de plomo se encontró en 0.359 mg/l, valor que supera en aproximadamente 7 veces el ECA establecido (0.05 mg/l).
- El punto de monitoreo correspondiente al piezómetro SA-10. En este punto se observa que la concentración de Al, As, Fe, Mn y Pb supera los ECAs establecidos para la categoría 3, como se indica a continuación.
 - La concentración de aluminio se encontró en 7.79 mg/l, superando el ECA establecido (5 mg/l) en 1.6 veces. Asimismo, la concentración de hierro fue de 9.502 mg/l, superando el Estándar (1 mg/l) en 9.5 veces.
 - El nivel de arsénico encontrado fue de 0.076 mg/l, valor que supera el Estándar (0.05 mg/l) en 1.5 veces; la concentración de manganeso registrada fue de 1.039 mg/l, valor que supera el ECA (0.2 mg/l) en 5.2 veces. Asimismo, la concentración de plomo se encontró en 1.525 mg/l, valor que supera el valor del Estándar (0.05 mg/l) en 30.5 veces.
- El punto de monitoreo correspondiente al piezómetro SA-9, cumple con los ECAs establecidos para la categoría 3, sin embargo se observa que la concentración de carbonatos, sulfatos y calcio supera dichos estándares. La concentración de carbonatos fue de 12.7 mg/l, valor que superó el ECA (5 mg/l) en 2.5 veces.; el nivel de sulfatos fue de 821 mg/l, valor que superó el Estándar (300 mg/l) en 2.7 veces. Asimismo, la concentración de calcio superó el ECA (200 mg/l) en 1.4 veces.
- El punto correspondiente al piezómetro SA-5, ubicado aguas abajo del nivel 400, cumple con los ECAs establecidos para la categoría 3, excepto para los metales hierro y plomo. La concentración de hierro fue de 1.157 mg/l, valor que superó el

ECA (1 mg/l) en aproximadamente 2 veces. Asimismo, el valor registrado para el plomo fue de 0.281mg/l, superando este valor en 5.6 veces.

Aguas Superficiales

Según los resultados de los análisis efectuados en aguas superficiales se observa lo siguiente:

- La aguas del manantial que se usa para consumo doméstico, ubicado en la parte sur del campamento (M-1), cumple con todos los ECAs establecidos para la categoría 1-A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). La conductividad eléctrica registrada fue de 325 uS/cm, el pH de 8.12 unidades indicando aguas ligeramente alcalinas, la temperatura fue de 10.2 °C, la concentración de oxígeno disuelto se encontró en 6.3 mg/l, por otro lado, la concentración de coliformes totales y fecales reportadas fueron de <1.8 NMP/100ml en ambos casos.
- Todos los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados en la laguna San Miguel (M-5), cumplen con los ECAs establecidos para la categoría 3, excepto para el oxígeno disuelto, que presentó la concentración de 2,07 mg/l, aproximadamente 2.0 veces menor al ECA mínimo establecido (≥ 4.0 mg/l), lo cual indicaría que existe consumo de oxígeno por oxidación de materia orgánica, no existiendo condiciones favorables para la vida acuática. La conductividad eléctrica reportada fue de 233 uS/cm, el pH de 7.57 unidades y la temperatura de 8.8 °C
- Las aguas de la laguna Aguascocha (M-4), cumplen con los ECAs establecidos para la categoría 3, excepto para los carbonatos cuya concentración se encontró en 12.7 mg/l, superando el ECA establecido (5 mg/l) en 2.5 veces. La CE se encontró en 606 uS/cm, el pH en 8.4 y la temperatura fue de 5.09 °C. La concentración de oxígeno disuelto se encontró en 5.09 mg/l.
- Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados en el punto ubicado en la intersección de los riachuelos Aguascocha y Tuctococha (M-6) cumplen con los ECAs establecidos para la categoría 3, excepto para los carbonatos que

presentaron una concentración de 23.45 mg/l, superando 4.7 veces el ECA establecido (5.mg/l). Los valores de los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron los siguientes: CE: 469 uS/cm, pH: 8.4 unidades, temperatura: 11.7 °C y oxígeno disuelto: 5.36 mg/l.

El análisis del comportamiento de los elementos que sobrepasaron el ECA y por ende constituyen un peligro de contaminación, se estudiará mejor en el siguiente capítulo. Siendo estos datos utilizados para la construcción del escenario de riesgo de contaminación de aguas subterráneas - calidad de agua.

2.4. Modelo conceptual del acuífero

Una vez obtenida la información recolectada y analizada en el ítem de la descripción del área de estudio se cuenta con una serie de herramientas que permiten entender la composición y evolución espacial y temporal, para finalmente establecer un modelo conceptual de flujo subterráneo (Custodio, 1996).

El modelo conceptual es la representación simplificada del comportamiento del sistema de aguas subterráneas del acuífero Aguascocha.

En este capítulo se comenzara determinando el comportamiento hidrodinámico del agua subterránea, esto nos ayudara a esclarecer las zonas de recarga y descarga del modelo para finalmente describir el acuífero.

2.4.1. Dirección de flujo

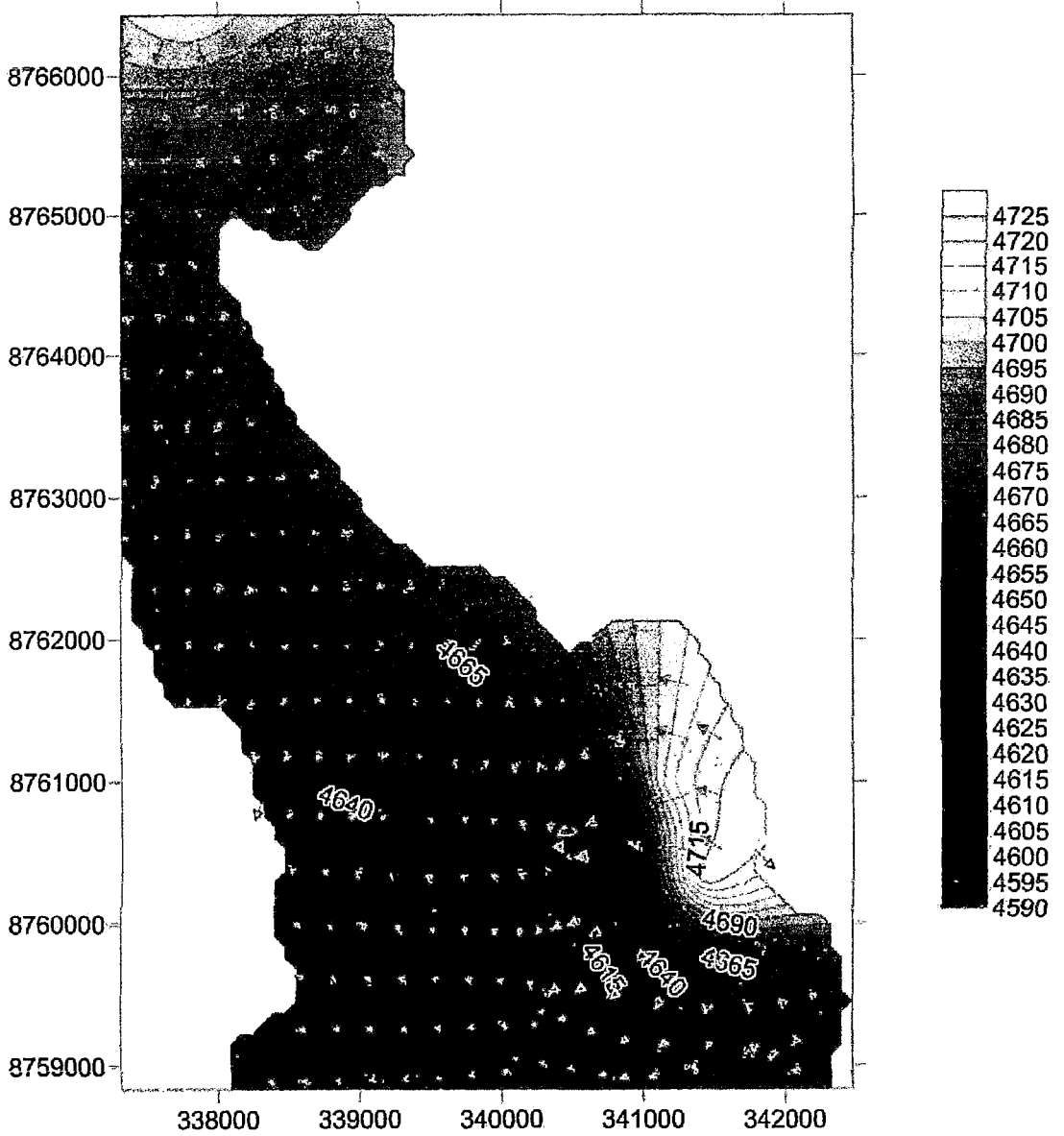
Para determinar la dirección de flujo de las aguas subterráneas del acuífero Aguascocha se utilizaron las lecturas del nivel freático de los piezómetros durante la época de avenida y estiaje del año 2009.

Es importante destacar que para generar información en toda la subcuenca se considero a los bofedales como agua subterránea emergente.

A continuación se ingreso los datos de nivel freático y se utilizo el programa Surfer V8, para generar las líneas isopiezas utilizando el método de interpolación Kriging.

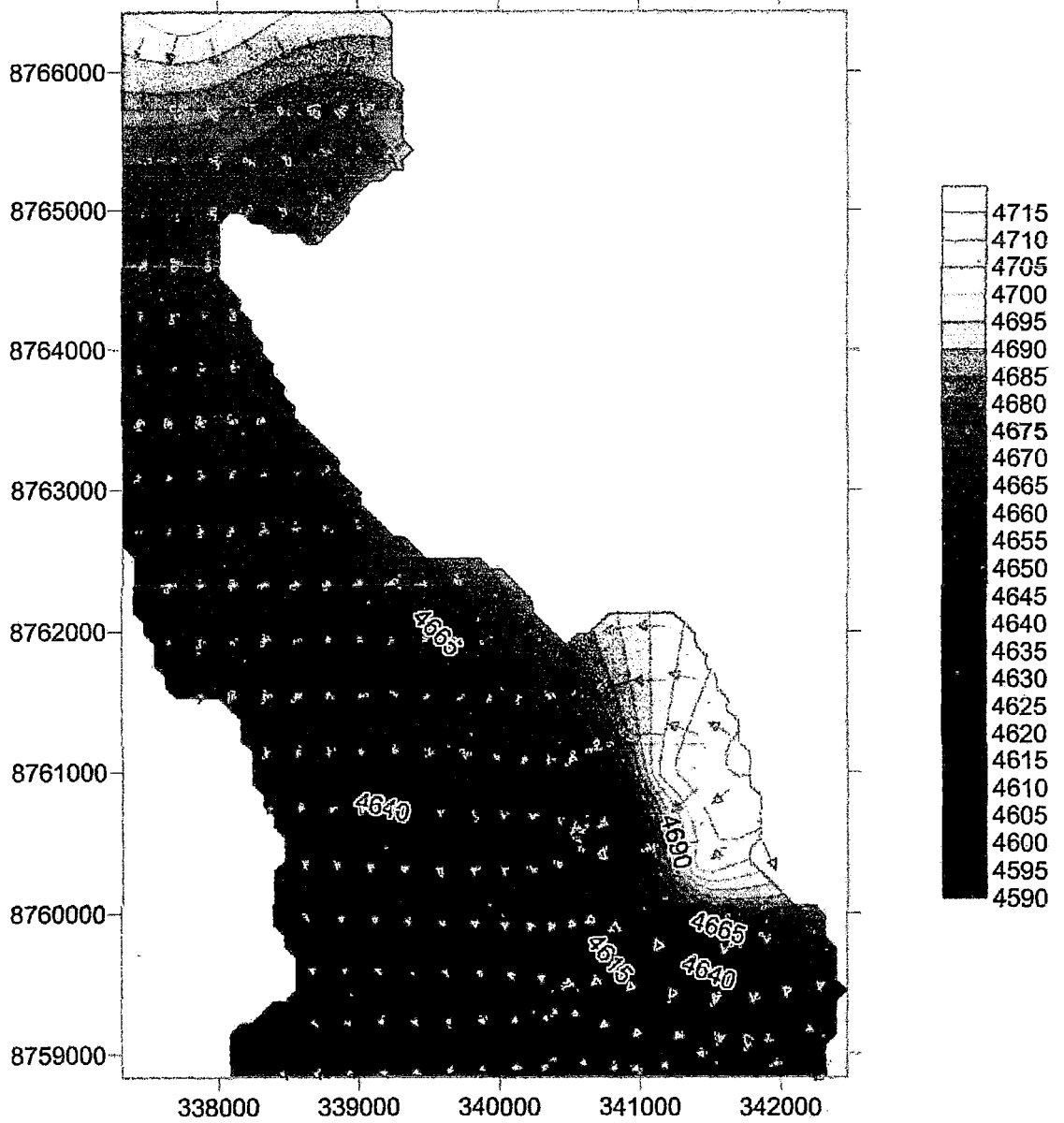
Durante la época de avenida y estiaje el comportamiento del flujo de aguas subterráneas se asemeja, siendo la dirección del flujo hacia la quebrada Aguascocha y la laguna Tuctococha.

Figura N° 15. Dirección de flujo -Época avenida



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 16. Dirección de flujo –Época Estiaje



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 17. Superficie del Nivel freático-Época Avenida

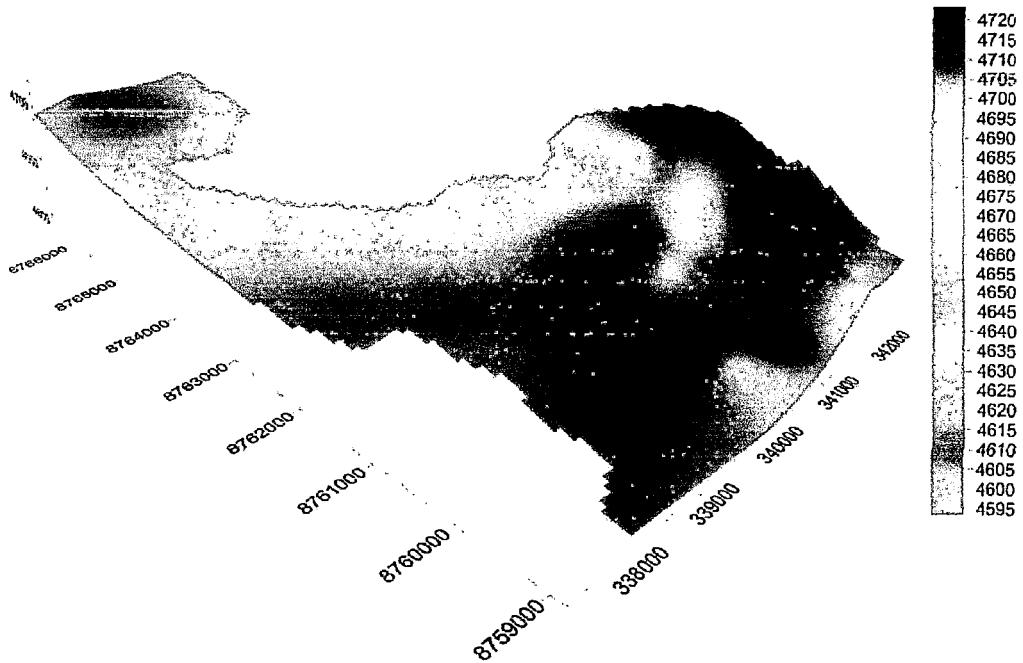
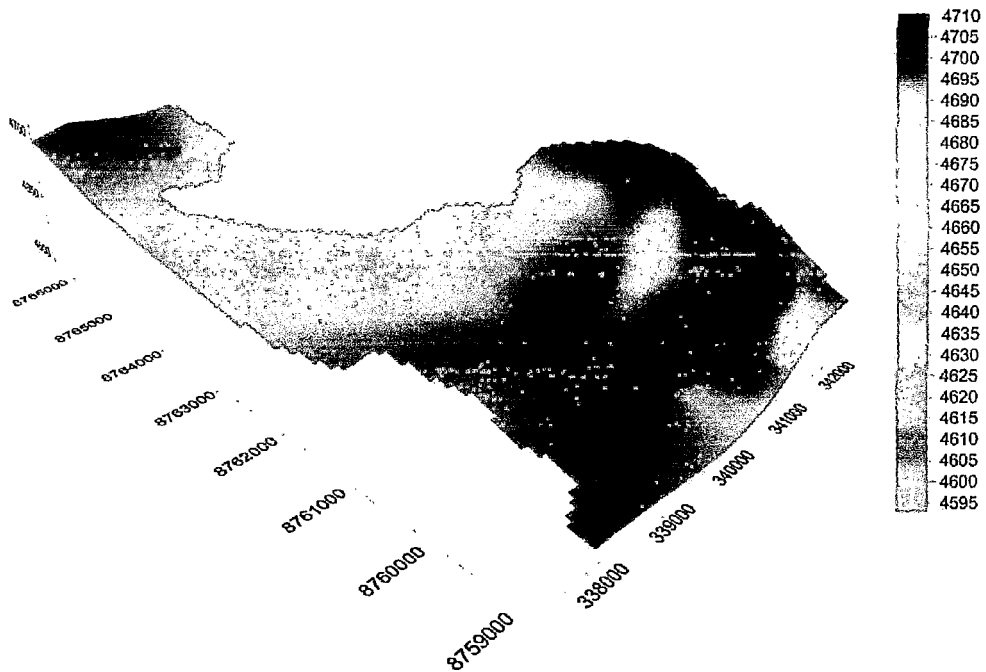


Figura N° 18. Superficie del Nivel freático-Época Estiaje



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Área de Recarga

La zona de recarga natural constituyen las partes topográficamente más altas de la Subcuenca Aguascocha.

La recarga además de la precipitación también se da por la percolación superficial de las lagunas y el deshielo de las nevadas que ocurren durante la temporada de lluvias y también por las percolaciones que ocurren a través de los tajos y labores mineras antiguas.

El acuífero Aguascocha tiene sus áreas de recarga en los alrededores de las lagunas tipo rosario, generadas por el retroceso de los glaciares (Pucacocha, Minachacan, Barrosococha, Cochauman y Verdecocha).

El área de recarga fue obtenido a partir del mapa de Google Earth 2011, considerando esta área de recarga la zona de las lagunas (Pucacocha, Minachacan, Barrosococha, Cochauman y Verdecocha) y los nevados ubicados en la cabecera de la subcuenca, siendo este valor de 15.54 Km².

2.4.3. Área de Descarga

Las principales descargas del sistema se manifiestan mediante manantiales, otra fuente lo constituyen los escurrimientos superficiales intermitentes los cuales se dirigen hacia el riachuelo de Aguascocha.

Existe un manantial ubicado en la zona aledaña al campamento el cual tiene caudal durante todo el año, este es utilizado para consumo de los habitantes del campamento.

El riachuelo Aguascocha presenta caudal durante todo el año, variando de acuerdo a la época de más y menos precipitaciones y por ende filtración.

El área de descarga calculado del Google Earth 2011 es de 15.56 km².

2.4.4. Modelo Conceptual del Acuífero Aguascocha

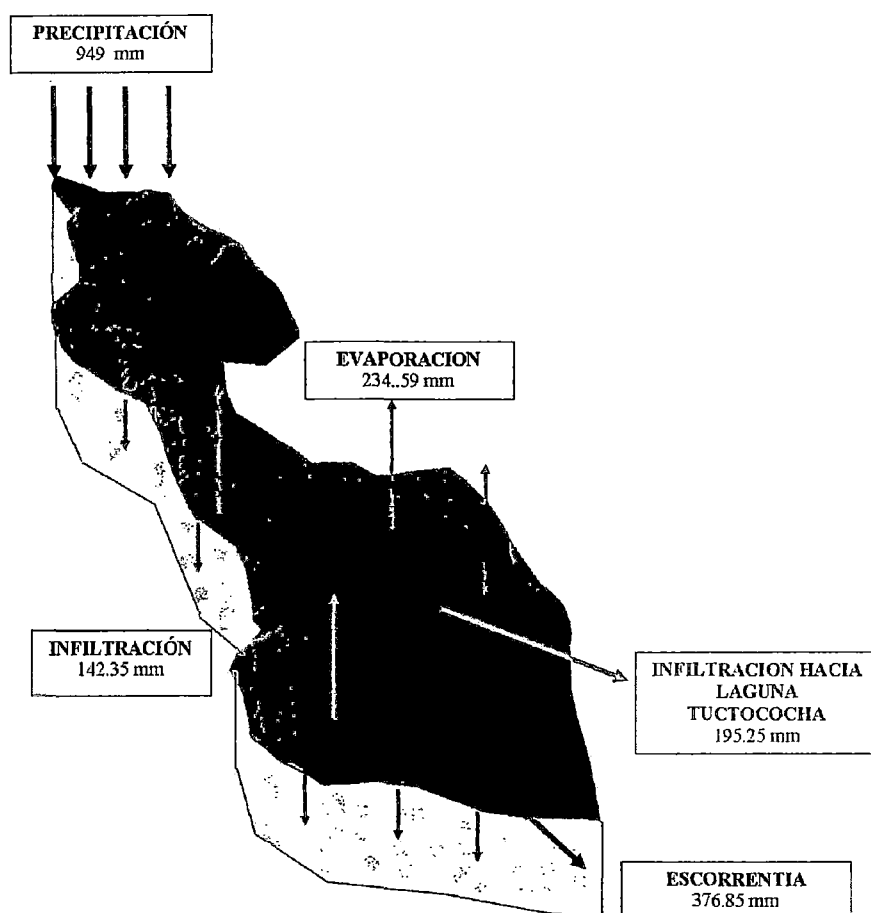
El agua subterránea ocurre en un sistema de acuífero libre en medio fisurado Kárstico constituido principalmente por una alternancia entre caliza fracturada, marga, calcarenitas fracturadas y en menor grado combinado por arcilla y grava pertenecientes al cretáceo superior.

Esta dinámica de flujo va desde el noreste hacia el sur, notándose una bifurcación del flujo tanto hacia el sur oeste, que vendría a ser la quebrada Aguascocha y hacia el sur este dirigiéndose hacia la laguna Tuctococha. La sospecha de que el flujo de aguas subterráneas también parte hacia la laguna Tuctococha se ve respaldada con los resultados geoquímicos y de balance hídrico.

El tipo de agua subterránea se caracteriza principalmente por tener un alto contenido de bicarbonatos y calcio, los que provendrían de la disolución de las rocas carbonatadas con el agua, así mismo presenta sulfatos posiblemente por la oxidación de la pirita y otras zonas mineralizadas. También presenta cierto grado de contaminación por hierro y plomo.

El acuífero tienen un aporte significativo de agua, durante las épocas de avenida (precipitación) mientras que durante la época de estiaje la recarga en precipitación se minimiza produciéndose un déficit en el balance hídrico el que podría verse equilibrado con el agua que proviene de las lagunas.

Figura N° 19. Modelo Conceptual del Acuífero



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Mapas de vulnerabilidad

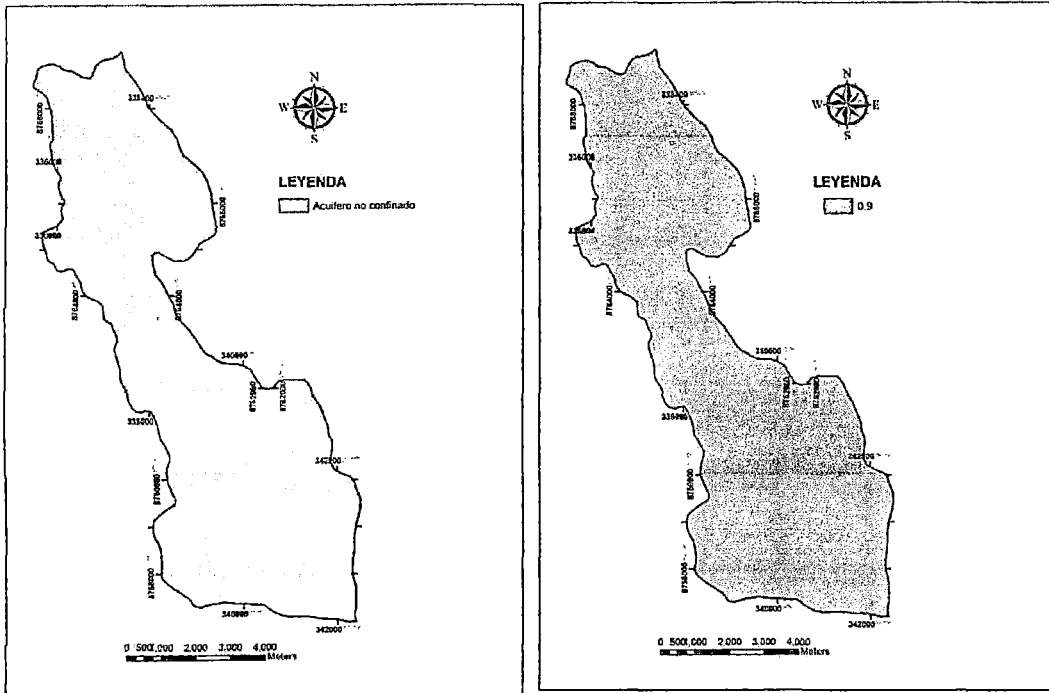
2.5.1. Método GOD

a) Tipo de acuífero

Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero.

La zona de estudio tiene un acuífero no confinado. Según los índices determinados por el método GOD, el valor numérico que le corresponde es 0.9.

Figura N° 20. Valoración del Tipo de acuífero-G



Fuente: Elaboración propia.

b) Litología de la zona no saturada

La zona no saturada se define como la zona no saturada o discontinuamente saturada, que queda por encima del nivel freático.

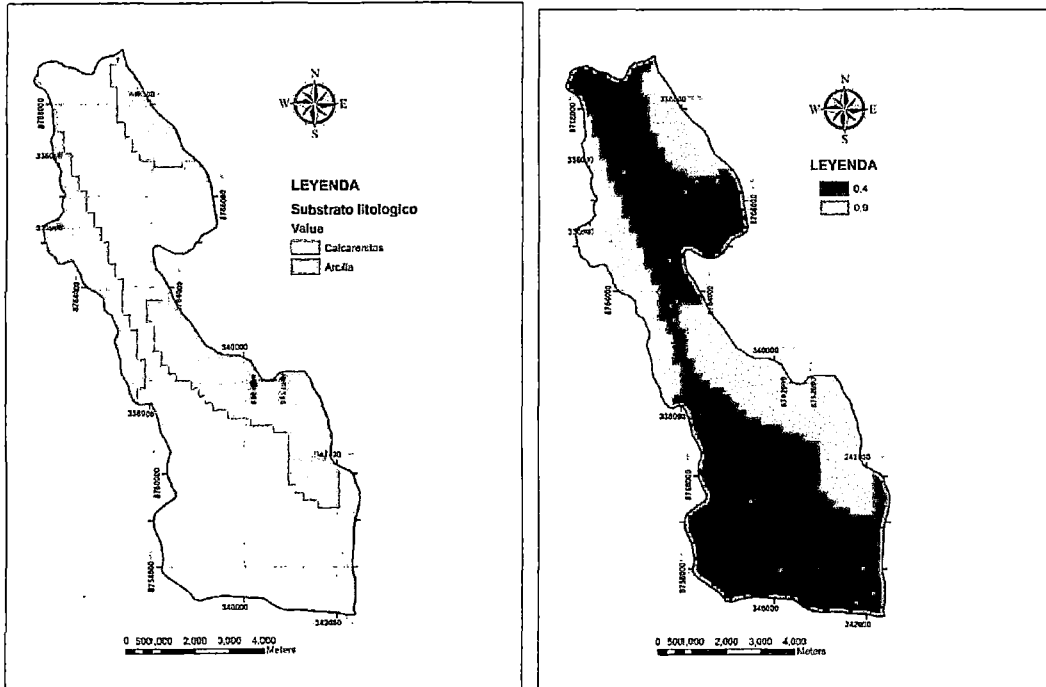
Esta zona se evalúa en función de la granulometría, fracturamiento, orificio de disolución y potencial de absorción. La tabla muestra las escalas y clasificaciones para la zona no saturada.

Cuadro N°41. Valoración de la litología de la zona no saturada (O)

Naturaleza de la zona no saturada	Valoración
Calcarenitas	0.4
Arcilla	0.9

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 21. Valoración del Substrato litológico-O



Fuente: Elaboración propia.

c) Profundidad del nivel de agua

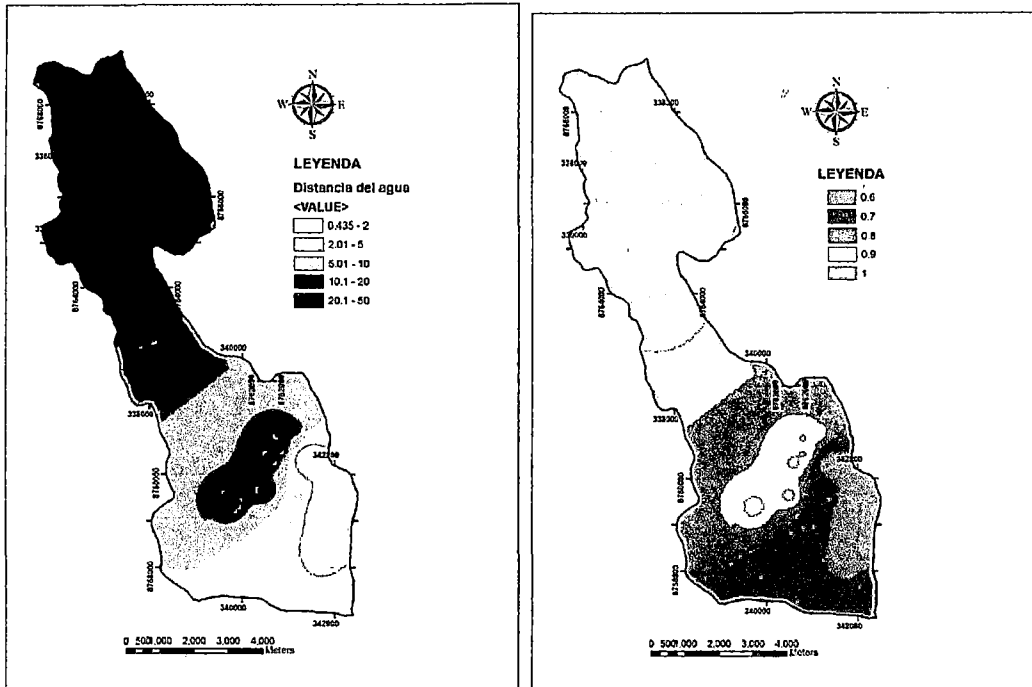
Estos valores son los mismos que los obtenidos en el método DRASTIC. La única variante es el rango de profundidad, según el método GOD.

Cuadro N°42. Profundidad del nivel de agua (D)

Profundidad del nivel de agua (m)	D
0.435-2.00	1
2.01-5.00	0.9
5.01-10.00	0.8
10.01-20.00	0.7
20.1-50	0.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 22. Valoración de la Distancia del agua -D



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°23 se muestra el mapa de vulnerabilidad de la zona de estudio, con el método GOD. La vulnerabilidad varía entre bajo, moderado, alto y muy alto.

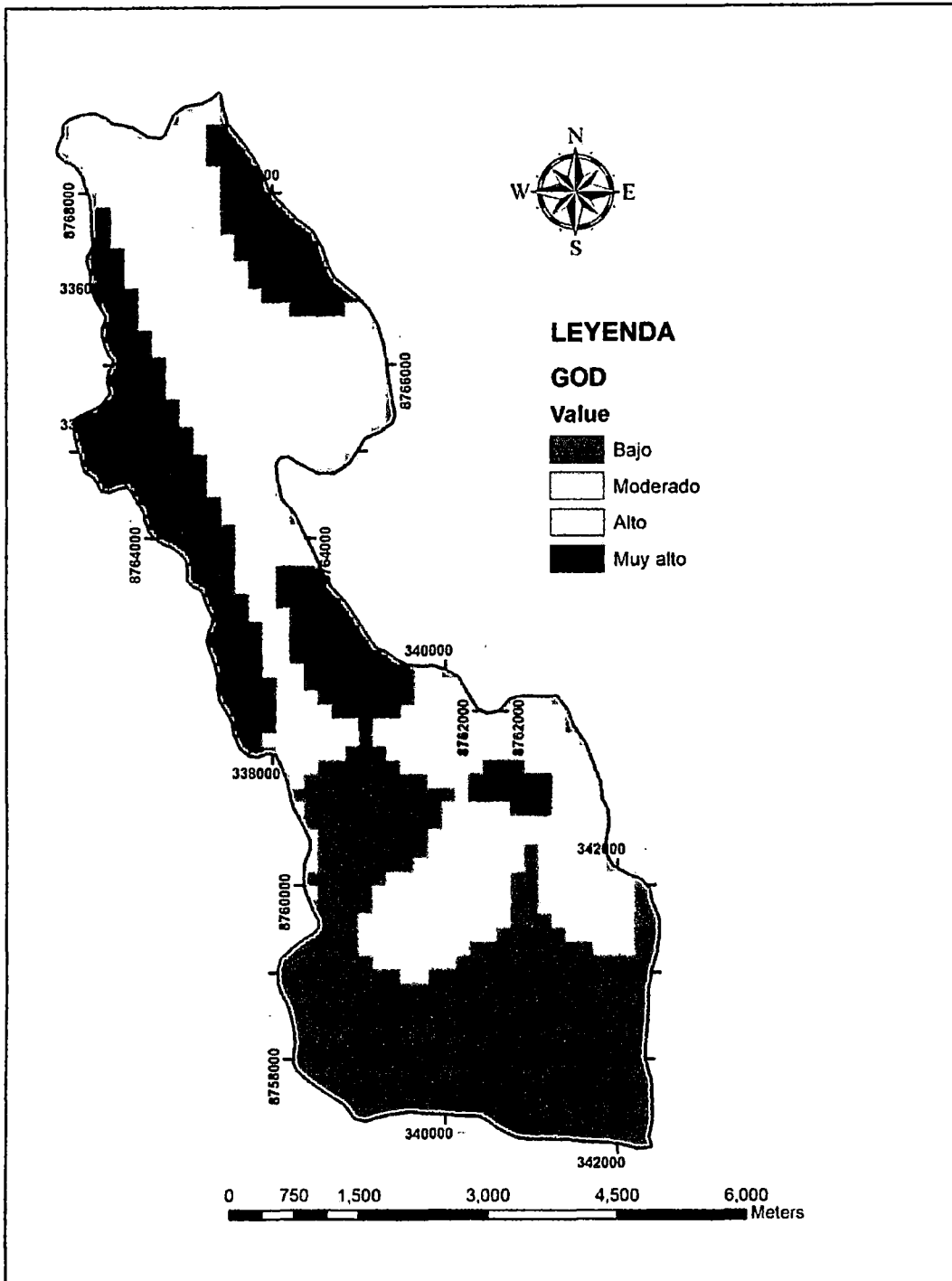
La vulnerabilidad baja se presenta en el 33.6% del área total de estudio y abarca la zona sur de la Subcuenca Aguascocha.

La vulnerabilidad moderada abarca la zona norte y central de la zona de estudio, cubriendo un total de 37.7% del área total de estudio.

La vulnerabilidad alta abarca alrededor de la zona norte de la concesión minera, esto representa el 7.8% del área total de estudio.

Finalmente la vulnerabilidad muy alta abarca la zona de bofedales que va hacia el norte de la zona de estudio y una zona central del mismo, siendo el 20.8% del área total de estudio.

Figura N° 23. Vulnerabilidad GOD



Fuente: Elaboración propia.

2.5.2. Método DRASTIC

Para obtener los mapas de vulnerabilidad con el método DRASTIC utilizaremos la información recolectada en campo y se construirán los mapas de cada parámetro considerado:

a) Profundidad del nivel del agua

La profundidad del nivel del agua, o el nivel freático, es un factor de principal importancia ya que determina la profundidad del material a través de la cual se propaga un contaminante antes de alcanzar el acuífero; este factor también puede utilizarse para determinar el tiempo de contacto con los materiales circundantes.

Utilizaremos los niveles freáticos obtenidos en los monitoreos piezométricos. Así mismo también se han considerado los bofedales que se encuentran en la parte superior de la cuenca, como agua subterránea emergente.

Con la finalidad de evitar errores en los niveles freáticos no se han considerado los bofedales que se encuentran en los alrededores de las lagunas, ya que estos podrían ser producto del encharcamiento de las crecidas de las lagunas durante la época de avenida.

Estos niveles freáticos serán interpolados usando el software Arcgis 10.0.

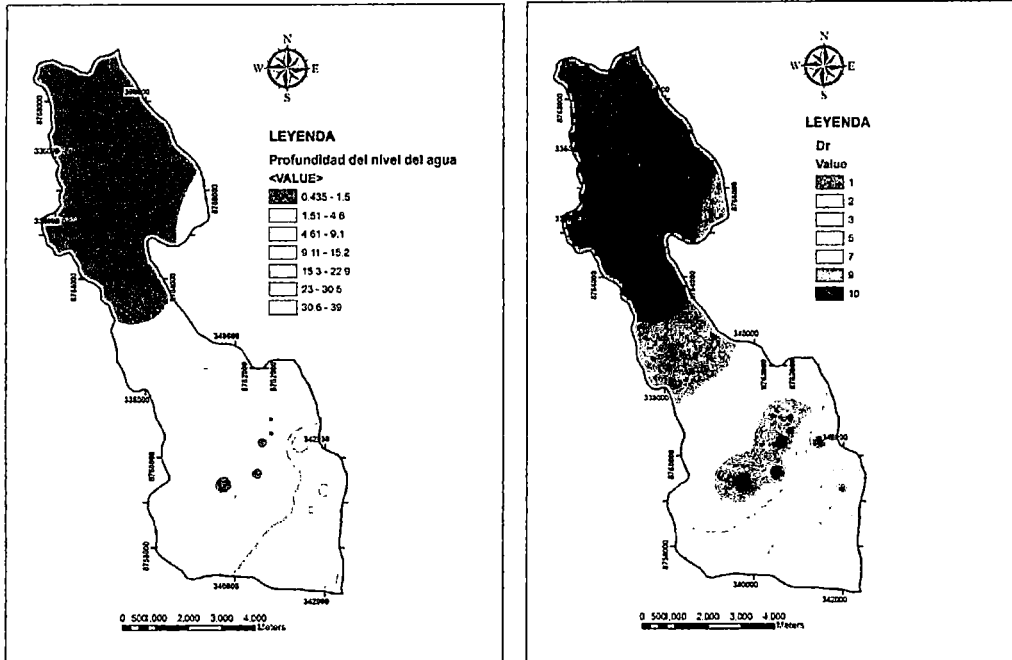
Los valores que se determinaron en función de las profundidades se muestran a continuación:

Cuadro N°43. Profundidad del nivel de agua -Dr

Profundidad del nivel de agua (m)	Dr
0.435-1.5	10
1.51-4.6	9
4.61-9.1	7
9.11-15.2	5
15.3-22.9	3
23-30.5	2
30.6-39	1

Fuente: Método DRASTIC.

Figura N° 24. Valoración de la Profundidad del nivel freático-Dr



Fuente: Elaboración propia

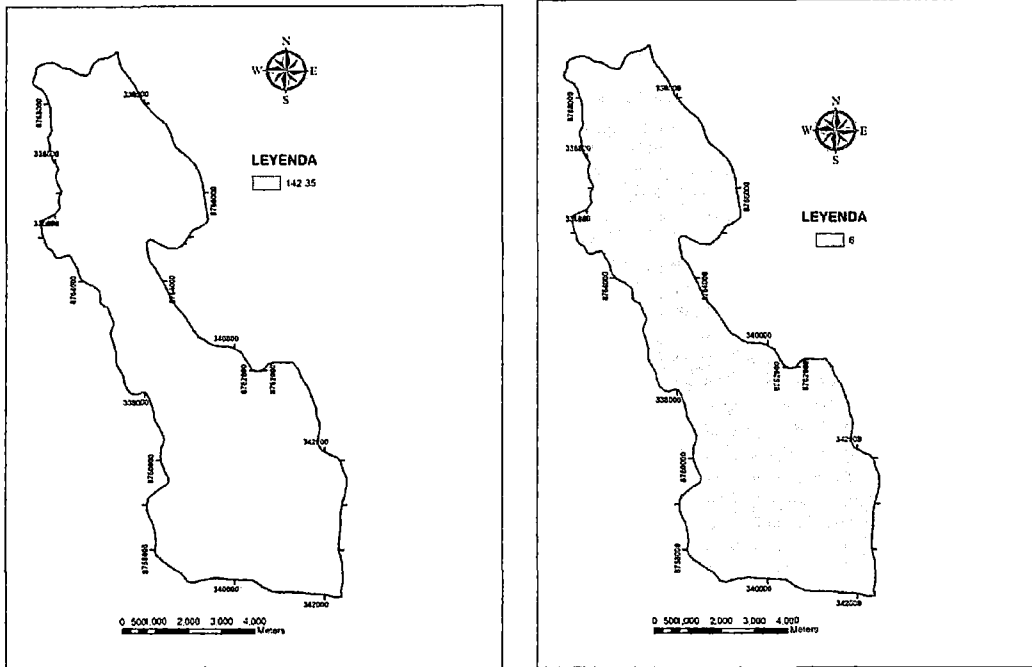
b) Recarga Neta

La recarga neta se refiere a la cantidad total de agua que se infiltra desde la superficie de la tierra y alcanza el acuífero. La recarga neta corresponde a la cantidad media anual infiltrada y no considera la distribución, intensidad o duración de las recargas.

La recarga neta es el resultado de realizar el balance hídrico.

Para nuestro caso la recarga neta viene a ser 142.35 mm anual. Este valor según el método DRASTIC tomará el valor numérico de 6.

Figura N° 25. Valoración de la Recarga Neta-Rr



Fuente: Elaboración propia.

c) Formación geológica

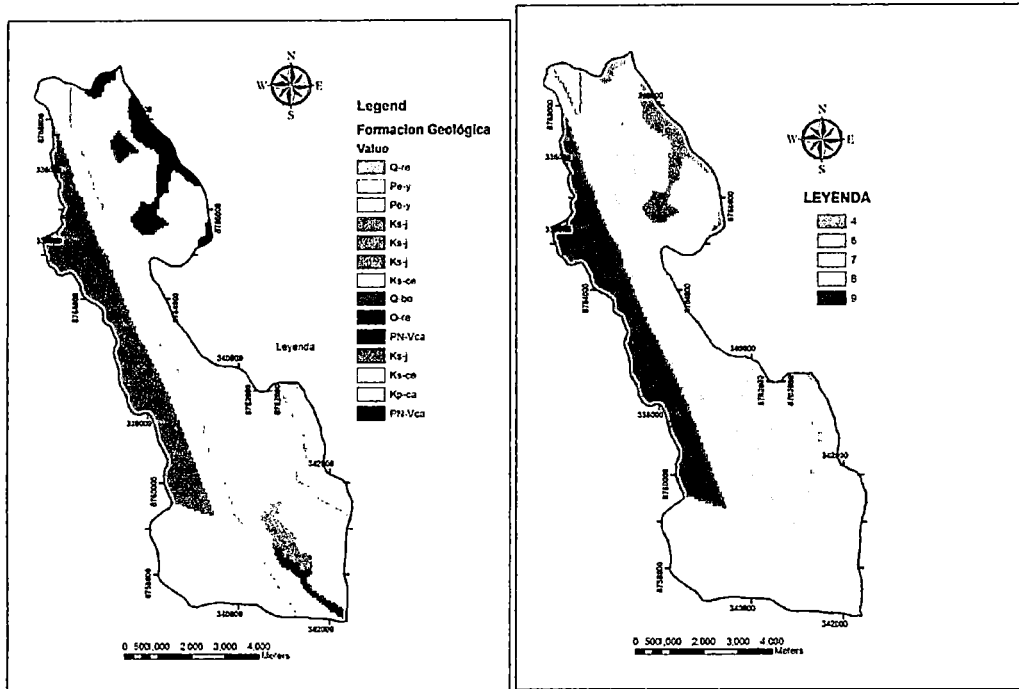
La formación geológica que se tiene en la zona de estudio es:

Cuadro N°44. Formación Geológica -Ar

Formación Geológica		Descripción	Valor
Q-re	Zona de relaves	Arenisca, caliza	6
Pe-y	Formación Yantac	Arena, grava	7
Ks-j	Formación Jumasha	Caliza Kárstica	9
Ks-ce	Formación Celendín	Arenisca, caliza	6
Q-bo	Zona de bofedales	Grava y arena	8
PN-Vca	Formación Volcánicas	Lutita, arcilla	4
Kp-ca	Formación Casapalca	Arenisca, caliza	6

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 26. Valoración de la Formación Geológica-Ar



Fuente: Elaboración propia.

d) Cubierta Edáfica

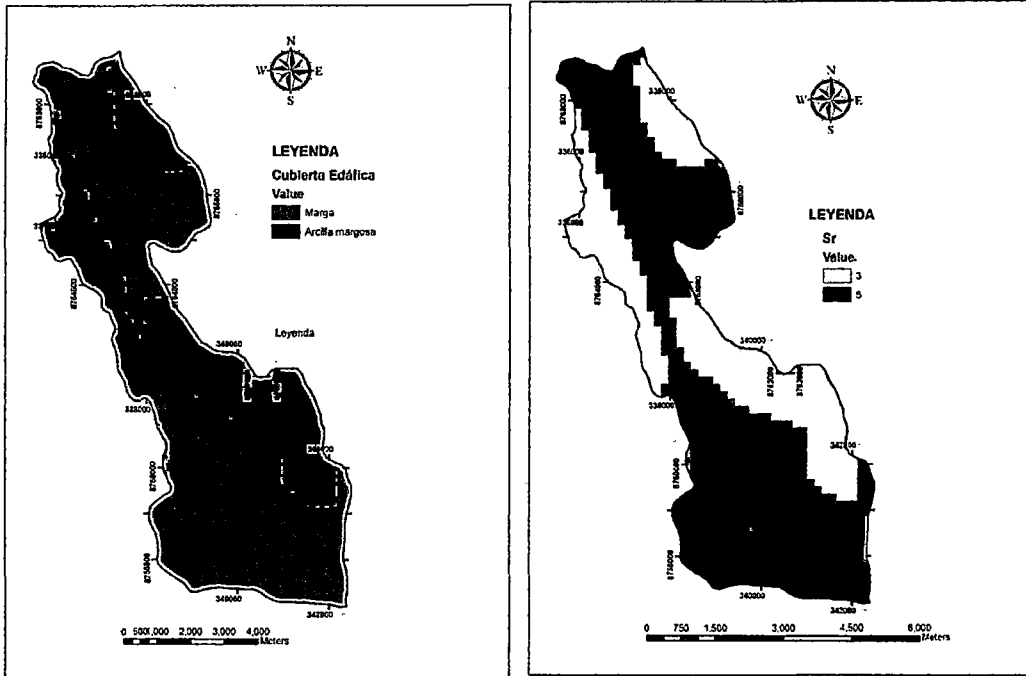
El medio suelo se considera la zona superior meteorizada de la tierra que tiene una profundidad media inferior igual a 1.83 m desde la superficie. El medio del suelo se evalúa en función del tipo de arcilla presente y granulometría del suelo. Las valoraciones determinadas se señalan en el siguiente cuadro:

Cuadro N°45. Formación Geológica-Sr

Cubierta edáfica	Valoración
Marga	3
Arcilla margosa	5

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 27. Valoración de la Cubierta Edáfica-Sr



Fuente: Elaboración propia.

e) Pendiente del terreno

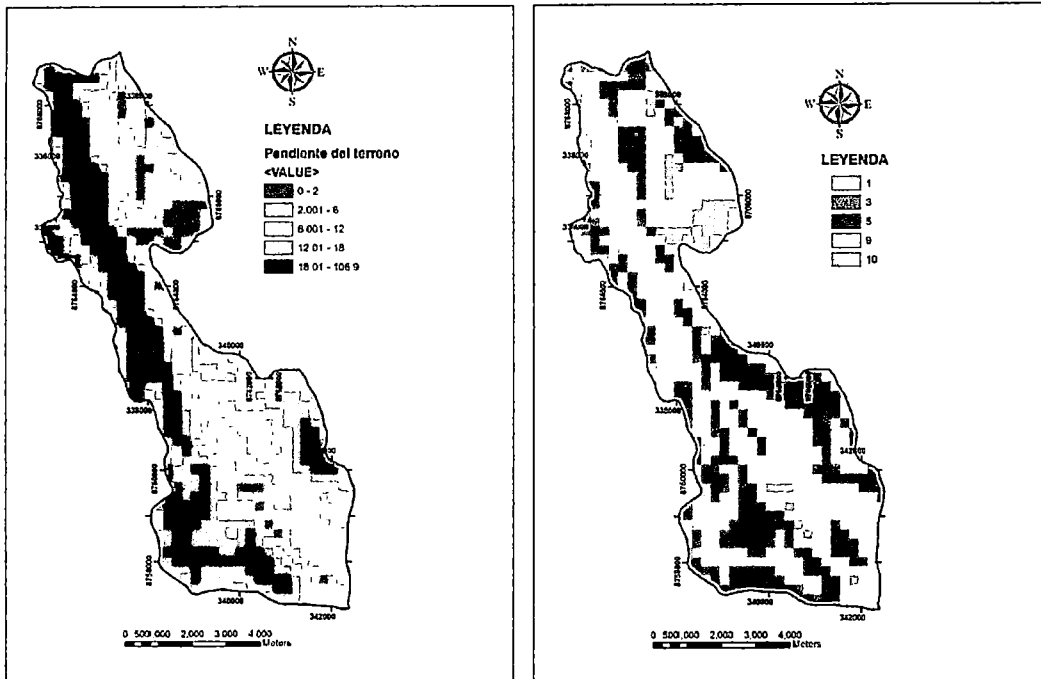
Se refiere a la pendiente de la superficie del terreno y su variabilidad. La tabla X contiene las escalas de pendiente elegidas como significativas para la contaminación potencias del agua subterránea.

Cuadro N°46. Pendiente del terreno-Tr

Pendiente (%)	Valoración
0-2	10
2-6	9
6-12	5
12-18	3
18-107	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 28. Valoración de la Pendiente del Terreno-Tr



Fuente: Elaboración propia.

f) Zona no saturada

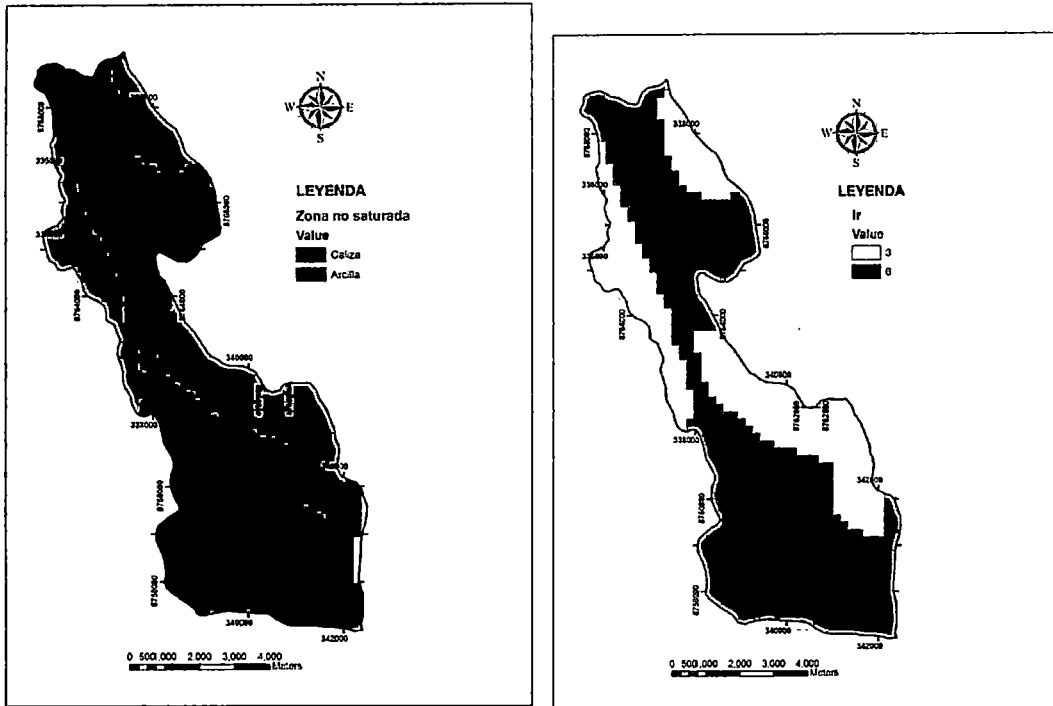
La zona no saturada se define como la zona no saturada o discontinuamente saturada, que queda por encima del nivel freático. La zona vadosa se evalúa en función de la granulometría, fracturamiento, orificio de disolución y potencial de absorción. La tabla muestra las escalas y clasificaciones para la zona no saturada.

Cuadro 47. Zona no saturada-Ir

Naturaleza de la zona no saturada	Valoración
Caliza	6
Arcilla	3

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 29. Valoración de la Zona no saturada-Ir



Fuente: Elaboración propia.

g) Conductividad hidráulica

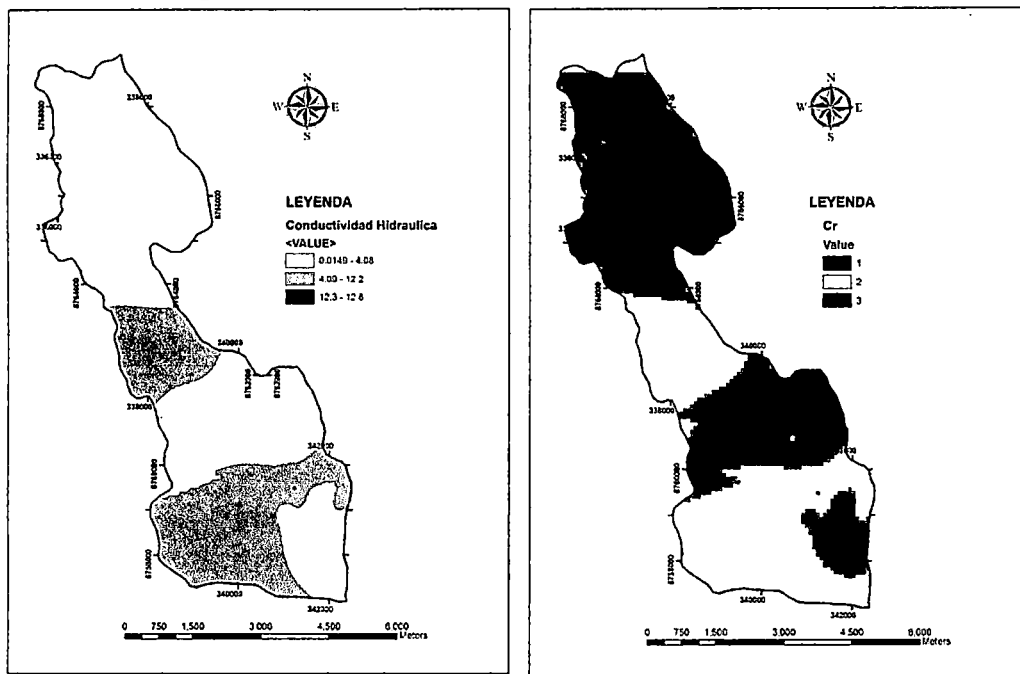
Por último se calculan los valores de la conductividad hidráulica a partir de ensayos de bombeo en el acuífero. En los estudios hidrogeológicos realizados en campo se encuentra información, sobre la conductividad hidráulica.

Cuadro 48. Conductividad Hidráulica-Cr

Conductividad hidráulica (cm/seg)	Valores
0.04-4.08	1
4.08-12.22	2
12.22-8	3

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 30. Valoración de la Conductividad Hidráulica-Cr



Fuente: Elaboración propia.

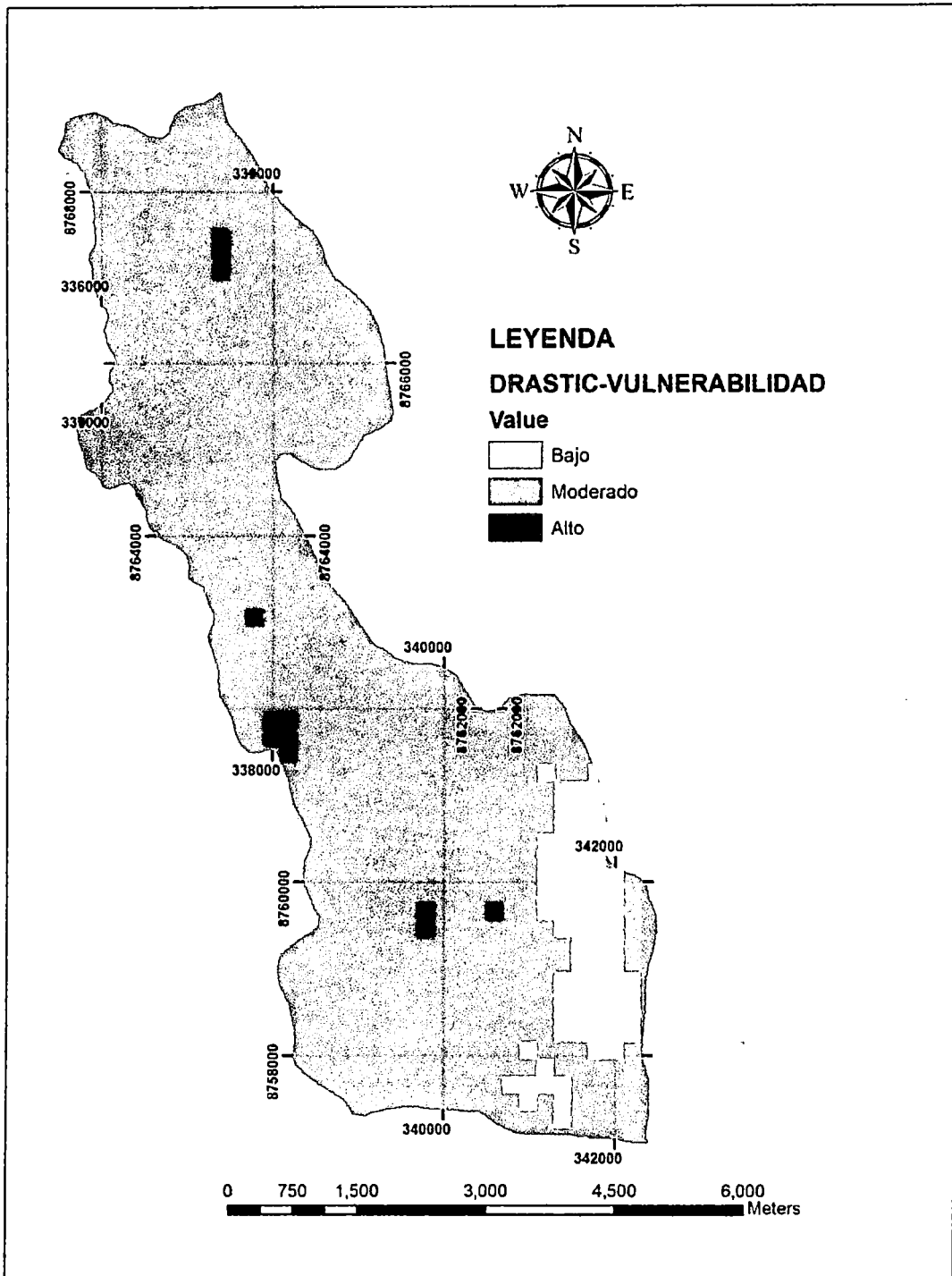
Finalmente, para evaluar una zona determinada, cada factor se valora en una escala de 0 a 10, que indica la potencial contaminación relativa del factor dado para esa zona. Los valores de peso o ponderación de 1 a 5 expresan la importancia relativa de unos factores con respecto a otros.

Las clasificaciones se obtienen a partir de las tablas o gráficos para cada factor, mientras que los pesos de importancia se encuentran en las tablas genéricas del modelo DRASTIC.

Cuadro N° 49. Vulnerabilidad modelo DRASTIC

Rango	Vulnerabilidad
23-64	Muy bajo
64-105	Bajo
105-146	Moderado
146-187	Alto
187-230	Muy alto

Figura N° 31. Vulnerabilidad DRASTIC



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°31 se muestra que nuestra zona de estudio tiene áreas de vulnerabilidad baja, moderada y alta, sin llegar a ser muy alta.

La zona de vulnerabilidad baja se da exactamente sobre la zona de explotación, mientras que el alta se da en ciertos puntos definidos. Finalmente la vulnerabilidad moderada se da en casi toda la zona de estudio.

2.6. Mapas de peligros

2.6.1. Descripción de actividades

➤ Actividades mineras

En nuestra zona de estudio, se ha establecido la Compañía minera Alpamarca.

Esta mina estuvo en operación desde el siglo pasado, aproximadamente desde el año 1950 hasta el año 1983. Las operaciones continuaron hasta 1983, año en que paraliza por motivos de índole laboral, económicos y otros.

En el año 2006 con la creación de la Compañía Minera Alpamarca S.A.C., se da inicio a los primeros trámites para la exploración del proyecto minero de la mina Alpamarca. Desde 2008 hasta el 2010, recibió la calificación de Pequeño Productor Minero (PPM).

Actualmente, desarrolla un programa de exploración y explotación de mineral polimetalico mediante minería superficial en los tajos Nito, Nueva Fortuna, Fortuna, Juanita, Anita y Don Pablo, así mismo realiza la exploración en minería subterránea de las galerías (Nv 200 y 400) para luego determinar el método de explotación.

El año 2010, debido al aumento de los precios de los metales preciosos se planeó la instalación de una planta de Beneficio para el procesamiento de minerales que tendrá una producción de 2000 TM/día, y también construir su respectivo depósito de relaves.

2.6.1.1. Planta de Beneficio

Actualmente se está ejecutando la construcción de la Planta de Beneficio, la cual operará con el método de flotación, para el tratamiento de minerales poli metálicos de cobre, plomo, zinc y plata, con una capacidad de 2,000 TM/día.

Los procesos unitarios que tendrá esta planta de beneficio son los siguientes: Sección de Chancado, Sección de Molienda, Sección de Flotación y Sección de Espesamiento y Filtrado.

La infraestructura de la Planta de Beneficio contempla también la adecuación de un depósito de minerales con capacidad de almacenamiento proyectada de 10,000 TN de mineral, proveniente de la zona de explotación minera, además está la construcción e instalación de oficinas administrativas, almacenes de reactivos, sistemas e instalaciones de seguridad, balanza de pesaje de camiones, sub estaciones eléctricas, talleres, entre otros.

El circuito de procesamiento para la flotación de Pb-Cu-Zn utiliza reactivos que se pueden clasificar como: modificadores de pH, espumantes, colectores, depresores, activadores. Estos reactivos serán suministrados desde un almacén diseñado para tal fin, y que constará de áreas como: preparación, almacenamiento y dosificación de reactivos.

Los consumos estimados de reactivos son los siguientes:

Cuadro N° 50: Consumo de reactivos

REACTIVOS	CONSUMO	
	gr/TN	Kg/més
MODIFICADORES		
Cal	4150	249000
Carbón Activado	50	3000
ACTIVADORES		
Sulfato de Cobre	400	24000
DEPRESORES		
Sulfato de Zinc	290	17400
Cianuro de Sodio	30	1800
RCS	175	10500
<i>Carboximetilcelulosa</i>	35	2100
<i>Dicromato de Sodio</i>	105	6300
<i>Fosfato Monosódico</i>	35	2100
DISPERSANTES		
Silicato de Sodio	540	32400

COLECTORES		
Xantato Z-11	6	330
Aerofloat A-31	2	120
ESPUMANTES		
MIBC	30	1800
FLOCULANTES		
Floculantes	20	1200

Fuente: Compañía Minera Alpamarca.

Una de las amenazas identificadas en la planta beneficio es el derrame de estos reactivos y la posterior contaminación de las aguas subterráneas.

2.6.1.2. Disposición de Relaves

Asimismo se está ejecutando la construcción del depósito de relaves Alpamarca. Para el diseño de los circuitos, así como para el dimensionamiento de equipos se ha tomado como base las características físico químicas y comportamiento metalúrgico del mineral de Alpamarca, establecidas mediante diferentes pruebas tanto en los laboratorios metalúrgicos de Animon y Yauli, como en los resultados obtenidos en las campañas de tratamiento realizadas en la planta concentradora Animon de la EA Chungar, y en los estudios de investigación realizados por los laboratorios metalúrgicos.

La disposición de relaves se plantea mediante la clasificación de los relaves, para obtener un producto grueso, con la granulometría adecuada para relleno de mina y el material fino derivarlo al depósito de relaves.

El agua de drenaje del depósito de relaves será recuperada y recirculada para emplearla nuevamente en las operaciones de planta, y cumplir con la legislación vigente referida al cuidado del medio ambiente.

El futuro depósito de relaves Alpamarca, contará con un dique de arranque, compuesto por material proveniente de los desmontes de mina; este dique crecerá

progresivamente empleando el material grueso proveniente del cicloneado de los relaves a depositar.

Es importante señalar el depósito de relaves, contará con canales de coronación, que impedirán el ingreso de la escorrentía superficial hacia el vaso del depósito, imposibilitando la formación de áreas saturadas en dicha zona.

El esquema general de obras, comprende los siguientes componentes:

- Presa del depósito de Relaves.
- Dos canales de coronación en ambas márgenes del depósito de Relaves.
- Sistemas de drenaje en el vaso y en el cuerpo de la Presa, el que consistirá en un dren principal y drenes transversales secundarios, los mismos que serán distribuidos en toda el área de la presa de relaves.
- Sistema de drenaje de aguas de infiltración en el Vaso
- Sistema de conducción de Relaves en pulpa.
- Sistema de Recirculación de Aguas de relaves.
- Obras de arte

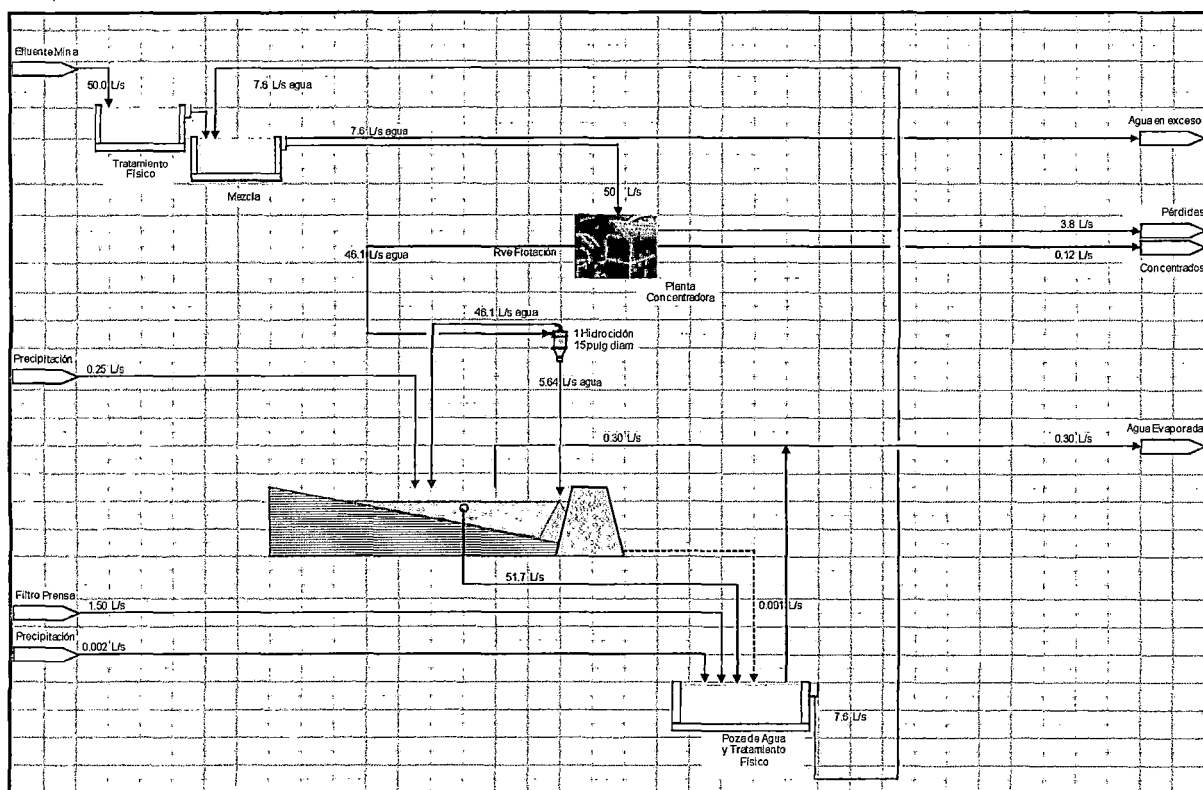
El sistema de recirculación de aguas de relave considera proveer agua para la operación de la Planta de Beneficio Alpamarca.

Dicho sistema se inicia con el drenaje mediante bombeo y quenas del agua de pondaje del depósito de relaves hacia las pozas de sedimentación ubicado aguas abajo del dique; seguidamente las aguas almacenadas en estas pozas se conducirán por gravedad mediante una tubería del tipo HDPE hacia una poza ubicada a 1.5 km aproximadamente de la presa de relaves, donde se juntarán con las aguas provenientes de la bocamina del nivel 400 para finalmente ser conducidas mediante un canal hacia una poza de almacenamiento, desde donde se bombeará hacia la planta para su uso durante el proceso metalúrgico.

Las aguas almacenadas en la segunda poza, serán muestreadas mediante análisis físico – químicos para verificar que cumplan las normas medioambientales

referentes a la calidad de aguas y su posterior evacuación al medio ambiente y reutilización en la planta de beneficio.

Esquema N°5. Manejo de aguas en la compañía minera Alpamarca



Fuente: Compañía Minera Alpamarca.

2.6.1.3. Campamento

La compañía minera Alpamarca el año 2,007 inició un programa de construcción y rehabilitación de la infraestructura existente que se encontraba en estado de abandono y que se encontraba en calidad de pasivo ambiental, estos se han convertido actualmente en activos y punto base del inicio de trabajos en la mina Alpamarca, entre ellos podemos mencionar: los campamentos de obreros, los módulos para empleados, el staff del personal, comedor, oficinas generales, posta médica, almacén central, etc.

Adicionalmente se contempla la construcción de las siguientes instalaciones auxiliares y/o complementarias a la planta de beneficio como son: un almacén de reactivos, balanza para el pesaje de los camiones con mineral y concentrado, taller de maestranza de la planta, oficinas administrativas, campamentos provisionales durante la etapa de construcción, así como comedor y servicios higiénicos.

➤ Actividades Pastoreo

La zona de estudio tiene como una de sus actividades esporádicas el pastoreo de auquénidos, se han avistado restos de ganado vacuno y ovino.

2.6.2. Valoración Numérica

Siguiendo la metodología se procede a dar una valoración a dichas actividades. Previamente se hallan los valores para los siguientes parámetros:

$$HI = H \cdot T \cdot P$$

Donde:

HI: Peligro de contaminación de la actividad.

H: peso de la actividad peligrosa (tabla modificada del COST Action 620)

T: factor de toxicidad de la actividad peligrosa.

P: probabilidad de que le evento de contaminación ocurra.

- H: Peso de la actividad peligrosa (tabla presentada por COST Action 620)

La tablapresentada por COST Action 620 en 2009, no considero actividades mineras, por lo que en esta tesis se plantea una valoración H para actividades mineras.

Esta valoración fue establecida según el criterio del autor de la tesis y considerando las similitudes en actividades presentes en la tabla original (Ver Anexo C).

Cuadro N° 51. Peso de la actividad peligrosa- H

N°	Riesgo	Valoración H
Actividades Mineras		
1.1	Excavación	
	Excavación a tajo abierto	60
	Excavación subterráneo	75
1.2	Plantas procesadoras	
	Planta beneficio	98
1.3	Presa de relaves	85
1.4	Campamento	20

Fuente: Elaboración propia

- T: factor de toxicidad de la actividad peligrosa.

El factor de toxicidad de la actividad peligrosa minera en la zona de estudio, se calculó considerando el manejo de reactivos químicos utilizados en la planta beneficio y que son dañinos a la salud humana y al medio ambiente.

Para esto se dividió la concentración de los diversos reactivos químicos a la salida del efluente de la planta beneficio con la concentración límite de mortalidad para el 50% de la muestra estudiada, en nuestro caso las pruebas se hicieron sobre peces, con 96 horas de exposición.

Si bien es cierto la planta beneficio aún no está en operación, se tiene el caudal de agua que será utilizado para las operaciones en la planta (50Lps). Asimismo también se tiene como dato la cantidad de reactivos que se proyecta usar (ver cuadro N°49); por lo tanto se obtuvo la concentración a la salida de la planta concentradora de cada reactivo químico usado.

Cuadro N° 52. Factor de toxicidad de la actividad peligrosa-T

Reactivos	Concentración reactivo		Concentración salida del efluente-proyectada	Umbral para efectos eco-tóxicos	Factor de toxicidad del compuesto
	Kg/mes	mg/seg	mg/l	Prueba peces (mg/Lt)	
Cal	249000	96064.81	1921.30	...	...
Carbón Activado	3000	1.157	0.02	...	...
Sulfato de Cobre	24000	9.259	0.19	0.10	1.85
Sulfato de Zinc	17400	6.713	0.13	280.00	0.00048
Cianuro de Sodio	1800	0.694	0.01	0.43	0.03
Carboximetilcelulosa	2100	0.810	0.02	2000.00	0.000008
Dicromato de Sodio	6300	2.431	0.05	...	...
Fosfato Monosódico	2100	0.810	0.02	...	...
Silicato de Sodio	32400	12.500	0.25	270.00	0.0009
Xantato Z-11	330	0.127	0.00	...	...
Aerofloat A-31	120	0.046	0.00	125.00	0.000007
Espumante	1800	0.694	0.01	(*)	...
Floculantes	1200	0.463	0.01	120.00	0.000077
				Toxicidad promedio	0.27

(*) Se degrada en lodos.

Fuente: Elaboración propia

- P: probabilidad de que le evento de contaminación ocurra.

No se tiene información estadística del evento por lo tanto la probabilidad se considera 1.

A continuación se reemplazo las tres variables (H, T, P); obteniéndose valores numéricos de peligrosidad para las diferentes actividades.

Cuadro N° 53. Peligro de contaminación por actividad

Actividad	H	T	Peligro
Excavación a tajo abierto	75	0.27	20.25
Planta beneficio	98	0.27	26.46
Presa de relaves	85	0.27	22.95
Campamento	20	0.2	4.00
Zona de pastoreo	1	...	1

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se colocarán los valores numéricos a los rangos de peligro para construir el mapa de peligros, según el cuadro N°10 establecido en la metodología.

Cuadro N° 54. Valor numérico para rangos de peligro

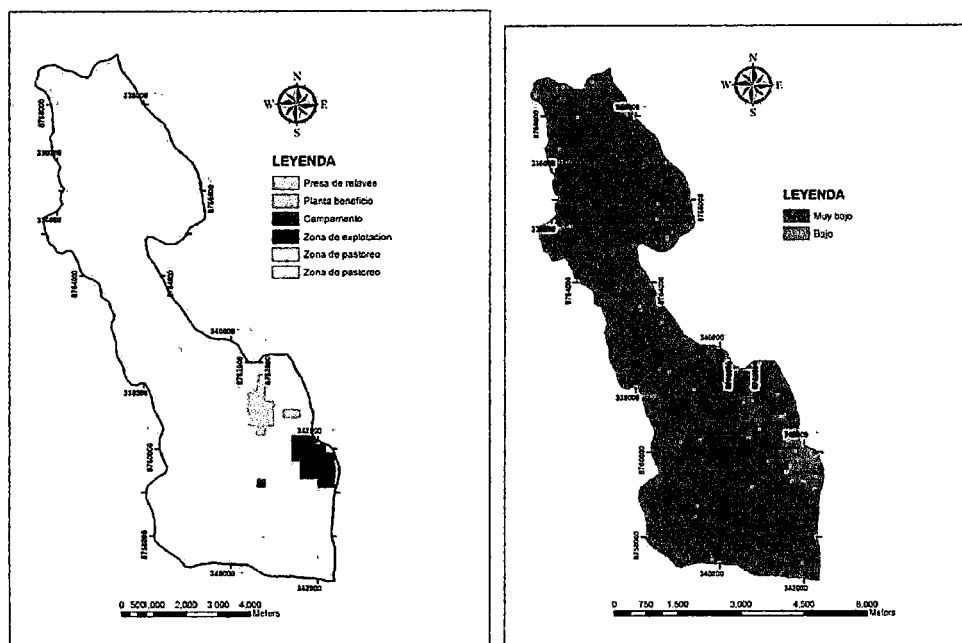
Actividad	Peligro	Valor numérico	Descripción
Excavación a tajo abierto	20.25	2	Bajo
Planta beneficio	26.46	2	Bajo
Presa de relaves	22.95	2	Bajo
Campamento	4.00	1	Muy bajo
Pastoreo	2	1	Muy bajo

Fuente: Elaboración propia

La peligrosidad de las actividades desarrolladas en la subcuenca Aguascocha, según la metodología establecida en la presente tesis, nos da rangos de peligrosidad de muy bajo a bajo.

Estos valores de peligro fueron plasmados en el mapa de peligros de la zona de estudio, considerando la ubicación de las actividades.

Figura N° 32. Valoración actividades contaminantes-Mapa peligros



Fuente: Elaboración propia

El mapa de peligros nos muestra actividades que oscilan entre muy bajo y bajo peligro.

El peligro muy bajo se presenta en el 95.7% del área total de la zona de estudio.

El peligro bajo se presenta en el 4.3% del área total de la zona de estudio, ubicado en la zona de explotación minera, la presa de relaves y la planta beneficio.

La razón por la que estos valores de peligro son bajos y muy bajos, se debe principalmente al amplio grado de dilución que tiene los reactivos químicos en la planta concentradora, haciendo que la proporción con relación al límite de toxicidad sea mínima.

CAPITULO III. RESULTADOS

“Un hidrogeólogo debe tener un fondo en todos los aspectos del ciclo hidrológico. Ellos están preocupados con la precipitación, la evaporación, el agua superficial, y aguas subterráneas. Los que se llaman hidrogeólogos también pueden tener alguna área de especialización, como la zona de vadosa, el trazar un mapa de ordenador, hidráulica, el abastecimiento de agua público, tanques de almacenaje subterráneos, la protección de la fuente de agua áreas, y la interacción de aguas subterráneas... (Manual of applied Hydrgeology, 2004 Willis.D.Weight)”

3.1. RIESGO DE CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

El análisis de riesgo de contaminación que se presenta en la presente tesis está orientado a determinar el posible efecto de las distintas actividades mineras sobre las aguas subterráneas.

Estas actividades fueron previamente categorizadas numéricamente en el capítulo anterior, estableciendo una metodología modificada de la propuesta por COST para construir el mapa de peligros.

Asimismo también se construirá un escenario utilizando la información de calidad de agua subterránea, hallando índices de riesgo de contaminación basada principalmente en las concentraciones obtenidas en campo y las concentraciones máximo permisibles de cada contaminante según norma peruana.

Se planteo dos metodologías que están siendo muy utilizadas en la determinación del riesgo de contaminación en diversos países europeos, pero que fueron modificados a nuestra realidad y a nuestras necesidades.

3.1.1. ESCENARIO: MAPA DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN - CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

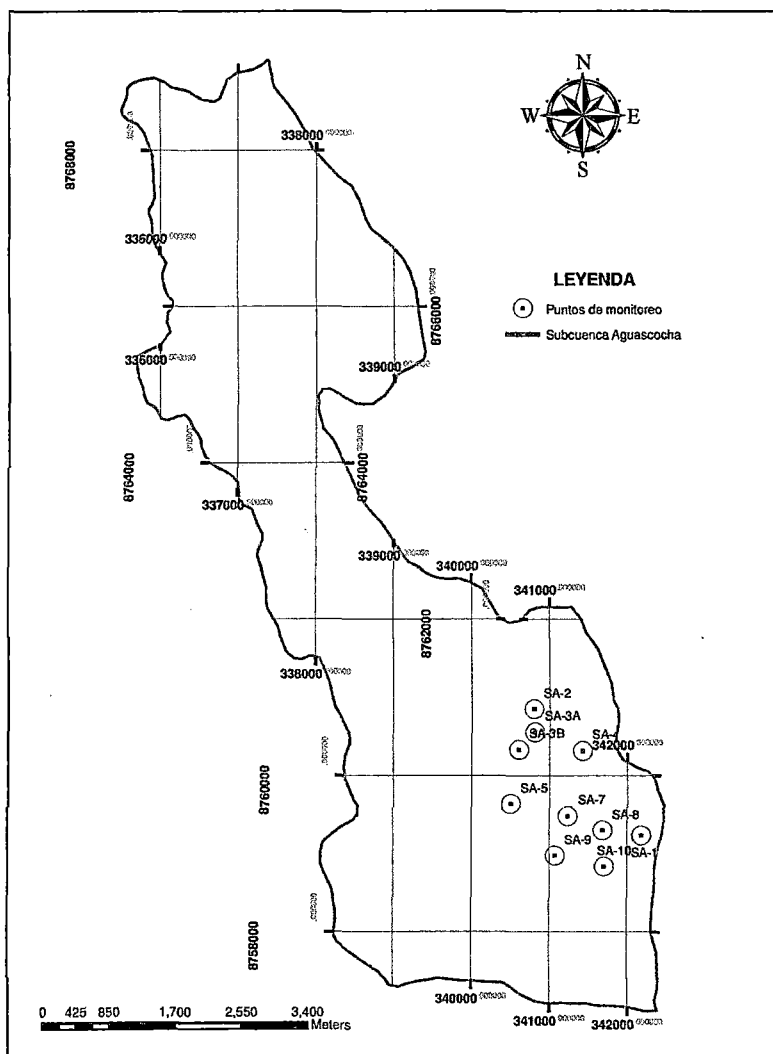
A continuación se presentan las concentraciones del último monitoreo de agua subterránea.

Las concentraciones son el resultado de la toma de muestras en piezómetros puntuales todos pertenecientes a la Compañía Minera Alparmarca.

Sin embargo estos piezómetros no son suficientes para hallar el riesgo de contaminación de la subcuenca Aguascocha en estudio.

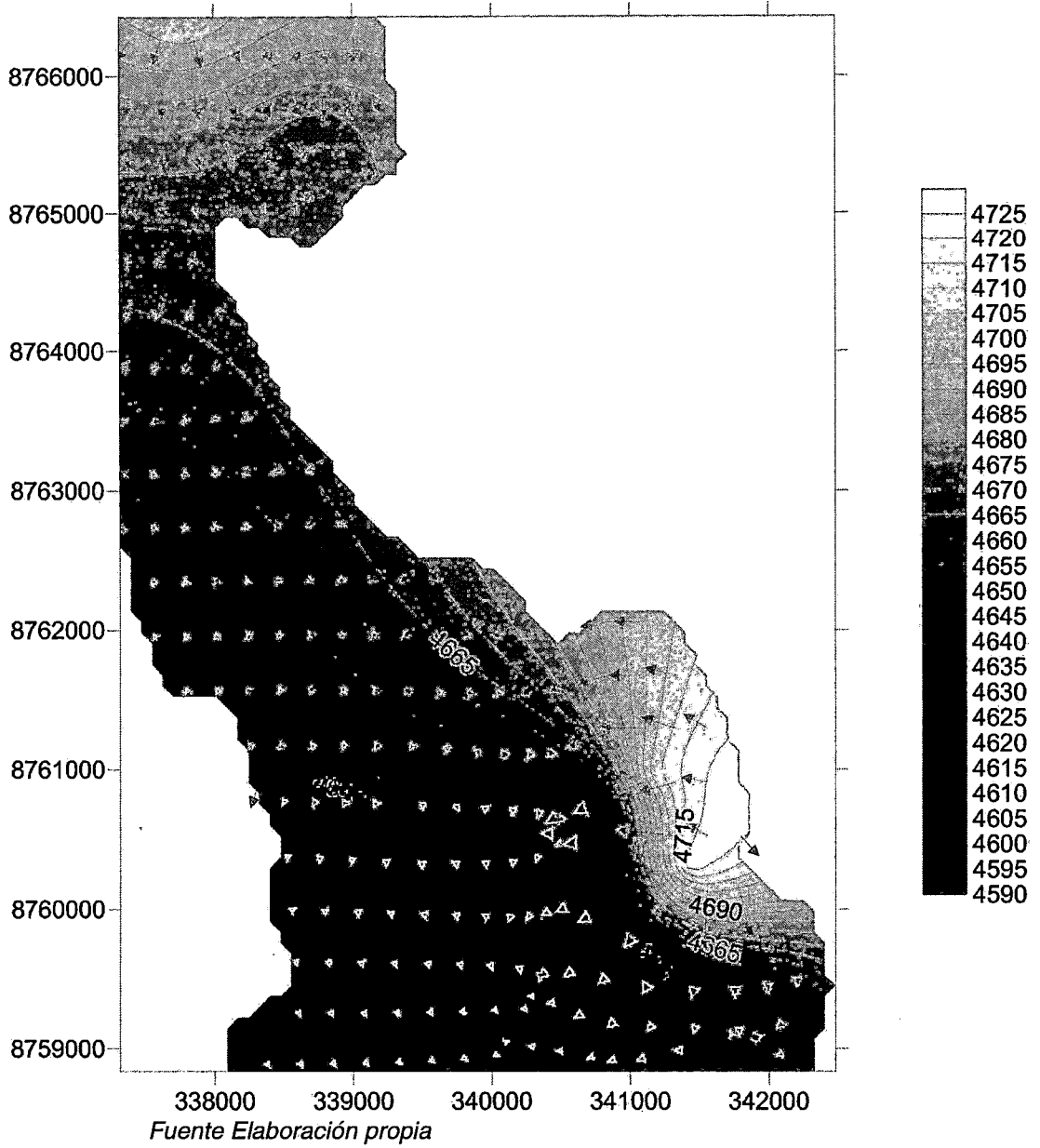
Por lo que se hizo una interpolación de las concentraciones usando el método Kriging para cubrir mas área, empero el área cubierta es la decima parte del área de estudio.

Figura N°33. Ubicación de puntos de monitoreo de piezómetros



Fuente: Compañía Minera Alparmarca.

Figura N°34. Dirección de flujo de las aguas subterráneas



Cuadro N° 54. Índices de riesgo de contaminación de aguas subterráneas-Calidad de agua

Punto	Coordenadas		Calidad de agua subterránea (mg/Lt)						Índice de riesgo de contaminación					
	Norte	Este	Aluminio	Arsénico	Calcio	Hierro	Manganeso	Plomo	Ir: Aluminio	Ir: Arsénico	Ir: Calcio	Ir: Hierro	Ir: Manganeso	Ir: Plomo
SA-2	8,760,844.44	340,795.43	0.11	0.003	81.3	0.468	0.221	0.005	0.02	0.06	0.41	0.47	1.11	0.10
SA-3A	8,760,554.89	340,807.20	1.23	0.003	105	0.767	0.208	0.005	0.25	0.06	0.53	0.77	1.04	0.10
SA-3B	8,760,333.63	340,605.38	2.56	0.003	60.9	4.182	0.435	0.024	0.51	0.06	0.30	4.18	2.18	0.48
SA-4	8,760,314.22	341421.08	1.3	0.011	72.1	1.76	0.251	0.51	0.26	0.22	0.36	1.76	1.26	10.20
SA-5	8,759,634.99	340502.99	0.52	0.009	41.7	1.157	0.059	0.281	0.10	0.18	0.21	1.16	0.30	5.62
SA-7	8,759,480.99	341237.11	2.91	0.03	47.1	1.752	0.075	0.359	0.58	0.60	0.24	1.75	0.38	7.18
SA-8	8,759,299.29	341679.95	1.47	0.035	229	1.545	0.594	0.956	0.29	0.70	1.15	1.55	2.97	19.12
SA-9	8,758,980.87	341070.12	0.1	0.003	284	0.255	0.087	0.005	0.02	0.06	1.42	0.26	0.44	0.10
SA-10	8,758,837.39	341692.09	7.79	0.076	61.2	9.502	1.039	1.525	1.56	1.52	0.31	9.50	5.20	30.50
SA-11	8,758,918.43	342,482.41	0.75	0.003	200	1.418	0.533	0.088	0.15	0.06	1.00	1.42	2.67	1.76
SA-13	8,759,236.84	342,168.47	1.21	0.022	198	1.059	0.801	0.524	0.24	0.44	0.99	1.06	4.01	10.48

Fuente Elaboración propia

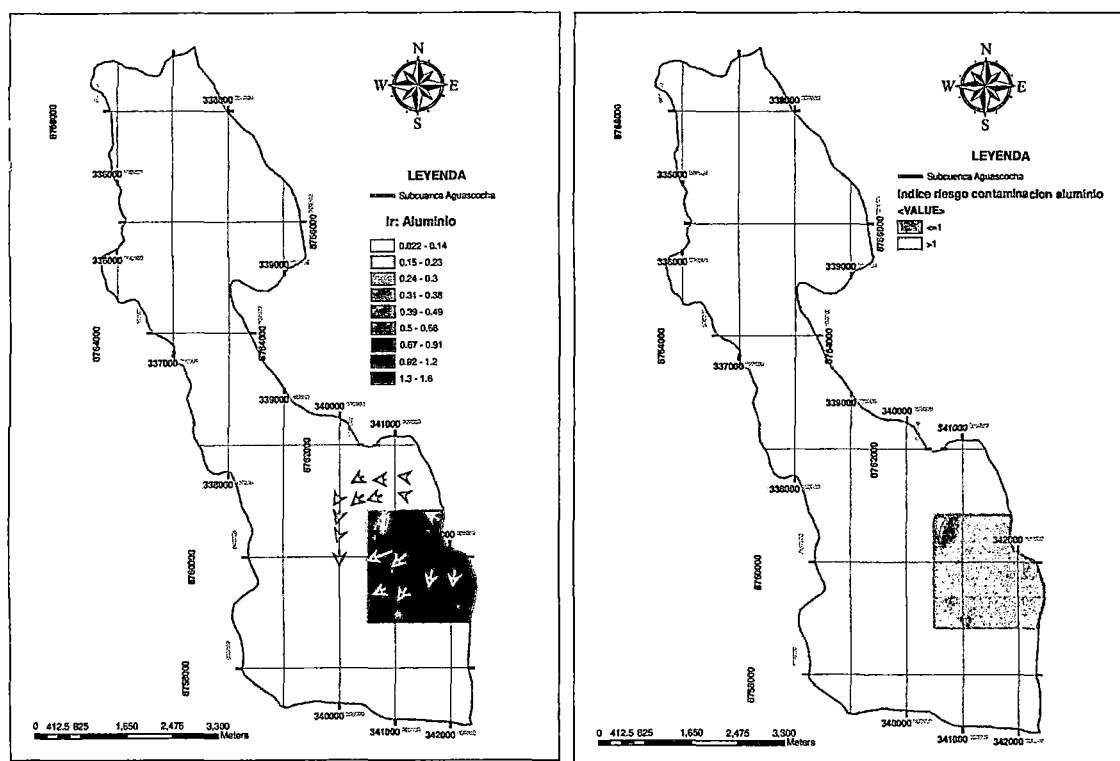
Cuadro N°55. Estándar de calidad de agua-ECA-categoría 3

Estándar de calidad de agua -Categoría 3 (mg/Lt)					
Aluminio	Arsénico	Calcio	Hierro	Manganeso	Plomo
5	0.05	200	1	0.2	0.05

3.1.1.1. Índice de riesgo de contaminación Aluminio

La figura N°35 muestra el índice de riesgo de contaminación del aluminio en la zona de estudio, las flechas de color rojo señalan el sentido de flujo de las aguas subterráneas descrito en el capítulo anterior.

Figura N°35. Índice de riesgo de contaminación de Aluminio



Fuente: Elaboración propia

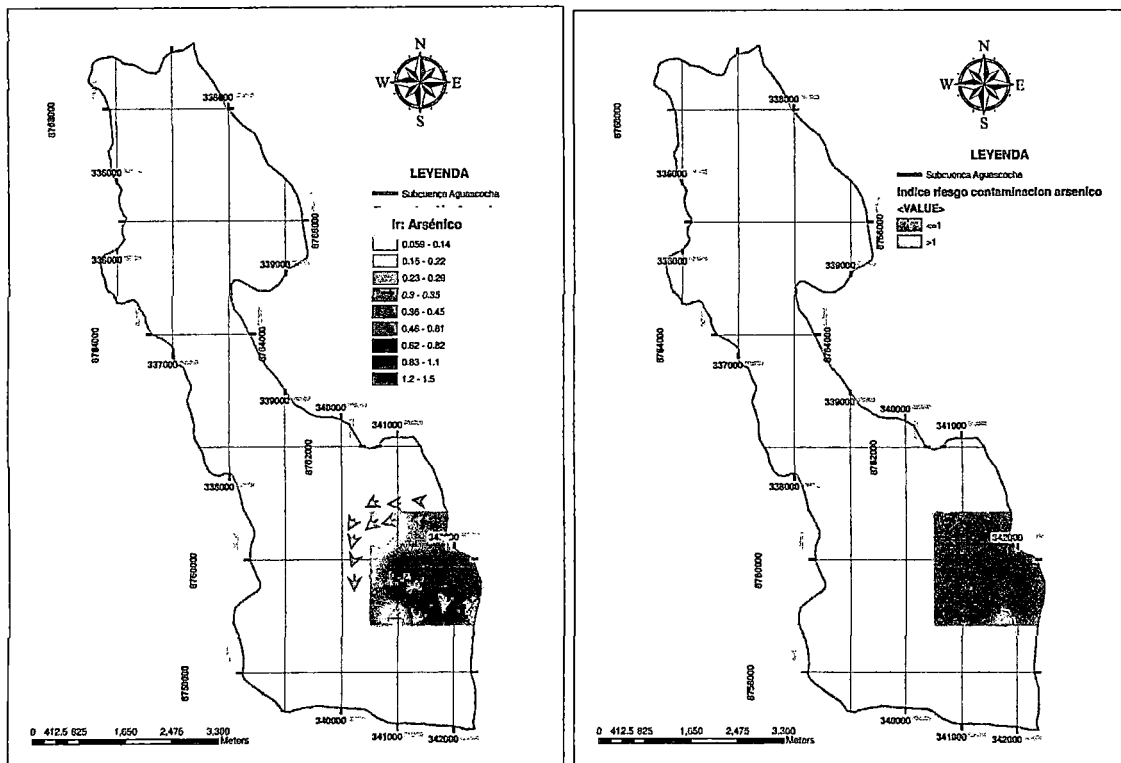
De la figura N°35 observamos a las concentraciones altas de aluminio que superan el Estándar de calidad ambiental (ECA-cat.3) se concentran en el lado sur este de nuestra zona de estudio. El sentido de flujo de las aguas subterráneas nos muestra que las aguas con concentraciones altas de aluminio se direccionan hacia la laguna Tuctococha y hacia la quebrada Aguascocha.

3.1.1.2. Índice de riesgo de contaminación Arsénico

De la figura N°36 observamos a las concentraciones altas de arsénico que superan el Estándar de calidad ambiental (ECA-cat.3) se concentran en una pequeña zona, ubicada al lado sur este de nuestra zona de estudio.

El sentido de flujo de las aguas subterráneas nos muestra que las aguas con concentraciones altas de arsénico se direccionan hacia la laguna Tuctocochoa.

Figura N°36. Índice de riesgo de contaminación de Arsénico



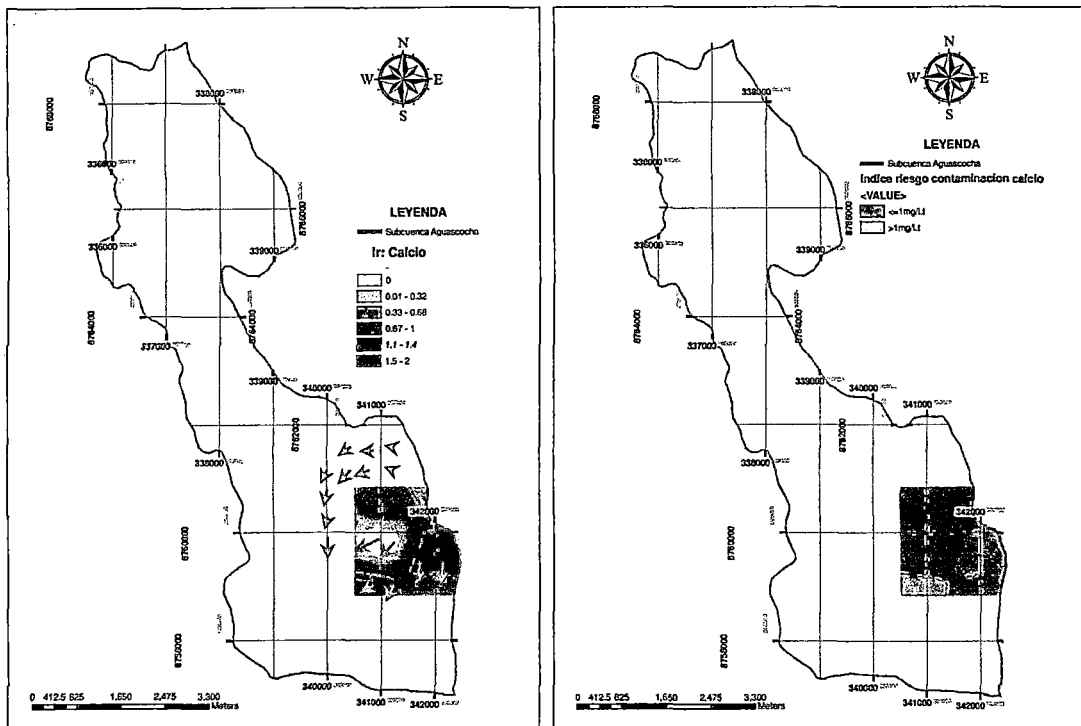
Fuente: Elaboración propia

3.1.1.3. Índice de riesgo de contaminación Calcio

De la figura N° 37 se observa a las concentraciones altas de calcio que superan el Estándar de calidad ambiental (ECA-cat.3) las cuales se concentran en dos zonas: una ubicada al lado sur este y la otra en la zona sur de la subcuenca Aguascocha.

El sentido de flujo de las aguas subterráneas, nos muestra que las aguas con concentraciones altas de calcio se direccionan hacia la laguna Tuctococha y la quebrada Aguascocha.

Figura N°37. Índice de riesgo de contaminación de calcio

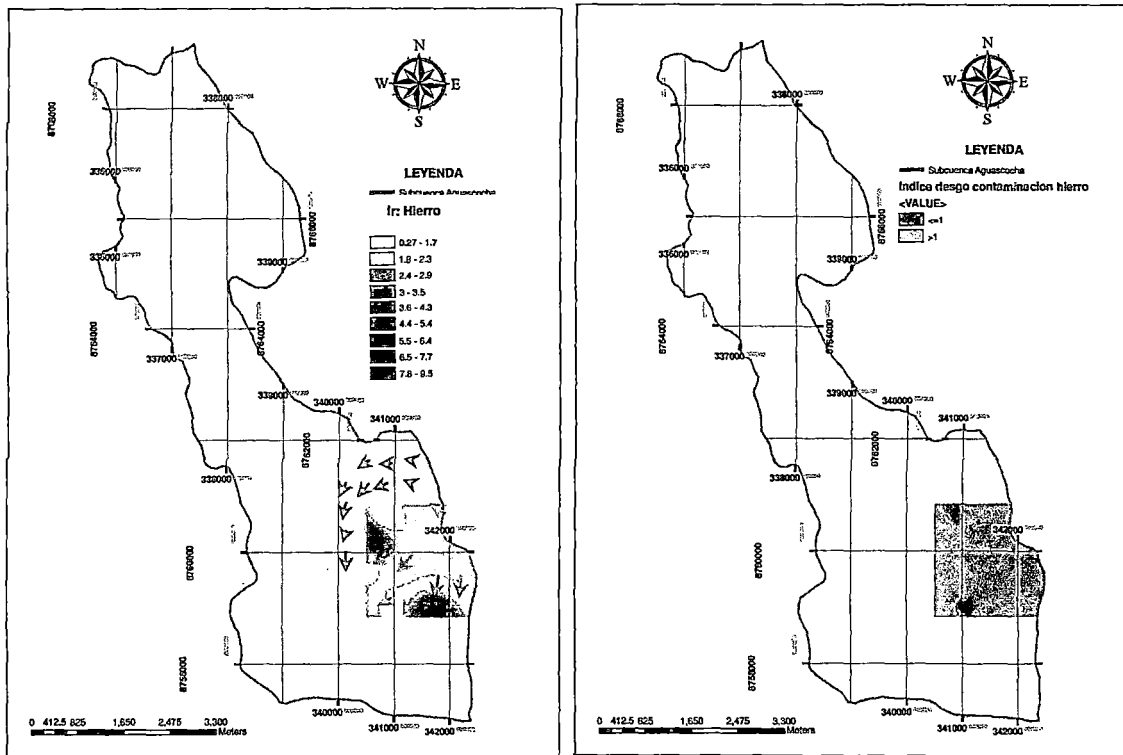


Fuente Elaboración propia

3.1.1.4. Índice de riesgo de contaminación Hierro

De la figura N°39 observamos a las concentraciones altas de hierro que superan el Estándar de calidad ambiental (ECA-cat.3) se concentran en el lado sur este de la subcuenca Aguascocha. El sentido de flujo de las aguas subterráneas, nos muestra que las aguas con concentraciones altas de hierro se direccionan hacia la laguna Tuctococha.

Figura N°38. Índice de riesgo de contaminación de Hierro

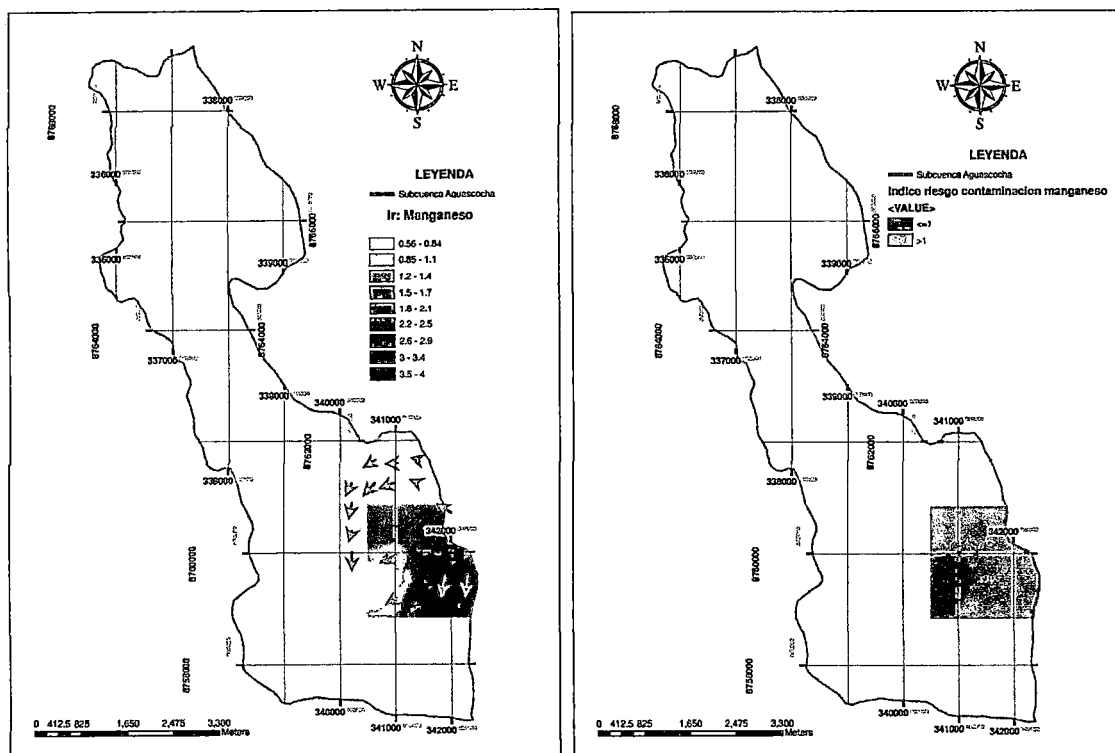


Fuente Elaboración propia

3.1.1.5. Índice de riesgo de contaminación Manganese

De la figura N°39 observamos a las concentraciones altas de manganese que superan el Estándar de calidad ambiental (ECA-cat.3) se concentran en el lado sur este de la subcuena Aguascocha. El sentido de flujo de las aguas subterráneas, nos muestra que las aguas con concentraciones altas de manganese se direccionan hacia la laguna Tuctocochoa.

Figura N°39. Índice de riesgo de contaminación de manganeso

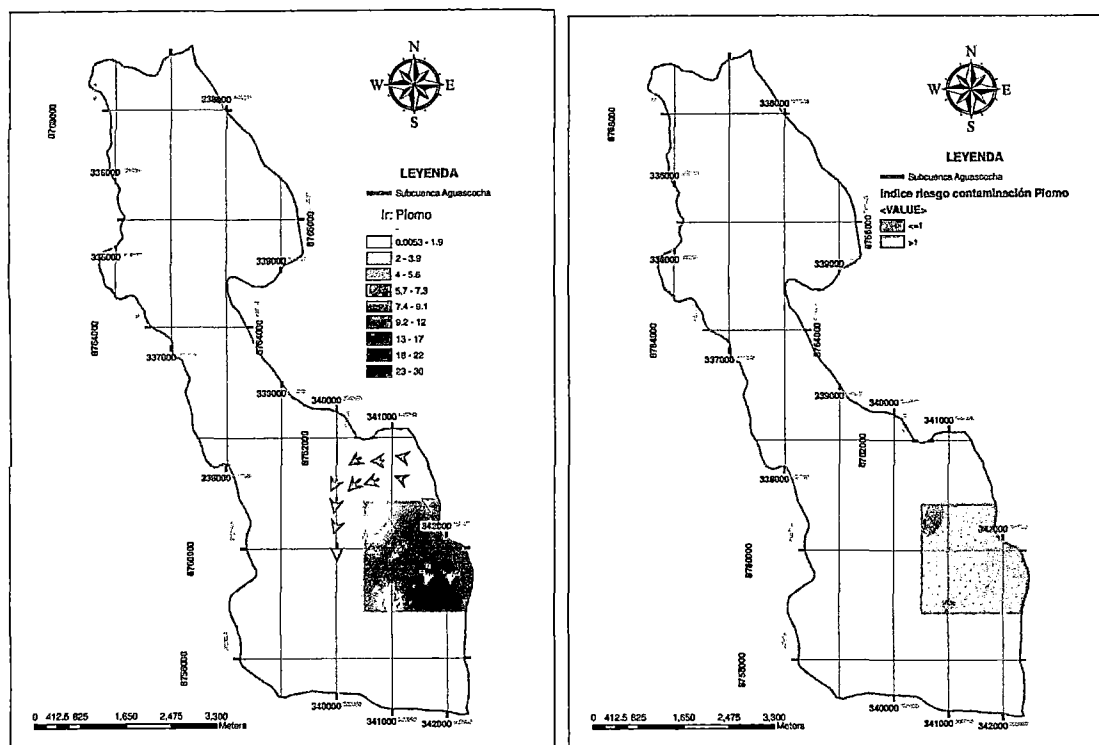


Fuente Elaboración propia

3.1.1.6. Índice de riesgo de contaminación Plomo

De la figura N°40 vemos que las concentraciones altas de plomo que superan el Estándar de calidad ambiental (ECA-cat.3) se concentran en el lado sur este de la subcuenca Aguascocha. El sentido de flujo de las aguas subterráneas, nos muestra que las aguas con concentraciones altas de plomo se direccionan hacia la laguna Tuctococha.

Figura N°40. Índice de riesgo de contaminación de Plomo



Fuente Elaboración propia.

Al unir todos los índices de contaminación parciales de los elementos: aluminio, arsénico, manganeso, calcio, hierro y plomo; obtenemos un índice total de contaminación. Este índice será categorizado dependiendo de si es mayor o menor a la unidad, para obtener un mapa de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la zona de estudio (Ver figura N°41).

Con este método solo pudimos hallar el riesgo de contaminación al 10.17% del área total de la subcuenca Aguascocha. De este porcentaje el 6.4 % no tiene riesgo de contaminación para estos elementos, sin embargo el 93.6% del área restante si tiene un riesgo de contaminación alto.

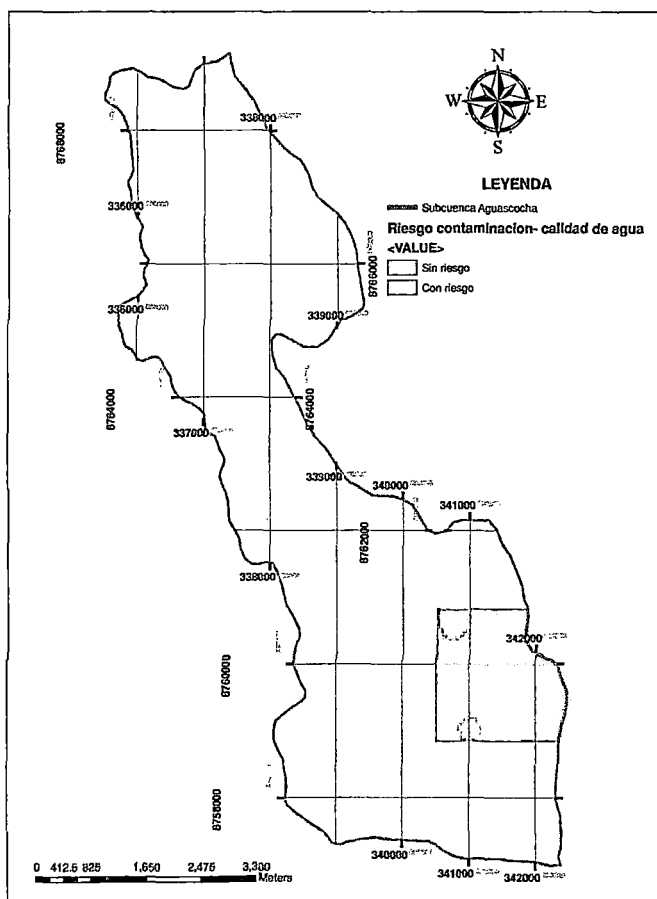
Es importante resaltar que con este método evaluamos el riesgo de contaminación futuro haciendo una evaluación de la calidad de agua subterránea del presente, cuya contaminación se debe a actividades pasadas.

Cuadro N°56. Índices de riesgo de contaminación totales –Calidad de agua

Piezómetro	Ir: Aluminio	Ir: Arsénico	Ir: Calcio	Ir: Hierro	Ir: Manganeso	Ir: Plomo	Ir: Total	Descripción
SA-2	0.02	0.06	0.41	0.47	1.11	0.10	0.36	Sin riesgo
SA-3A	0.25	0.06	0.53	0.77	1.04	0.10	0.46	Sin riesgo
SA-3B	0.51	0.06	0.30	4.18	2.18	0.48	1.29	Riesgo
SA-4	0.26	0.22	0.36	1.76	1.26	10.20	2.34	Riesgo
SA-5	0.10	0.18	0.21	1.16	0.30	5.62	1.26	Riesgo
SA-7	0.58	0.60	0.24	1.75	0.38	7.18	1.79	Riesgo
SA-8	0.29	0.70	1.15	1.55	2.97	19.12	4.30	Riesgo
SA-9	0.02	0.06	1.42	0.26	0.44	0.10	0.38	Sin riesgo
SA-10	1.56	1.52	0.31	9.50	5.20	30.50	8.10	Riesgo
SA-11	0.15	0.06	1.00	1.42	2.67	1.76	1.18	Riesgo
SA-13	0.24	0.44	0.99	1.06	4.01	10.48	2.87	Riesgo

Fuente: Elaboración propia.

Figura N°41. Índice de riesgo de contaminación-Calidad de agua



Fuente Elaboración propia

3.1.2. MAPA DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN: VULNERABILIDAD Y PELIGRO

La información presentada en el punto anterior identificó zonas del acuífero Alpamarca con distintos niveles de vulnerabilidad a la contaminación. Zonas con un elevado índice de vulnerabilidad son propensas a ser contaminados en el caso de estar expuestos a algún agente o carga contaminante.

La combinación de estos dos elementos, vulnerabilidad propia de la formación acuífera y potencial de carga contaminante, permiten definir o evaluar el riesgo de contaminación que presenta o caracteriza a un sistema acuífero.

Riesgo de contaminación = Vulnerabilidad x Peligro

Para obtener este mapa de riesgo de contaminación se multiplicarán los índices numéricos obtenidos del mapa de vulnerabilidad y el de peligro. Para realizar esta operación se utilizara el software Arcgis 10.0.

3.1.2.1. Riesgo de contaminación- Vulnerabilidad GOD-Peligro COAST modificado

El riesgo de contaminación de las aguas subterráneas según el Método GOD nos da zonas de riesgo de contaminación que van desde bajo, moderado, alto y muy alto.

El riesgo bajo se muestra en el 68.7% de nuestra zona de estudio, en la franja central, donde las actividades que se desarrollan son de simple pastoreo pero si con presencia de algunos bofedales.

El riesgo moderado se muestra en el 4.44% de nuestra zona de estudio, donde las actividades que se desarrollan serán la de explotación minera a tajo abierto.

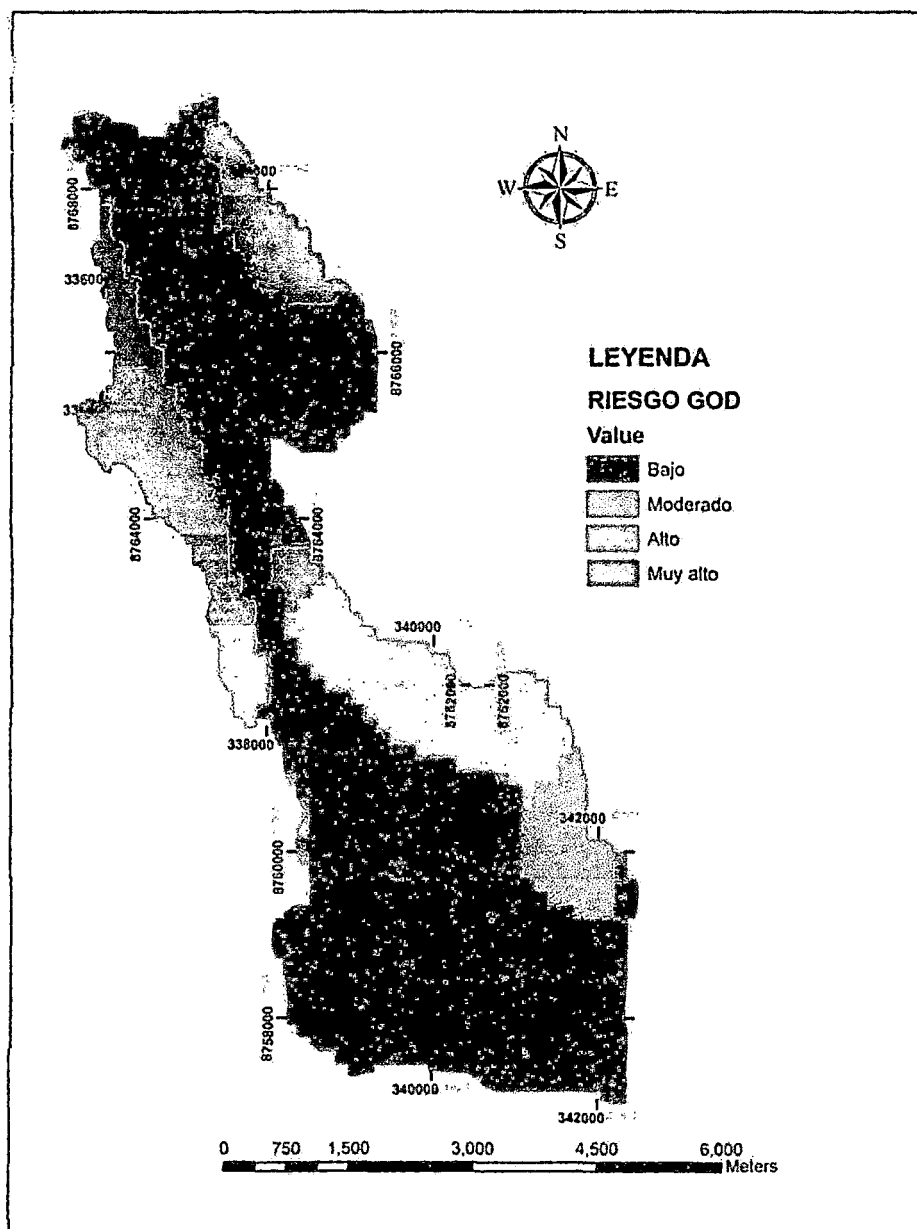
EL riesgo alto se muestra en el 11.72% de nuestra zona de estudio, donde las actividades que se desarrollan será la ubicación de la planta beneficio de la minera.

El riesgo muy alto se presenta en el 15.1% de nuestra zona de estudio, en zonas de bofedales y en parte de la zona donde se ubicara el depósito de relaves, siendo esta una actividad categorizada de moderada actividad contaminante.

Es importante resaltar que el mapa de riesgo de contaminación a las aguas subterráneas, no ha variado considerablemente con el mapa de vulnerabilidad GOD,

esto debido a que las actividades contaminantes fueron categorizadas como bajas y moderadas. Siendo los valores de vulnerabilidad intrínseca determinantes para otorgar el valor de riesgo de contaminación a la zona en estudio.

Figura N°42. Riesgo de contaminación –Método GOD



Fuente Elaboración propia

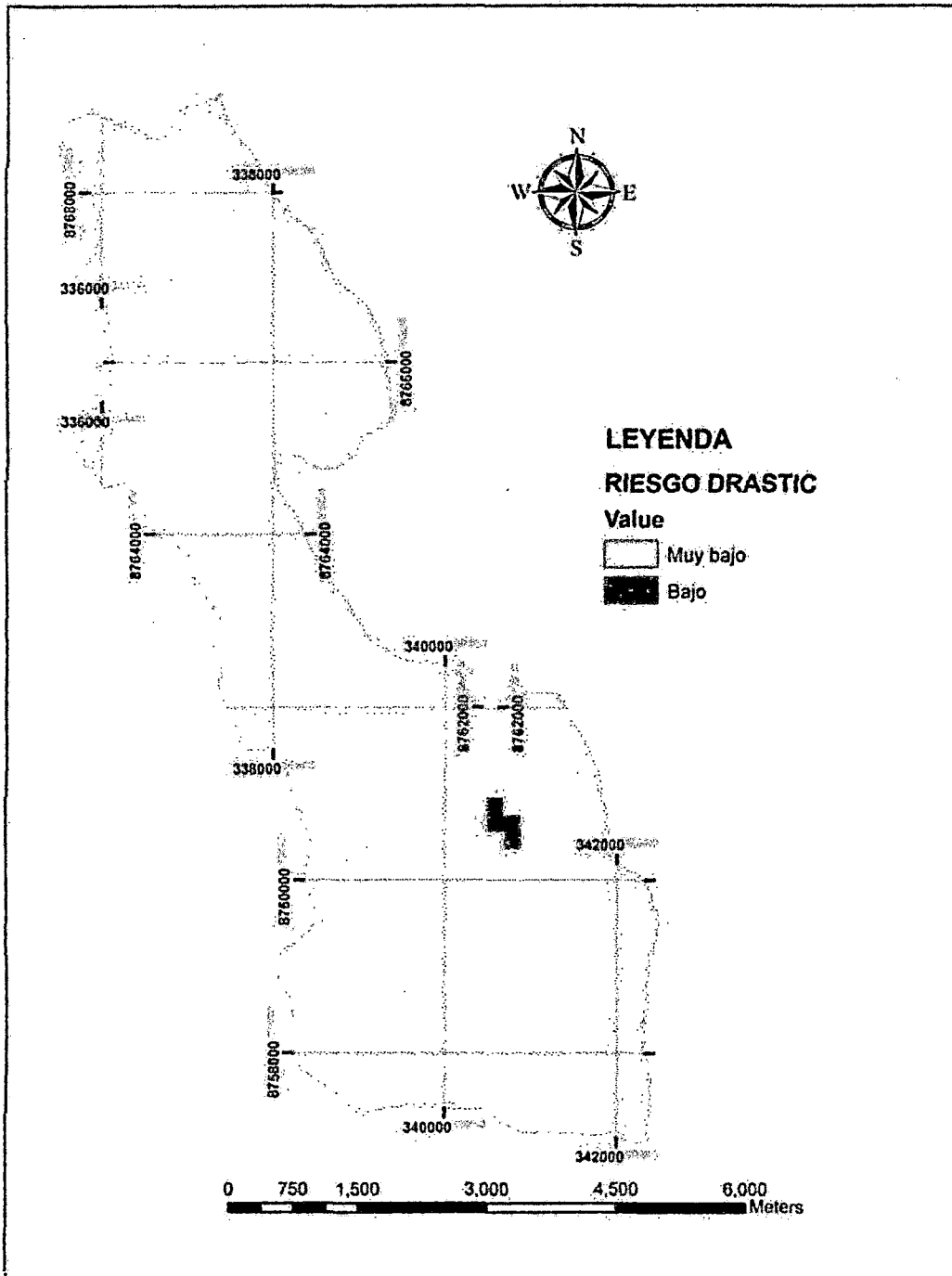
3.1.2.2. Riesgo de contaminación – Vulnerabilidad DRASTIC – Peligro COAST modificado

El riesgo de contaminación de las aguas subterráneas según el Método DRASTIC nos da zonas de riesgo de contaminación que van desde bajo y moderado.

El riesgo bajo se muestra en el 99% de nuestra zona de estudio. Mientras que el riesgo moderado se muestra en el 1 % de nuestra zona de estudio, donde la actividad que se desarrollará es la presa de relaves.

Es importante resaltar que el mapa de riesgo de contaminación a las aguas subterráneas, no ha variado considerablemente con el mapa de vulnerabilidad DRASTIC, esto debido a que las actividades contaminantes fueron categorizadas como bajas y moderadas. Siendo los valores de vulnerabilidad intrínseca determinantes para otorgar el valor de riesgo de contaminación a la zona en estudio.

Figura N°43. Riesgo de contaminación –Método DRASTIC



Fuente Elaboración propia

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

“Si tienes que lidiar con el agua primero consulta a la experiencia y luego a la razón”.
(Leonardo da Vinci)

4.1. CONCLUSIONES

- El modelo conceptual nos define al acuífero Aguascocha como un acuífero Kárstico fisurado, con un sistema de flujo subterráneo de dirección Norte-Suroeste, dirigiendo sus aguas hacia la quebrada Aguascocha y también con dirección Norte-Sureste, dirigiendo sus aguas hacia la laguna Tuctococha. Las aguas subterráneas de nuestra zona de estudio, son del tipo cálcica carbonatada, debido al medio Kárstico por donde atraviesa; y sulfurada debido a su recorrido por zona mineralizada.
- De los dos métodos de vulnerabilidad estudiados se elige al método DRASTIC como el mapa representativo de la zona en estudio, ya que al tener más parámetros en consideración (profundidad del nivel freático, infiltración neta, tipo de suelo, litología zona no saturada, tipo de acuífero, topografía, impacto de la zona vadosa), nos entrega un mapa de riesgo de contaminación más cercano a la realidad.
- El riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es bajo en el 99% de nuestra zona de estudio. Mientras que el riesgo moderado se muestra en el 1 % de nuestra zona de estudio, donde la actividad que se desarrollará es la presa de relaves.
- La hipótesis general que señala el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas como dependientes de las características intrínsecas del acuífero es decir de su vulnerabilidad fue corroborada, sin embargo la hipótesis específica que suponía las actividades mineras como de alto grado contaminante fue descartada. Esto debido a que la metodología impuesta para obtener valores de peligrosidad nos da muy baja y baja. Al tener uno de los factores de este método, la toxicidad, muy bajo por la alta dilución que tienen los reactivos químicos en el agua a utilizarse.

- El escenario de riesgo de contaminación de aguas subterráneas usando calidad de agua nos muestra la situación actual del acuífero en la zona donde se ubico la minería informal pasada.

Siendo esta zona considerada como de alto riesgo, sin embargo al ver el mapa de vulnerabilidad y el de peligros actual, podemos concluir que esta zona no se verá contaminada por actividades presentes, pero que si se deberá implementar medidas de remediación presente y protección.

- Los mapas de vulnerabilidad y riesgo de contaminación son herramientas que permiten conocer los puntos de mayor riesgo del acuífero y permiten plantear medidas de mitigación.
- La ubicación de la actividad minera en zonas con baja vulnerabilidad intrínseca y manteniendo una política amable con el medio ambiente y los recursos hídricos podría generar un riesgo de contaminación bajo.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la construcción de mapas de vulnerabilidad y riesgo de contaminación de aguas subterráneas, como un capítulo que deberá incluirse dentro del estudio de impacto ambiental para zonas donde existan acuíferos.
- Con la finalidad de comprobar el modelo conceptual se recomienda utilizar trazadores para el seguimiento de la ruta de las aguas contaminantes y el monitoreo mensual de calidad de agua de la laguna Tuctococha, ya que según el modelo conceptual es uno de los lugares hacia donde se dirige las aguas subterráneas.
- Se recomienda realizar perforaciones en las zonas ubicadas en la parte norte de la subcuenca Aguascocha, con la finalidad de conocer mejor la estratigrafía de la zona.
- Se recomienda ampliar el número de piezómetros ubicándolos en la zona norte de la subcuenca Aguascocha, aguas arriba de la actividad minera, para tener mayores datos de calidad de agua.
- Seguir la investigación con miras a completar la tabla de identificación de actividades mineras y sus procesos para hacer más veraz y homogéneo el estudio de riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Asimismo trabajar en la creación de una data estadística de accidentes ambientales para tener el valor "I= probabilidad de ocurrencia del evento contaminante", en la determinación del peligro.
- Continuar con la investigación y determinación de más métodos para la determinación de riesgos de contaminación en todos los acuíferos del Perú y de esta forma utilizarlo como parte del ordenamiento territorial.
- Se recomienda la implementación de un guía de construcción de vulnerabilidad y riesgo de contaminación de acuíferos peruanos, con la finalidad que sea utilizado como una herramienta en la toma de decisiones, al momento de designar distintas zonas de nuestro territorio para diferentes actividades como la minera.

V. BIBLIOGRAFIA

Acuña Azarte M. 2008. Modelo de simulación de flujo estacionario del sistema hidrogeológico Ticlio. Perú.

Aller, I, T. Bennett, J.H. Lehr, R. J.Petty and G. Hackett 1987. DRASTIC. A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. EPA. Estados Unidos.

Canto Martín, J. C; Herrera González, R; Osorio Rodríguez, H; García Sosa J; Sánchez y Pinto, I y Mandujano Sánchez, P. 2009. Evaluación del riesgo a la contaminación de las aguas subterráneas de Chetumal, Quintana Roo. México.

Cárdenas Gaudry, María Magdalena. 2002 Análisis de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el acuífero Chancay-Huaral. Perú.

Castany, G. ,1982. Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Ed. Dunod .Francia

COST 620, 2008. Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Unión Europea.

Custodio, E.; Llamas, Ramón, 1996. Hidrología Subterránea. España.

Fetter, C. W., 1998. Contaminant Hydrogeology. Prentice-Hall, 2ª edición.

Foster, S, Hirata R. 1988 Determinación de la contaminación de aguas subterráneas: Una metodología basada en datos existentes. OPS-CEPIS. Lima Perú.

Freiburg-Ebnet 2008. Risk assessment case study. Alemania.

Freeze R., A. y Cherry J.A., 1979. Groundwater. Ed. Prentice Hall.

Herrero A. C, 2006. Desarrollo metodológico para el análisis de riesgo hídrico poblacional humano en cuencas periurbanas. Argentina.

Hiscock Kevin 2006. Hydrogeology Principles & Practices. Estados Unidos.

Lobo Ferreira J., Oliveira M. 2004. Groundwater vulnerability assessment in Portugal. Portugal.

Pinder, G.F. y Celia, 2006. M.A. Subsurface hydrology. United States of America.

Price, M., 2003. Agua Subterránea. Limusa, Inglaterra.

Singhal B., Gupta R 2010, Applied hydrogeology of fractures rocks. India.

Tovar J., Sayan Miranda, Perez G. 2006. Estado del conocimiento de la Hidrogeología en Perú. Perú.

Valverde Rosendo Pujol Mesalle Jonathan Agüero, 2008, Análisis de vulnerabilidad a la contaminación de una sección de los acuíferos del Valle central de Costa Rica. Costa Rica.

Vrba y Zaporozec, 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability.

Weight Willis 2004. Manual of Applied Field Hydrogeology. Estados Unidos.

Younger Paul. 2007. Groundwater in the Environment. Reino Unido.

PAGINAS WEB

<http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind46/riego/riego.html>

<http://www.techneau.org/fileadmin/files/Publications/Publications/Deliverables/D4.1.5d.pdf>

<http://twws6.vub.ac.be/hydr/download/NguyetVuThiMinh.pdf>

http://www.argenco.ulg.ac.be/GEO3_Hydrogeologie/pdf/COST_620.pdf

<http://tierra.rediris.es/hidrored/ponencias/Tcarolina.html>

<http://www.ciga.unam.mx/ciga/images/stories/eventos/resumenes%20seminario.pdf>

<http://www.biblioteca.uma.es/bbl/doc/tesisuma>

http://bookshop.europa.eu/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/EU-Bookshop-Site/en_GB/-/EUR/ViewPublication-Start?PublicationKey=KINA20912

<http://hidrologia.usal.es/hidro.htm>

<http://jan.ucc.nau.edu/~doetqp-p/courses/env302/lectures.htm>

<http://water.worldbank.org/sites/water.worldbank.org/files>

<http://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=1207>

ANEXO A. FOTOGRAFIAS

Foto N°1. Toma de muestra de aguas superficiales- laguna Tuctococha



Foto N°2. Adición de reactivos y preservantes a la muestra de agua tomada.



Foto N°3. Laguna Tuctococha



Foto N°4. Pastoreo de Auquénidos en las cercanías de la zona de estudio.

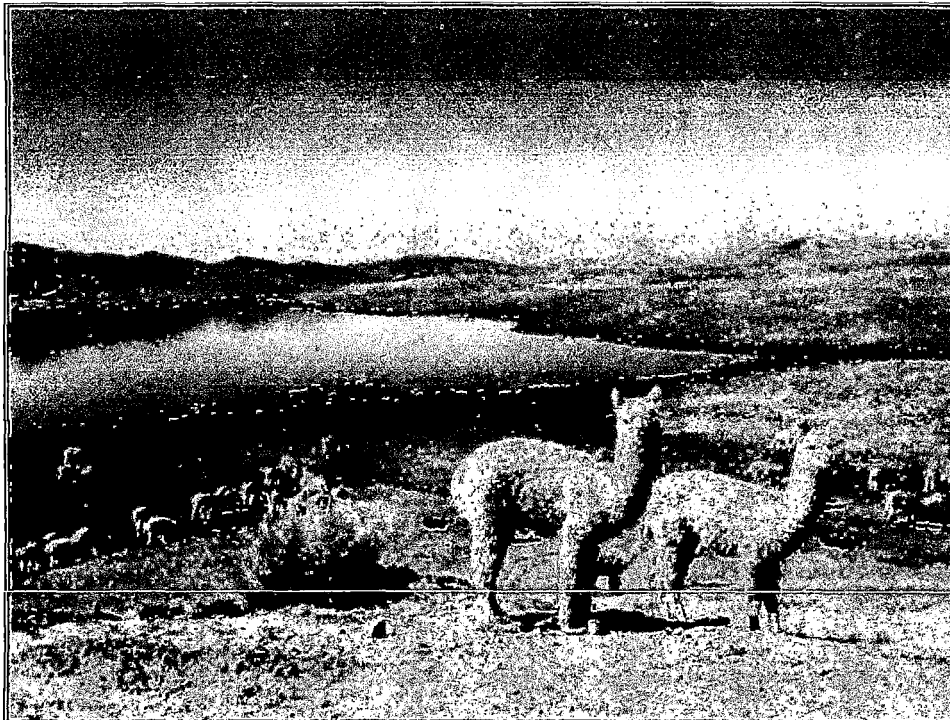


Foto N°5. Área destinada para la instalación de la futura Planta de beneficio

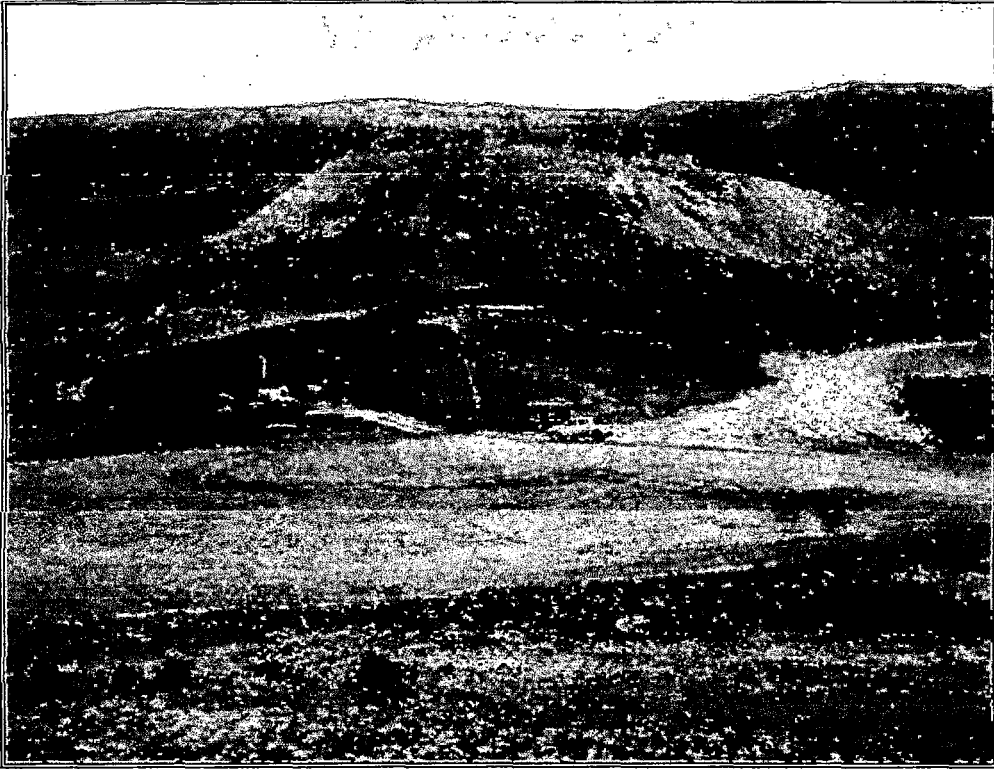
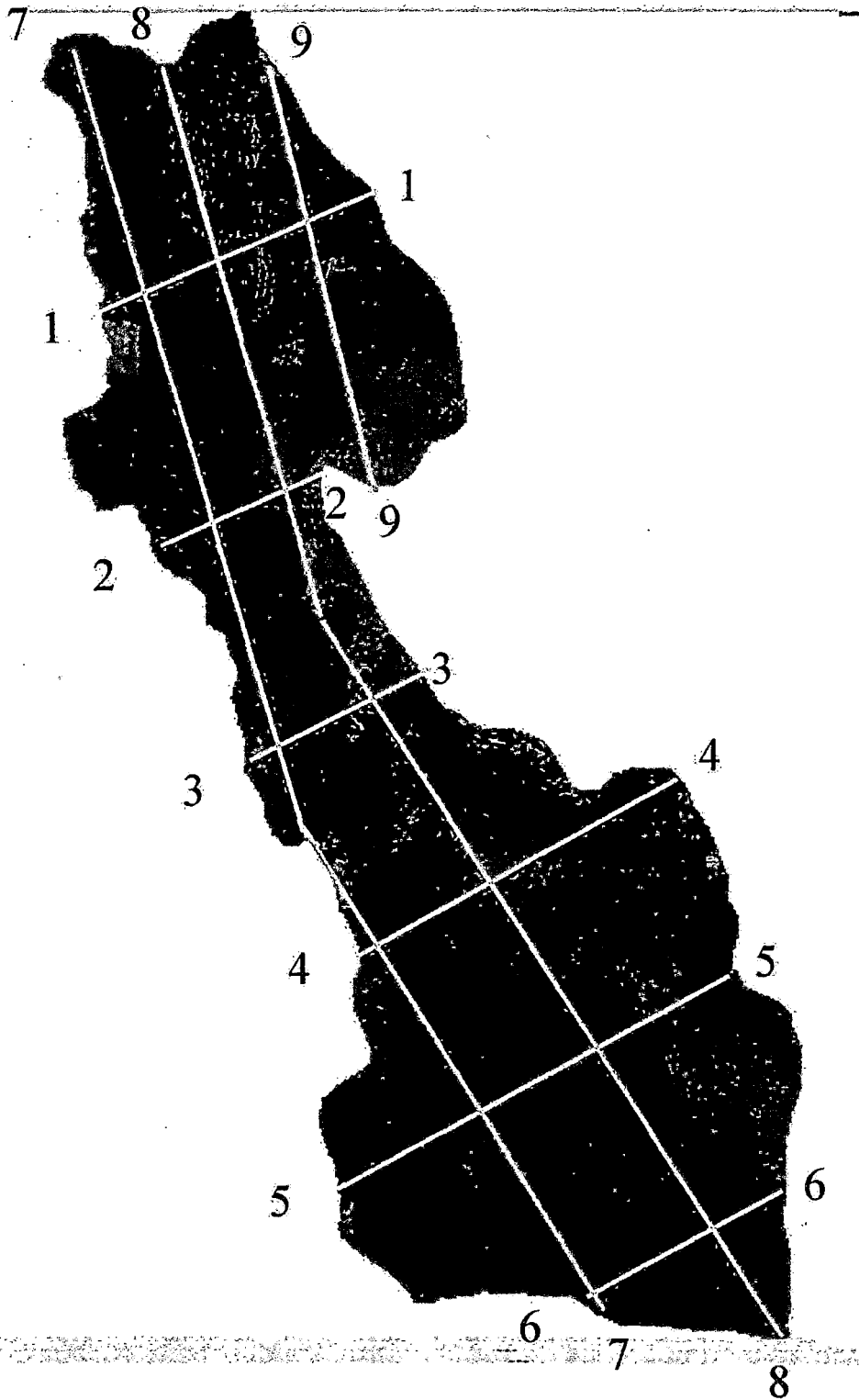


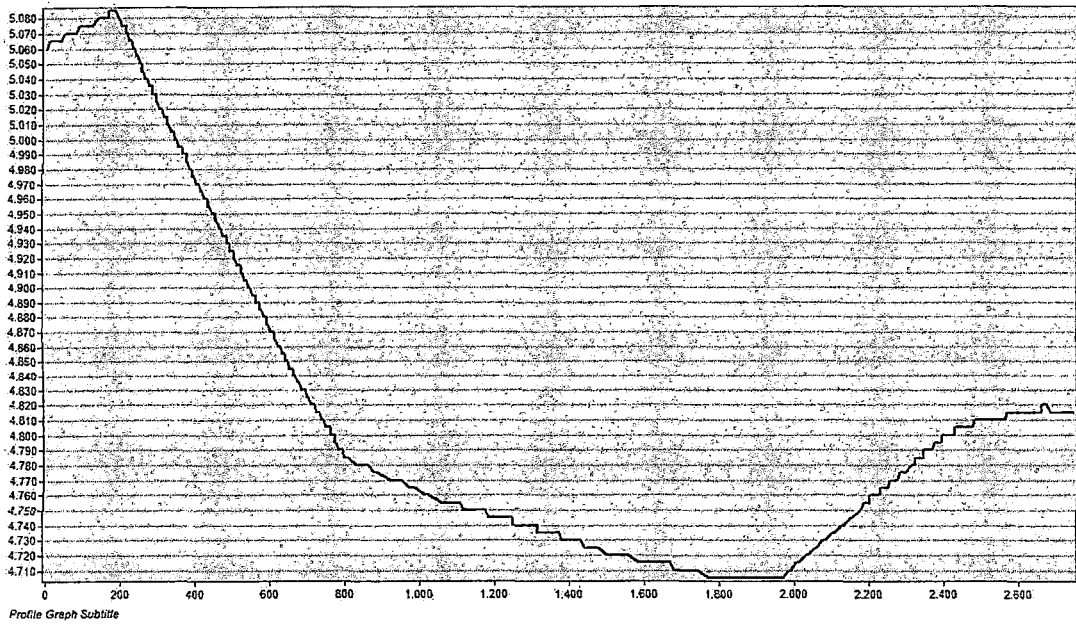
Foto N°6. Área destinada para el futuro deposito de relaves Alpamarca



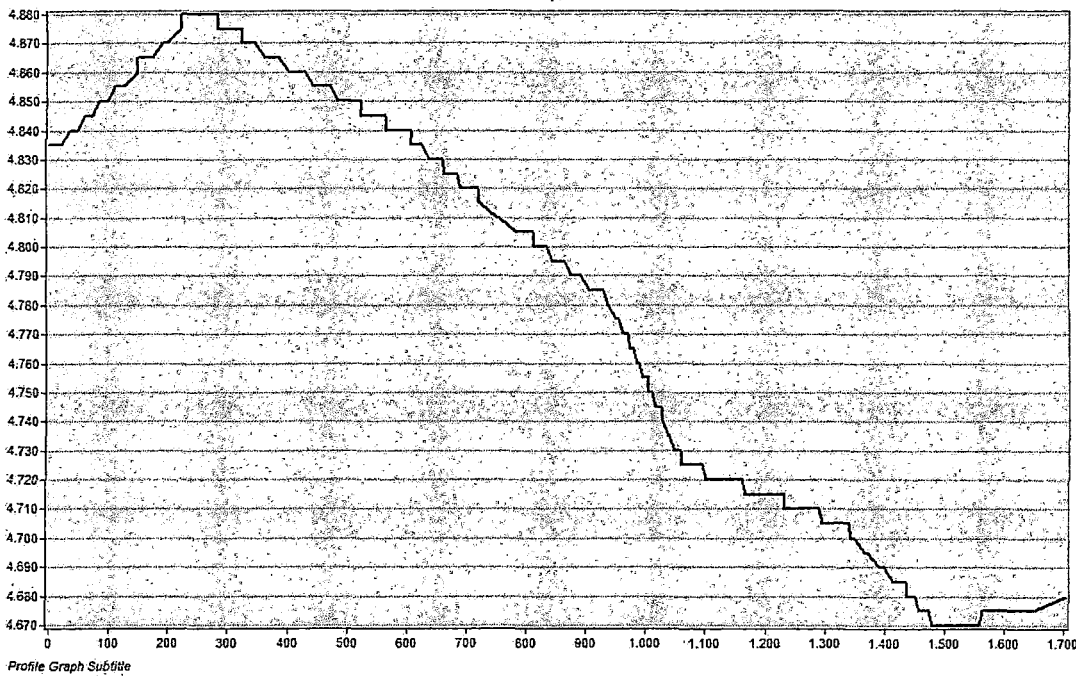
ANEXO B: PERFILES LONGITUDINALES



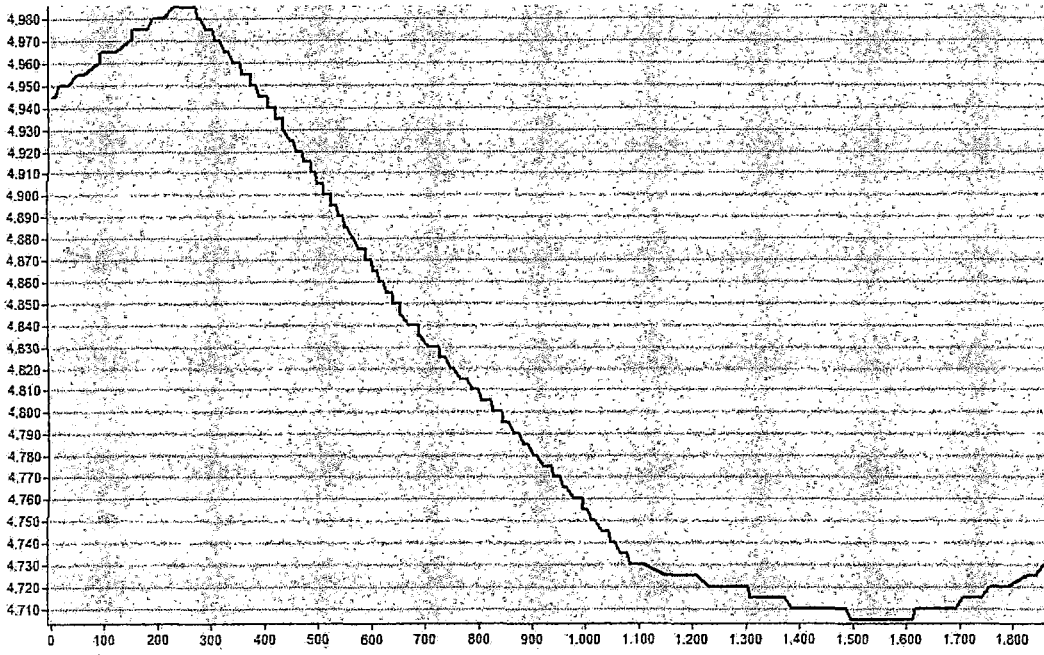
PERFIL LONGITUDINAL CORTE 1-1



PERFIL LONGITUDINAL CORTE 2-2

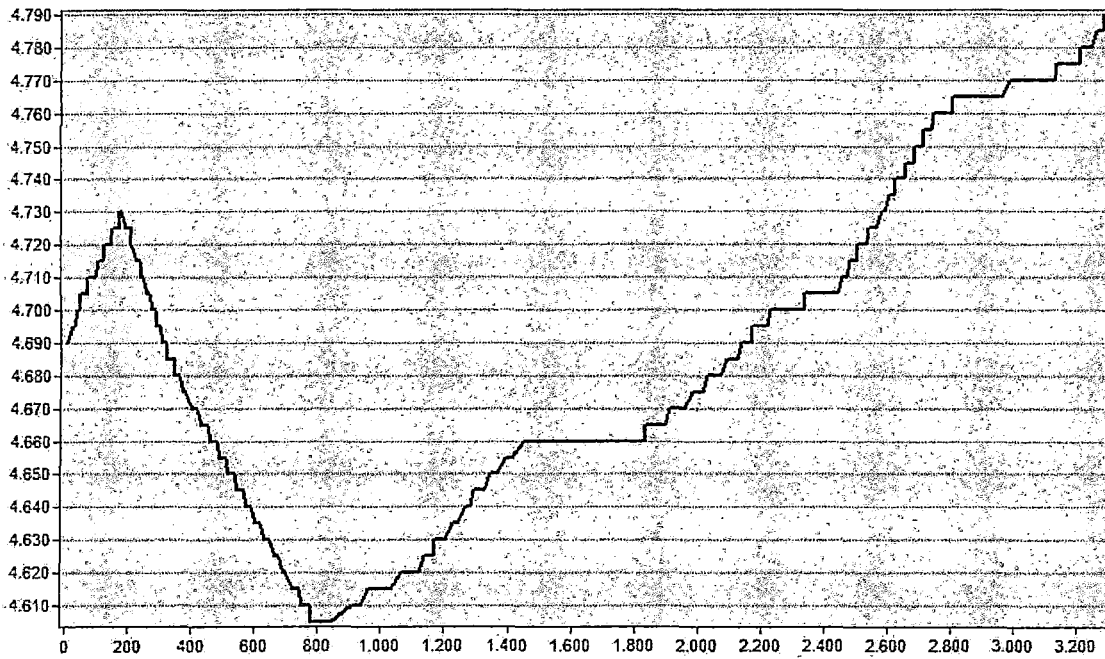


PERFIL LONGITUDINAL CORTE 3-3



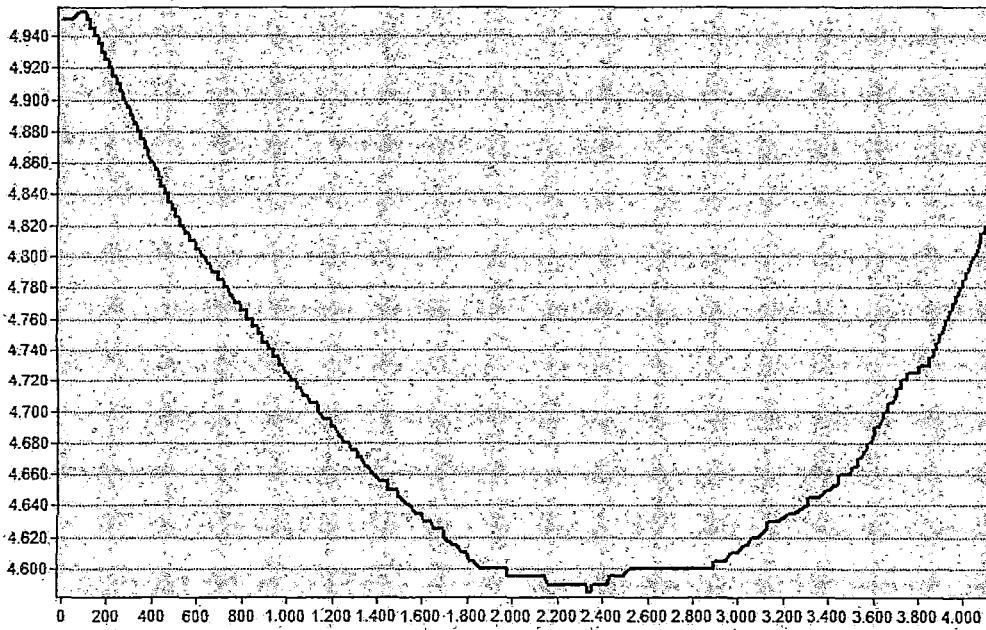
Profile Graph Subtitle

PERFIL LONGITUDINAL CORTE 4-4



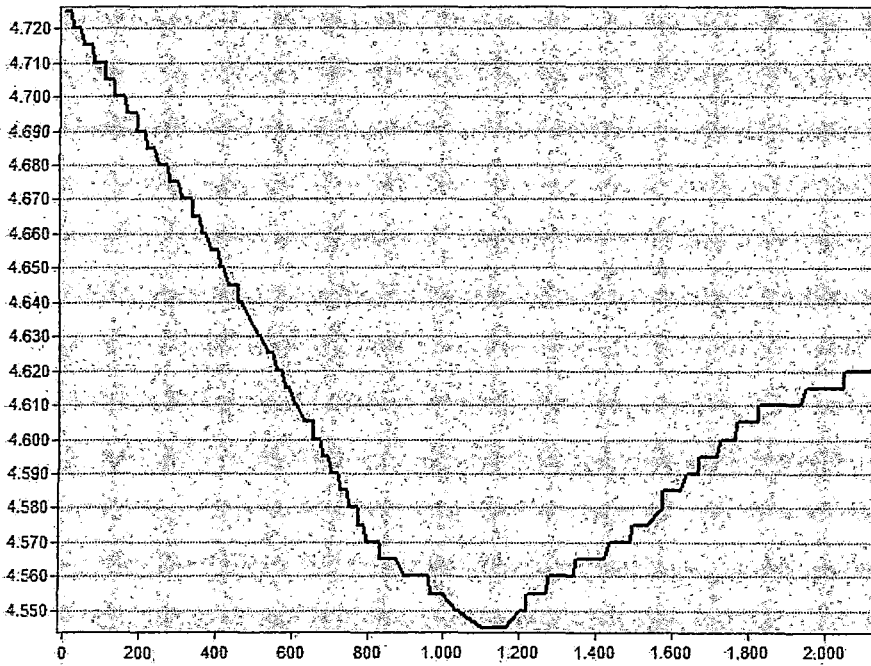
Profile Graph Subtitle

PERFIL LONGITUDINAL CORTE 5-5



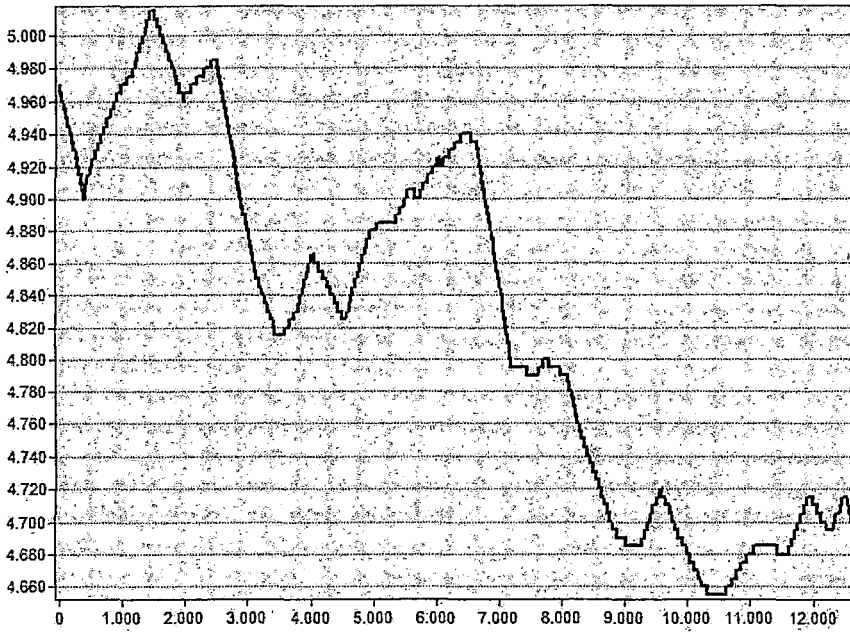
Profile Graph Subtitle

PERFIL LONGITUDINAL CORTE 6-6



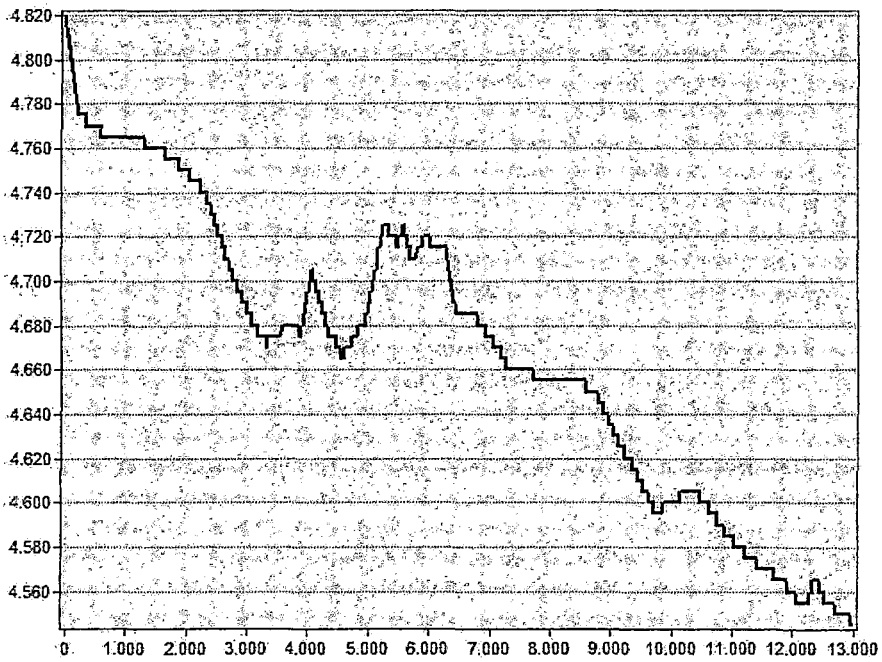
Profile Graph Subtitle

PERFIL LONGITUDINAL CORTE 7-7



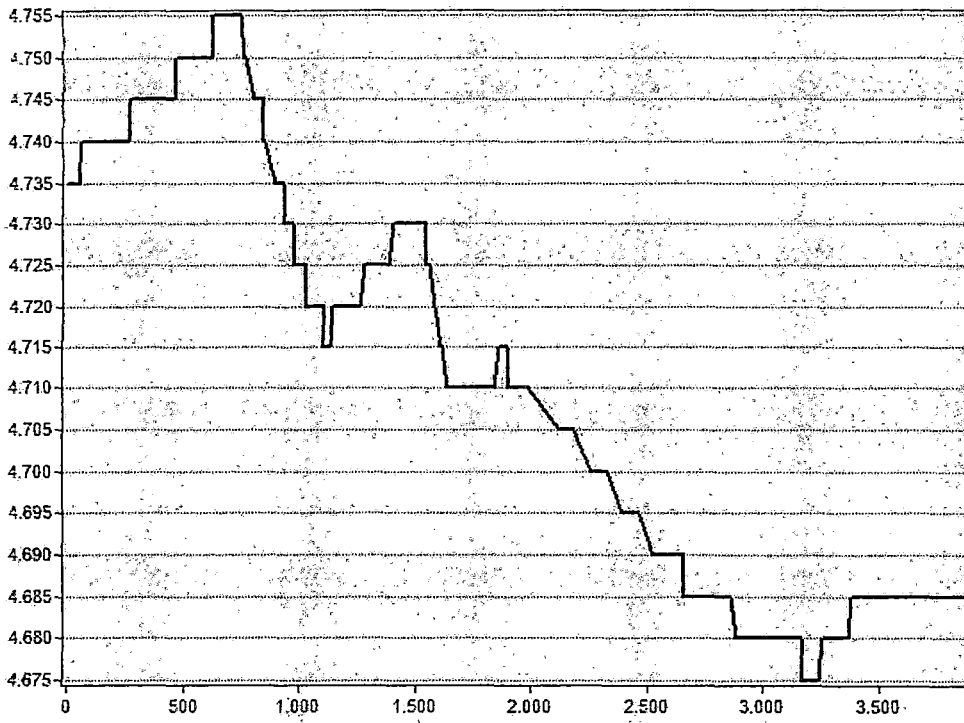
Profile Graph Subtitle

PERFIL LONGITUDINAL CORTE 8-8



Profile Graph Subtitle

PERFIL LONGITUDINAL CORTE 9-9



Profile Graph Subtitle

ANEXO C: TABLA COST ACTION 620 (ZWAHLEM 2003)

1	Infraestructura de desarrollo	Puntaje
1.1	Aguas residuales	
1.1.1	Urbanizaciones con red de alcantarillado	35
1.1.2	Urbanizaciones sin red de alcantarillado	75
1.1.3	Casas y pueblos sin red de alcantarillado	45
1.1.4	fosa séptica, letrinas y pozo ciego	35
1.1.5	Cloacas en granjas y sistema de riego por dispersión.	55
1.1.6	Planta de tratamiento sin fase biológica	20
1.1.7	Superficie con aguas residuales	45
1.1.8	Escorrentía desde superficie asfaltada	20
1.1.9	Descarga de aguas residuales en la salida de puntos de agua	40
1.1.10	Inyección de aguas residuales en pozos	95
1.2	Residuos municipales	
1.2.1	Vertederos	40
1.2.2	Estación de carga de residuos y depósito de chatarra	35
1.2.3	Vertedero sanitario	50
1.2.4	Depósito de escombros	30
1.2.5	Residuos de plantas de tratamiento	30
1.3	Combustibles	
1.3.1	Tanques de almacenaje sobre tierra	40
1.3.2	Tanques de almacenaje bajo tierra	50
1.3.3	Tanques de reserva amontonados	50
1.3.4	Depósito de tanques	50
1.3.5	Estaciones de carga de combustible	55
1.3.6	Gasolineras	55
1.3.7	Cuevas de almacenaje bajo tierra	65
1.4	Transporte y tráfico	
1.4.1	Carretera	40
1.4.2	Túnel de carretera	45
1.4.3	Almacén de equipajes	30
1.4.4	Área de aparcamiento	30
1.4.5	Línea de tren	20
1.4.6	Túnel de ferrocarril	30
1.4.7	Estación de trenes	30
1.4.8	Planta de clasificación	30
1.4.9	Pista de aterrizaje	40
1.4.10	Oleoducto o gaseoducto	75

ANEXO D: SOFTWARES APLICADOS

ARCGIS 10.1

Es un software GIS para visualizar, crear, manipular y gestionar información geográfica, estos corresponden a lugares, direcciones, posiciones en terreno, áreas urbanas y rurales; regiones y cualquier tipo de ubicaciones en terrenos determinados. Esta información es trabajada de manera sistémica, lo que representa una diferencia sustancial a lo relacionado al trabajo con información planos y mapas, permitiéndonos explorar, ver y analizar los datos según parámetros, relaciones y tendencias que presenta nuestra información, teniendo como resultado nuevas capas de información, mapas y nuevas bases de datos.

USO

ArcView GIS es el software desktop más usado de los GIS del mundo, porque entrega de una forma fácil el trabajo en datos geográficos. Tiene una interfaz gráfica amigable, en la cual se puede desplegar de manera rápida la información geográfica. El aprendizaje del software es rápido, teniendo algunos conocimientos de Sistemas de Información Geográfica previos, junto a lo anterior, contiene una gran ayuda en línea con muchos recursos disponible en:

VISUALIZACION DE DATOS

Con ArcView GIS se puede construir los mapas dinámicos e inteligentes que permiten a visualizar patrones, tendencias y singularidades en sus datos. Arc View GIS incluye formas fáciles de levantar mapas, formatos predefinidos de mapas y una librería de elementos extensa, que permiten elaborar mapas de calidad rápidos y como el usuario desee. Los mapas terminados se pueden guardar, imprimir, exportar y ubicar en otros documentos o usos. ArcView GIS también permite visualizar sus datos como cartas, informes, con volumen, con gráficos e imágenes; teniendo la posibilidad de editarlos expeditamente.

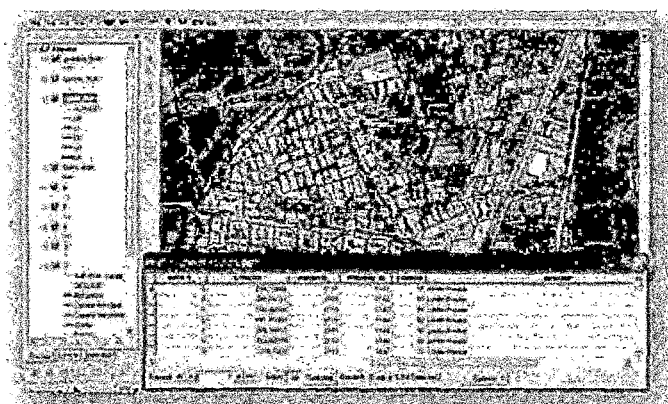
ANALISIS ESPACIAL

ArcView GIS permite que usted consulte sus datos, realice predicciones y examine relaciones entre estos. Arc View GIS incluye las herramientas y los procedimientos que permiten analizar datos espaciales y que estos análisis puedan visualizarse fácilmente. Arc View GIS tiene la gran capacidad de realizar Geoprocesos lo que

permite desarrollar ajustes dinámicos de la información, adaptándola a los requerimientos de análisis del usuario, con esto se tiene la capacidad de construir procesos analíticos y flujos de trabajo.

GESTION DE DATOS

ArcView GIS integra fácilmente todos los tipos de datos para la visualización y el análisis. El software contiene herramientas para una óptima gestión de datos geográficos, tabular, la metadata, la creación y la organización de un proyecto GIS. Arc View GIS puede trabajar una variedad amplia de datos, tales como: demográficos, catastro, instalaciones, dibujos CAD, imágenes y multimedia. En Arc View GIS se puede importar directamente más de 70 formatos.



Para mayor información: <http://support.esri.com/index.cfm?fa=software.gateway>

AQUACHEM

AquaChem, al igual que el Acuífero Test es otro programa diseñado por de la Waterloo Hydrogeologic. Es utilizado para realizar análisis numéricos y gráficos que sirven para interpretar los resultados de los análisis fisicoquímicos de laboratorio, especialmente y en mi caso agua subterránea.

El análisis de datos con Aquachem abarca una amplia gama de funcionalidades y cálculos incluyendo conversiones de unidades, balances de carga, la comparación de las muestras, estadísticas, análisis de tendencias, y mucho más. Aquachem también comprende una base de datos personalizable de normas de calidad de agua con hasta tres diferentes niveles de acción para cada parámetro. Todas las muestras que superan el estándar seleccionado se resalta automáticamente con el color rojo para identificar fácilmente y calificar problemas potenciales.

Las capacidades de análisis se complementan con una amplia selección de gráficos comúnmente usados para representar las características químicas de los datos de calidad del agua subterránea. Los tipos de gráficos disponibles en Aquachem incluyen:

X-Y Scatter, Ludwig-Langelier, and Wilcox, Depth Profile

Box and Whisker (Multiple Parameters, Multiple Stations, Time), Frequency Histogram, Quantile, Detection summary, Meteoric Water Line

Piper, Durov, Ternary, Schoeller

Time-Series plots

Geothermometer y Giggenbach plot

Detection summary plot

Radial, Stiff, and Pie

Thematic Map plots: mapa de distribución especial de los diagramas Bubble, Pie, Radial y Stiff

Para mayor información:

http://www.waterloohydrogeologic.com/software/aquachem/aquachem_ov.htm

SURFER 8.0

Golden Software lanza Surfer 10, un potente paquete de software fácil de usar que transforma los datos con precisión en mapas listos.

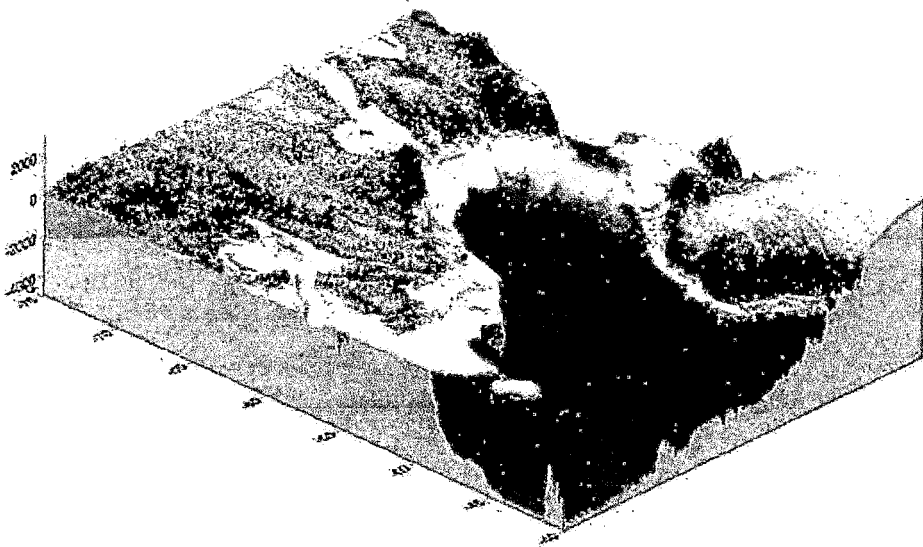
Introducido en 1984, Surfer ha emergido como el estándar de la industria de grilla y software de cartografía para el contorno utilizado por los geólogos, hidrólogos e ingenieros. Surfer 10 ofrece doce métodos diferentes de grillado, incluyendo Kriging con variogramas, para convertir los datos XYZ irregularmente espaciados en una malla uniforme. Mostrar una rejilla o un modelo digital de elevación en uno de los siete 2D y 3D completamente personalizable tipos de mapas: curvas de nivel, imágenes, relieve de sombras, vector grid-1 y grid-2, wireframe 3D, y mapas de superficie 3D. Surfer es conocido por su mejor calidad de pantallas mediante adición de temas, clasificadas y mapas base. Contorno y mapas generados en 3D con Surfer son conocidos por su claridad, color y precisión.

Una de las novedades más populares en Surfer 10 es el apoyo esperado para las proyecciones de mapas. Ahora los usuarios pueden mezclar y combinar conjuntos de datos y redes de diversos sistemas de coordenadas y tiene toda la superposición de capas de forma correcta y aparecen en un único sistema de coordenadas. Por ejemplo, carga de datos y archivos de red en UTM o coordenadas State Plane, y visualizar el mapa en coordenadas latitud/longitud.

Además de apoyar las proyecciones de mapas y sistemas de coordenadas, los usuarios pueden aprovechar el poder de las versiones de 64 bits de Windows. Los usuarios pueden cargar conjuntos de datos de gran tamaño e imágenes sin el funcionamiento de la memoria.

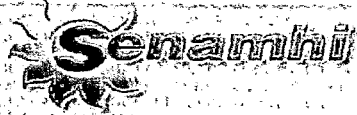
Dos otras mejoras de gran alcance para Surfer 10 son el administrador de la propiedad y la exportación Google Earth. El administrador de propiedad permite a un usuario simplificar su flujo de trabajo mediante la edición de mapa de todos los atributos en una ventana siempre abierta y ver los cambios inmediatamente en el mapa.

Los usuarios también pueden exportar sus mapas a archivos KML o KMZ para la compatibilidad directa con Google Earth, proporcionando una mayor flexibilidad para la comunicación y transferencia de datos con los clientes y los equipos del proyecto. Los usuarios pueden mostrar sus DEM o mapas batimétricos creados en Surfer directamente sobre una fotografía aérea del mundo real en Google Earth para una fácil identificación de las características y paisaje.



Para mayor información: <http://ingenieriageofisica.com/introduction-to-surfer-10/>

ANEXO E: DATA METEOROLOGICA



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA



ESTACION : MARCAPOMACOCHA / 000549 / DRE-04
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

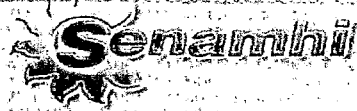
LAT : 11° 24' "S" DPTO. : JUNIN
LONG : 76° 19' "W" PROV. : YAULI
ALT : 4479 msnm DIST. : MARCAPOMACCOCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	9.2	21.0	14.0	19.2	7.3	2.1	3.3	7.1	20.8	11.0	19.7	11.5
2004	6.9	14.9	21.4	11.5	5.5	7.6	5.8	8.8	15.1	16.3	14.3	12.5
2005	14.0	17.6	11.9	12.0	8.6	1.4	4.2	8.0	5.7	6.6	20.0	15.4
2006	17.0	13.7	18.5	11.3	7.7	6.0	5.6	5.2	10.0	11.0	14.5	21.9
2007	18.2	17.6	22.2	15.7	11.8	0.0	2.0	6.6	19.2	21.8	9.4	24.5
2008	23.5	16.6	15.0	6.6	4.0	4.0	3.8	6.5	10.0	16.5	5.4	S/D

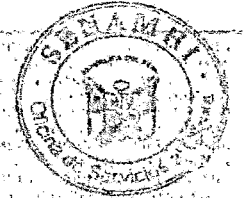


NO SE PERMITE SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL

S/D= Sin Dato
T = Traza



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA



ESTACION : MARCAPOMACCOCHA / 000549 / DRE-04.
PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

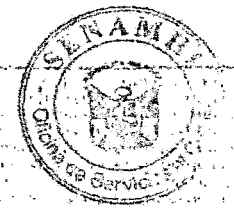
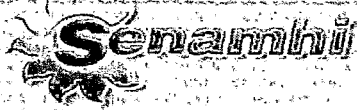
LAT. : 11° 24' " S
LONG. : 76° 19' " W
ALT. : 4479 msnm
DPTO. : JUNIN
PROV. : YAULI
DIST. : MARCAPOMACCOCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	88.9	160.8	155.9	82.0	31.2	2.1	7.8	34.2	61.1	51.2	82.5	176.0
2004	30.4	128.4	91.9	47.2	25.0	25.7	28.8	31.7	48.4	125.7	130.0	141.4
2005	103.1	130.7	124.4	37.1	15.7	2.4	5.1	13.0	23.9	44.4	33.3	129.7
2006	164.5	92.7	180.3	76.7	16.2	20.5	8.8	38.0	54.4	71.3	128.3	198.5
2007	132.6	116.9	230.2	76.0	39.0	0.0	4.1	18.5	63.5	102.3	76.0	105.6
2008	190.5	125.6	116.1	37.0	6.9	7.4	4.7	16.4	26.1	119.2	42.2	S/D



PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

S/D= Sin Dato
T = Traza



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : MARCAPOMACOCHA / 000549 / DRE-04

LAT. : 11° 24' "S"

DPTO. : JUNIN

PARAMETRO : TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

LONG. : 76° 19' "W"

PROV. : YAULI

ALT. : 4479 msnm

DIST. : MARCAPOMACOCHA

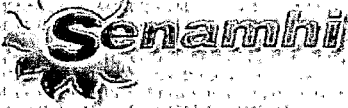
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2001	S/D	S/D	10.0	10.4	S/D	9.9	10.3	10.9	10.7	11.6	11.2	12.0
2002	11.9	10.8	10.7	10.6	10.8	10.6	10.2	10.6	10.8	11.2	11.1	12.2
2003	12.0	11.0	10.1	11.0	10.5	11.2	10.8	11.2	11.3	12.9	13.5	11.0
2004	12.9	11.2	11.2	11.6	12.2	10.2	10.2	10.3	10.3	10.9	11.7	10.6
2005	11.4	11.6	11.8	11.8	12.5	12.4	12.5	13.2	12.9	12.7	13.7	11.2
2006	11.1	11.7	11.1	11.0	11.5	10.6	11.0	11.5	11.9	11.9	11.2	11.3
2007	11.7	11.0	10.3	11.1	11.1	11.3	11.3	12.4	11.1	11.8	12.9	11.5
2008	10.0	10.1	10.1	11.2	11.3	11.5	11.5	12.6	12.8	11.7	13.1	S/D



PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL

S/D= Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : COMPANIA MINERA ALPAPARCA S.A.C.
LIMA, 3 DE ABRIL DEL 2009



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION MARCAPOMACOCHA / 000549 / DRE-04
PARAMETRO TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. 11° 24' "S"
LONG. 76° 19' "W"
ALT. 4479 msnm
DPTO. JUNIN
PROV. YAULI
DIST. MARCAPOMACOCHA

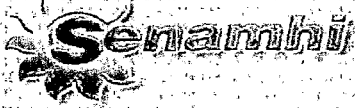
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2001	S/D	S/D	1.1	-0.3	S/D	-2.8	-3.0	-3.2	-0.4	0.3	1.0	0.5
2002	0.4	1.2	1.2	0.7	-0.3	-2.1	-2.8	-2.7	-1.2	-0.1	0.6	0.8
2003	1.4	1.2	0.9	0.4	-0.2	-1.8	-3.6	-3.0	-2.5	-1.1	-2.2	-1.5
2004	-0.8	0.7	0.7	-1.1	-2.3	-3.4	-3.5	-3.4	-1.9	-0.5	-0.9	0.5
2005	0.1	0.5	0.9	-0.1	-1.9	-4.4	-5.4	-5.3	-3.2	-1.8	-2.5	-0.5
2006	-0.5	0.2	0.3	-0.9	-3.7	-3.1	-5.6	-3.3	-3.4	-1.6	-0.9	-0.5
2007	0.6	-0.2	-0.3	-0.8	-2.4	-4.4	-5.8	-4.0	-2.3	-1.5	-0.5	-0.4
2008	0.8	0.6	0.1	-0.2	-2.3	-2.9	-4.1	-3.0	-2.9	-0.9	-0.3	S/D



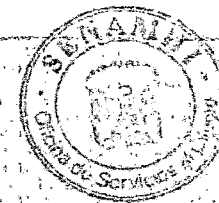
PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

S/D= Sin Datos
T= Traza

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ALPAMARCA S.A.C.
LIMA, 3 DE ABRIL DEL 2009



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA



ESTACION : MARCAPOMACOCHA / 000549 / DRE-04
PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

LAT. : 11° 24' "S" DPTO. JUNIN
LONG. : 76° 19' "W" PROV. YAULI
ALT. : 4479 msnm DIST. MARCAPOMACOCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2001	S/D	S/D	5.5	5.0	S/D	3.7	3.6	3.8	5.2	6.0	6.1	6.2
2002	6.2	6.0	6.0	5.7	5.3	4.2	3.8	3.9	4.8	5.6	5.9	6.6
2003	6.8	6.1	5.6	5.7	5.1	4.7	3.8	4.1	4.5	5.9	5.7	6.2
2004	6.1	6.0	6.0	5.3	4.9	3.4	3.4	3.5	4.2	5.1	5.4	5.6
2005	5.7	6.0	6.4	5.8	5.3	4.0	3.6	3.9	4.8	5.4	5.6	5.3
2006	5.3	6.0	5.7	5.1	3.9	3.8	2.7	4.0	4.3	5.1	5.2	5.4
2007	6.2	5.4	5.0	5.2	4.3	3.5	2.7	4.1	4.4	5.1	6.2	5.5
2008	5.4	5.4	5.0	5.5	4.5	4.3	3.7	4.8	4.9	5.4	6.3	S/D



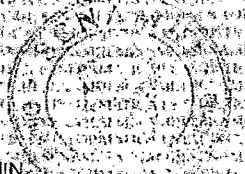
PROHIBIDA SU PRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

S/D= Sin Datos
T= Traza

INFORMACION PREPARADA PARA : COMPAÑIA MINERA ALPAMARCA S.A.C.
LIMA, 3 DE ABRIL DEL 2009



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION YANTAC / 155121 / DRE 04

LAT. 11° 20' S

ORTO JUNIN

PARAMETRO PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS, (mm)

LONG. 76° 24' W

PROV. YAULI

ALT. 4600 msnm

DIST. MARCAPOMACCHA

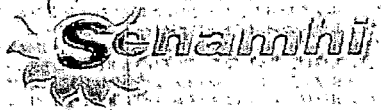
ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1969	13.9	21.9	12.7	21.5	12.0	5.5	13.6	12.3	17.3	21.9	13.0	S/D
1970	21.9	17.6	14.0	18.6	7.4	8.0	3.6	2.2	10.7	9.7	8.2	23.2
1971	11.9	25.0	21.1	9.5	3.0	1.0	2.9	1.7	7.4	21.2	10.9	17.6
1972	16.5	19.7	19.1	12.8	2.0	14.0	19.0	2.9	13.7	8.4	16.1	16.7
1973	27.5	17.7	15.3	10.6	14.8	10.1	6.1	6.3	19.6	13.2	8.1	16.7
1974	15.0	35.0	15.1	12.9	1.1	1.8	2.5	17.4	11.4	4.5	5.2	8.0
1975	15.4	29.4	20.0	13.9	29.9	18.9	0.0	15.5	10.9	17.1	21.2	33.4
1976	28.0	23.2	23.5	28.5	10.6	4.2	5.8	3.6	10.1	7.4	7.0	11.2
1977	13.4	13.0	18.6	14.1	10.2	0.0	2.1	0.7	7.3	13.6	15.1	11.7
1978	18.4	17.9	15.0	4.7	2.0	8.5	9.0	27.0	15.8	9.4	14.5	16.3
1979	11.5	19.0	23.1	8.5	9.7	2.8	8.9	5.0	9.0	2.9	10.3	8.4
1980	10.7	12.2	25.2	6.3	10.0	2.7	5.9	2.2	9.7	14.5	11.4	10.6
1981	31.4	18.5	18.0	16.2	3.9	4.3	1.6	5.5	8.0	5.8	6.7	S/D
1982	8.8	12.3	9.0	8.1	1.8	0.4	3.7	0.1	7.1	8.7	11.1	10.6
1983	11.1	10.2	15.3	6.0	4.7	8.5	0.0	1.4	4.0	5.2	9.2	13.1
1984	11.2	16.7	16.5	8.7	3.9	2.1	1.2	3.5	5.9	4.9	6.5	3.9
1985	6.8	9.8	7.8	9.5	0.0	4.6	5	2.5	6.6	0.0	8.0	6.2

S/D= Sin Datos

T = Trazo

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ALPAMARCA S.A.C

LIMA, 3 DE SETIEMBRE DEL 2009.



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION: YANTAC / 155121 / DRE-04

LAT. 11° 20' "S" DPTO. JUNIN

PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. 76° 24' "W" PROV. YAULI

ALT. 4600. msnm DIST. MARCAPOMACCOCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1986	7.5	8.5	10.5	9.6	12.4	0.0	6.4	4.3	3.1	5.7	7.3	10.1
1987	10.5	10.7	5.6	3.6	2.4	1.3	3.9	5.1	7.1	3.9	4.5	5.5
1988	9.3	13.5	7.1	8.5	3.3	0.0	0.4	1.4	1.7	6.5	5.9	8.8
1989	7.4	9.3	9.9	5.6	5.3	5.5	7.1	6.0	6.1	9.9	6.8	8.2
1990	8.8	5.1	12.7	5.1	9.9	27.2	2.1	6.4	8.1	10.0	8.9	7.2
1991	6.4	7.1	10.3	6.4	10.8	5.5	5.7	0.2	6.7	9.0	8.0	6.0
1992	6.8	9.6	10.1	8.6	5.5	3.4	5.4	4.8	2.9	8.1	7.7	2.4
1993	11.2	9.5	8.6	7.7	6.0	4.1	3.7	8.3	1.6	4.6	15.2	8.2
1994	10.4	13.1	18.0	9.9	8.0	3.2	7.8	6.0	6.0	15.6	12.0	8.3
1995	10.9	7.6	14.1	5.4	8.5	3.5	3.4	9.3	8.9	11.9	19.7	12.3
1996	17.7	16.4	17.2	8.9	5.1	0.5	1.1	5.5	7.6	9.1	11.5	15.4
1997	20.5	19.4	10.2	10.1	6.2	0.0	6.1	11.2	17.8	8.3	26.2	19.0
1998	28.6	18.3	11.8	7.4	5.3	10.0	0.0	12.7	10.3	13.9	9.3	10.4
1999	12.7	18.0	15.7	14.8	8.1	9.4	9.7	2.0	8.8	15.9	24.9	20.2
2000	35.6	23.3	24.1	6.9	10.0	0.7	4.4	8.6	18.3	15.7	20.3	17.9
2001	19.1	28.1	19.4	13.9	11.4	5.1	10.4	21.5	8.1	13.1	12.8	9.4
2002	16.8	10.8	18.8	10.8	5.4	5.2	7.8	7.1	11.3	19.5	17.7	12.3

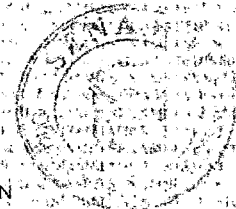
S/D= Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ALPAMARCA S.A.G.
LIMA, 3 DE SEPTIEMBRE DEL 2009

REGISTRACION



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA



ESTACION YANTAC / 155121 / DRE-04

LAT. 11° 20' "S" DPTO. JUNIN

PARAMETRO PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS. (mm)

LONG. 76° 24' "W" PROV. YAULI

ALT. 4600 msnm. DIST. MARCAPOMACOCHA

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2003	13.9	15.9	29.3	14.7	10.8	4.9	4.6	12.0	3.5	9.7	17.1	18.3
2004	7.9	13.0	14.9	4.2	8.0	S/D	2.8	7.3	12.4	16.5	15.5	12.1
2005	7.7	9.4	10.7	6.2	7.5	6.1	1.8	10.9	5.0	4.8	11.3	12.3
2006	18.8	13.4	31.6	15.9	1.1	5.1	4.2	11.2	8.8	16.5	14.5	15.5
2007	12.9	10.4	11.5	11.0	6.1	2.7	2.9	3.0	7.6	14.1	11.2	8.1
2008	17.5	16.6	17.2	12.1	3.7	10.2	8.0	3.6	5.3	14.7	9.8	9.7

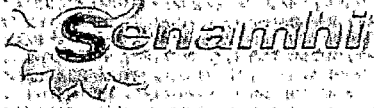


PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

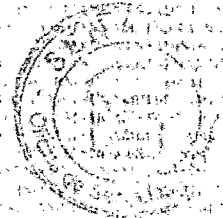
S/D= Sin Dato
T = Traza

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

LIMA, 3 DE SETIEMBRE DEL 2009



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION: MARCAPOMACOCHA / 000549 / DRE-04 LAT: 11° 24' "S" DPTO.: JUNIN
 PARAMETRO: PREGIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) LONG: 76° 19' "W" PROV.: YAULI
 ALT: 4479 msnm DIST.: MARCAPOMACOCHA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1989	152.0	224.6	131.6	72.9	46.2	41.2	15.4	54.6	48.2	130.7	54.6	30.8
1990	248.7	53.2	150.2	66.1	53.4	109.2	8.8	18.6	97.0	177.6	207.6	160.6
1991	S/D	71.6	224.0	64.4	103.6	30.4	1.0	0.0	S/D	S/D	40.7	76.2
1992	102.4	130.0	153.4	48.9	12.4	34.8	4.6	36.0	34.6	154.0	61.8	36.8
1993	293.1	241.6	264.4	261.6	17.6	0.0	7.0	9.6	48.8	58.7	186.9	144.8
1994	190.6	173.1	198.6	54.9	30.9	8.7	3.2	24.9	50.9	33.7	59.1	S/D
1995	78.7	95.1	133.0	64.7	24.6	9.6	7.7	5.8	41.1	83.7	35.1	91.9
1996	122.8	128.4	86.0	70.3	37.3	0.9	0.0	S/D	35.6	62.4	57.6	93.5
1997	135.9	200.8	66.4	38.1	19.8	2.6	7.7	74.8	59.3	71.4	117.8	167.5
1998	93.9	144.1	134.5	42.7	4.8	26.5	0.0	13.6	74.4	115.5	42.1	86.2
1999	149.5	249.1	161.4	84.5	30.5	21.5	19.2	21.5	89.2	85.1	92.5	140.5
2002	112.2	87.2	184.0	79.2	20.8	10.5	32.3	31.2	91.6	97.8	140.8	95.6

PROHIBIDA SU REPRODUCCION
PARCIAL O TOTAL

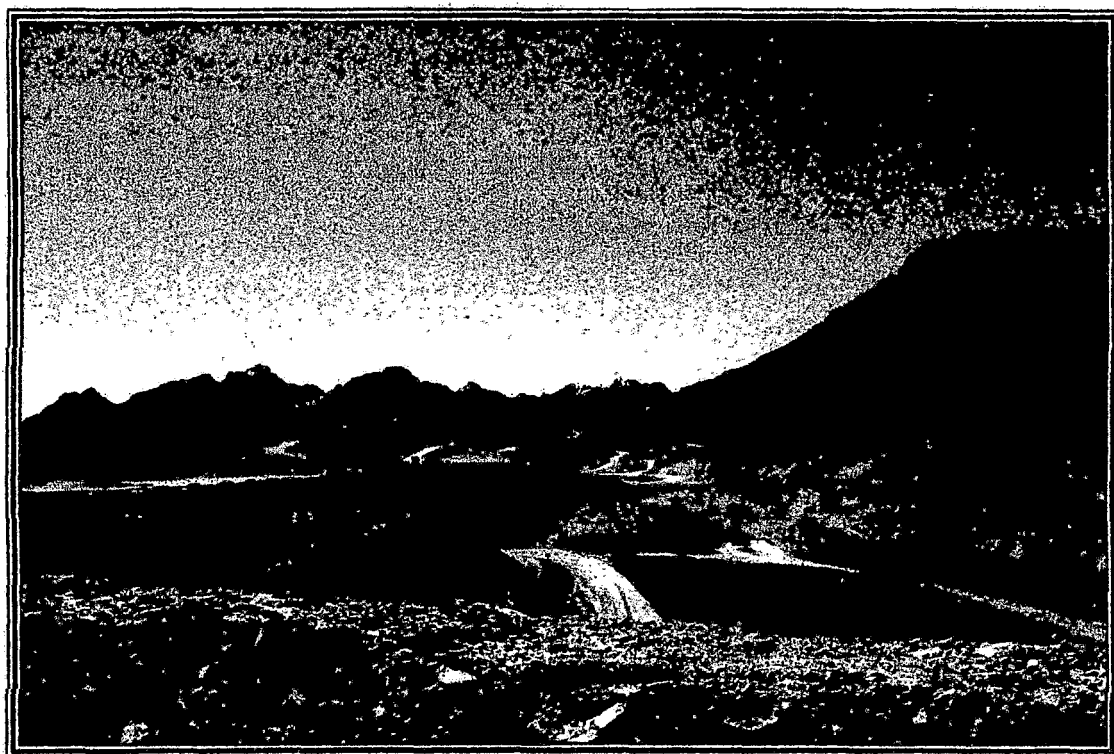
S/D= Sin Dato
T= Traza

INFORMACION PREPARADA PARA: COMPANIA MINERA ALRAMARCA S.A.C.
LIMA, 3 DE SETIEMBRE DEL 2009

ANEXO F: MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA

COMPañÍA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

**INFORME DE MONITOREO TRIMESTRAL DE
CALIDAD DE AGUA Y CALIDAD DE AIRE**



Elaborado por:
J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.

Abril – 2009

Capítulo IV: RESULTADOS

4.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Tabla N° 4.1.1.- Parámetros de Campo – Aguas Superficiales

Estación	Fecha	Hora	pH (Unid. pH)	Temperatura (°C)	Conductividad (uS/cm)	O.D. (mg/L)	Caudal (L/seg)
M - 1	28/04/09	11:30	7,57	8,8	233	2,07	////
M - 4	28/04/09	12:00	8,44	11,7	469	5,36	////
M - 5	27/04/09	13:00	8,12	10,2	325	6,30	////
M - 6	29/04/09	08:00	8,40	4,3	606	5,09	148,11
ECA Categoría 3⁽¹⁾			6,5 – 8,5	NA	<2000	≥4	NA

(1) DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

//// No se realizó medición

NA No Aplica

Tabla N° 4.1.2.- Resultados de Laboratorio – Aguas Superficiales

Estación	Aceites y Grasas mg/L	Cianuro Wad mg/L	Cromo Hexavalente mg/L	DBO ₅ mg/L	Fluoruros mg/L	Mercurio Total mg/L	Coliformes Fecales NMP /100ml	Coliformes Totales NMP /100mL	DQO mg/L
M - 1	<1	<0,005	<0,01	<2	0,13	<0,0006	<1,8	<1,8	9
M - 4	<1	<0,005	<0,01	<2	0,10	<0,0006	<1,8	<1,8	9
M - 5	<1	<0,005	<0,01	<2	0,10	<0,0006	<1,8	<1,8	8
M - 6	<1	<0,005	<0,01	<2	0,14	<0,0006	<1,8	33,0	7
ECA Categoría 3⁽¹⁾	1	0,1	0,1	15	1	0,001	2000	5000	40

DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. <1 = Ausencia

Tabla N° 4.1.3.- Resultados de Laboratorio – Aguas Superficiales

Estación	Bicarbonatos mg/L	Carbonatos mg/L	Cloruros mg/L	Fenoles mg/L	Fosfatos mg/L	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	S.A.A.M. mg/L	Sulfatos mg/L	Sulfuros mg/L
M - 1	200,3	<0,58	1,72	<0,001	<0,03	1,83	<0,01	<0,05	264	<0,002
M - 4	107,5	23,45	<0,70	<0,001	0,04	0,10	<0,01	<0,05	172	<0,002
M - 5	118,2	<0,58	<0,70	<0,001	0,06	0,12	<0,01	<0,05	108	<0,002
M - 6	154,4	12,70	<0,70	<0,001	<0,03	0,23	<0,01	<0,05	240	<0,002
ECA Categoría 3⁽¹⁾	370	5	100-700	0,001	1	10	0,06	1	300	0,05

(1) DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.

Tabla N° 4.1.4.- Resultados de Laboratorio – Aguas Superficiales

Parámetro	Símbolo	L.D.	Unidad	Metales Totales por ICP				ECA Categoría 3 ⁽¹⁾
				Estaciones				
				M - 1	M - 4	M - 5	M - 6	
Plata	Ag	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Aluminio	Al	0,02	mg/L	<0,02	0,12	<0,02	<0,02	5
Arsénico	As	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05
Boro	B	0,001	mg/L	0,100	0,034	0,017	0,096	0,5-6
Bario	Ba	0,001	mg/L	0,038	0,048	0,021	0,100	0,7
Berilio	Be	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	NA
Bismuto	Bi	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Calcio	Ca	0,04	mg/L	145	86,1	70,7	118	200
Cadmio	Cd	0,0004	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,005
Cerio	Ce	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Cobalto	Co	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Cromo	Cr	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1
Cobre	Cu	0,001	mg/L	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	0,2
Hierro	Fe	0,004	mg/L	<0,004	0,238	<0,004	0,206	1
Potasio	K	0,03	mg/L	0,54	0,74	0,61	1,37	NA
Litio	Li	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	2,5
Magnesio	Mg	0,004	mg/L	21,03	14,73	9,834	14,77	150
Manganeso	Mn	0,001	mg/L	0,009	0,108	0,032	0,170	0,2
Molibdeno	Mo	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	NA
Sodio	Na	0,02	mg/L	9,17	1,19	0,37	6,58	200
Níquel	Ni	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,2
Fósforo	P	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Plomo	Pb	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Antimonio	Sb	0,007	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	NA
Selenio	Se	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05
Silicio	Si	0,02	mg/L	2,78	1,92	2,06	2,22	NA
Estaño	Sn	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	NA
Estroncio	Sr	0,0003	mg/L	3,6547	1,2347	1,5900	1,6304	NA
Titanio	Ti	0,0003	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	NA
Talio	Tl	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	NA
Vanadio	V	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	NA
Zinc	Zn	0,002	mg/L	0,008	0,146	0,011	0,599	2

(1) DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
NA No Aplica

Tabla N° 4.1.5.- Parámetros de Campo – Efluentes Mineros

Estación	Fecha	Hora	pH (Unid. pH)	Temperatura (°C)	Conductividad (uS/cm)	O.D. (mg/L)	Caudal (L/seg)
M - 2	27/04/09	13:40	8,14	6,4	403	2,01	76,53
M - 3	28/04/09	10:13	7,78	7,0	608	4,18	91,25
LMP ⁽²⁾			6 - 9	NA	NA	NA	NA

(2) Sustentado en la RM N° 011-96.EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles de Emisión para las Unidades Minero-Metalúrgicas.
NA: No Aplica

Tabla N° 4.1.6.- Resultados de Laboratorio – Efluentes Mineros

Estación	Arsénico Disuelto mg/L	Cobre Disuelto mg/L	Hierro Disuelto mg/L	Plomo Disuelto mg/L	TSS mg/L	Zinc Disuelto mg/L	Cianuro Total mg/L
M - 2	0,0058	<0,02	<0,02	<0,02	<2	<0,02	<0,005
M - 3	0,0068	<0,02	<0,02	<0,02	<2	0,28	<0,005
LMP ⁽²⁾	1	1	2	0,4	50	3	1

(2) Sustentado en la RM N° 011-96.EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles de Emisión para las Unidades Minero-Metalúrgicas.

Capítulo V: COMENTARIOS

5.1 CALIDAD DE AGUA

- En la tabla 4.1.1., se muestran los resultados de los parámetros de campo muestreados en las estaciones M-1, M-4, M-5 y M-6 (Aguas superficiales), donde se observa que:

Las estaciones M-1, M-4, M-5 y M-6 presentan valores de pH dentro del rango establecido; los registros de conductividad se mantienen en el rango de 233 a 606 us/cm, no llegando a superar el estándar establecido; sin embargo, sólo la estación M-1 muestra un valor de Oxígeno Disuelto menor al estándar mínimo establecido; dichos parámetros se sustentan en el DS N° 002-2008-MINAM. Categoría 3. Cabe señalar que la presencia de Oxígeno Disuelto es un indicador de la calidad del agua para la subsistencia de organismos acuáticos.

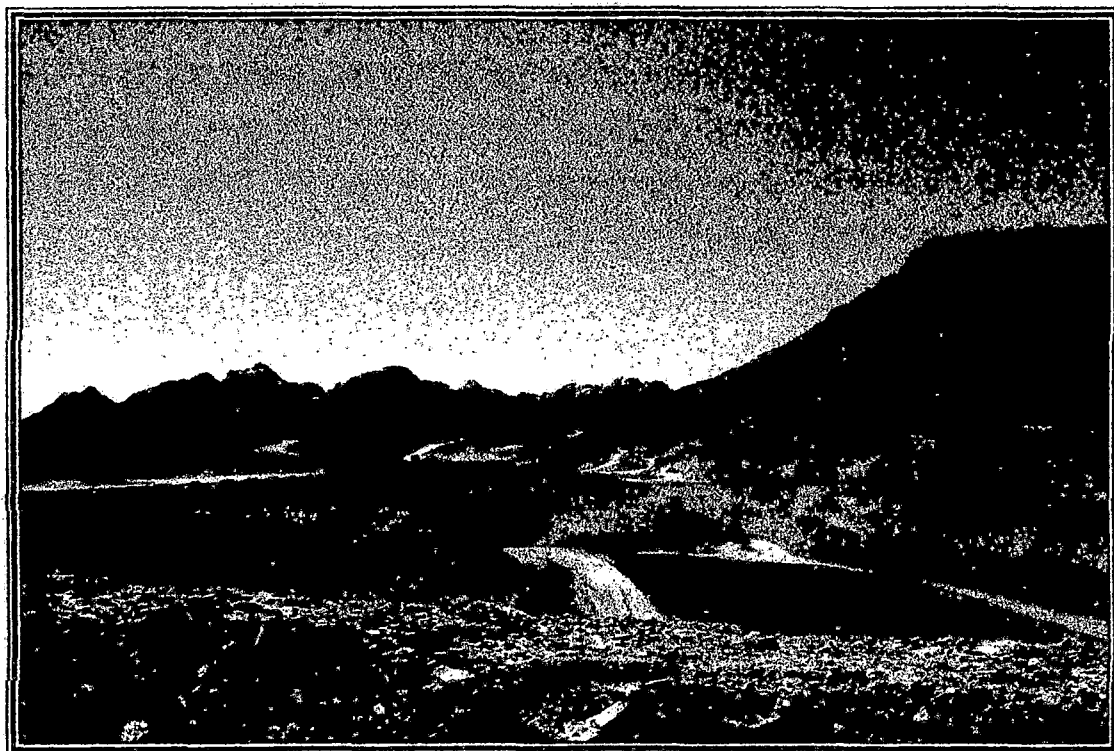
- En la tabla 4.1.2., se muestran los resultados de laboratorio obtenidos en las estaciones M-1, M-4, M-5 y M-6 (Aguas superficiales), donde se tiene lo siguiente: Ninguna de las estaciones supera los estándares establecidos para Aceites y Grasas, Cianuro Wad, Cromo Hexavalente, DBO₅, Fluoruros, Mercurio Total, Coliformes Fecales, Coliformes Totales y DQO; sustentados en el DS N° 002-2008-MINAM. Categoría 3.



Victor Soto Delgado
Supervisor de Monitoreos
CIP: 63951
JRAMON DEL PERU S.A.C.

COMPAÑÍA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

*INFORME DE MONITOREO DE CALIDAD DE
AGUAS SUBTERRÁNEAS*



*Elaborado por:
J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.*

Abril - 2009

Capítulo IV: RESULTADOS

4.1 MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Tabla Nº 4.1.1.- Parámetros de Campo – Aguas Subterráneas

Estación	Fecha	Hora	pH (Unid. pH)	Temperatura (°C)	Conductividad (uS/cm)	O.D. (mg/L)
SA - 1	27/04/09	10:00	7,73	5,7	454	2,41
SA - 2	27/04/09	11:40	7,85	6,7	1601	3,23
SA - 3A	27/04/09	12:20	7,66	8,9	1010	2,17
SA - 3B	27/04/09	12:00	7,62	8,9	1050	1,75
SA - 4	27/04/09	9:00	7,40	5,4	362	2,86
SA - 5	28/04/09	9:40	7,64	8,7	1680	1,01
SA - 7	27/04/09	14:10	8,12	8,5	275	1,03
SA - 8	27/04/09	14:50	7,59	7,4	840	3,42
SA - 9	28/04/09	10:13	8,22	9,4	428	1,41
SA - 10	27/04/09	12:10	7,96	7,5	505	2,43
SA - 11	28/04/09	9:10	7,70	7,2	908	1,34
SA - 13	27/04/09	15:30	7,74	6,9	849	1,27
P - 4	27/04/09	11:00	7,48	7,5	326	2,93
ECA Categoría 3⁽¹⁾			6,5 – 8,5	NA	<2000	≥4

(1) DS Nº 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
NA No Aplica

Tabla Nº 4.1.2.- Resultados de Laboratorio – Aguas Subterráneas

Estación	Bicarbonatos mg/L	Carbonatos mg/L	Cianuro Libre mg/L	Cianuro Total mg/L	Cloruros mg/L	Coliformes Fecales NMP /100mL	Dureza Total mg/L
SA - 1	188,60	11,73	<0,005	0,005	<0,70	<1,8	275,3
SA - 2	178,83	19,54	<0,005	<0,005	3,24	<1,8	215,2
SA - 3A	177,85	3,91	<0,005	<0,005	<0,70	<1,8	275,9
SA - 3B	164,17	<0,58	<0,005	<0,005	7,18	<1,8	183,2
SA - 4	101,63	7,82	<0,005	<0,005	<0,70	<1,8	208,97
SA - 5	65,47	<0,58	<0,005	<0,005	<0,70	<1,8	111,2
SA - 7	40,07	11,73	<0,005	<0,005	1,26	<1,8	112,6
SA - 8	140,72	<0,58	<0,005	<0,005	2,28	<1,8	618,5
SA - 9	95,28	12,70	<0,005	<0,005	1,52	<1,8	758,5
SA - 10	135,83	<0,58	<0,005	<0,005	2,53	<1,8	149,8
SA - 11	121,17	<0,58	<0,005	<0,005	1,42	<1,8	594,5
SA - 13	166,12	13,68	<0,005	<0,005	2,28	<1,8	569,7
P - 4	109,45	32,25	<0,005	<0,005	<0,70	<1,8	159,3
ECA Categoría 3⁽¹⁾	370	5	NA	NA	100-700	2000	NA

(1) DS Nº 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
NA No Aplica

Tabla N° 4.1.3.- Resultados de Laboratorio – Aguas Subterráneas

Estación	Nitratos mg/L	Nitritos mg/L	TDS mg/L	TSS mg/L	Sulfatos mg/L
SA - 1	0,04	<0,01	384	13	51
SA - 2	<0,02	<0,01	340	11	60
SA - 3A	0,06	<0,01	412	6	117
SA - 3B	0,21	0,02	328	82	34
SA - 4	0,39	0,01	322	55	111
SA - 5	0,13	<0,01	294	38	89
SA - 7	0,32	<0,01	272	33	118
SA - 8	0,05	0,02	998	58	471
SA - 9	0,28	<0,01	1 436	12	821
SA - 10	0,19	<0,01	188	198	54
SA - 11	1,03	0,46	952	63	541
SA - 13	0,15	<0,01	1 224	37	533
P - 4	0,06	<0,01	266	42	57
ECA Categoría 3⁽¹⁾	10	0,06	NA	NA	300

(1) DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
NA No Aplica

Tabla N° 4.1.4.- Resultados de Laboratorio – Aguas Subterráneas

Parámetro	Símbolo	L.D.	Unidad	Metales Totales por ICP							ECA Categoría 3 ⁽¹⁾
				SA-1	SA-2	SA-3A	SA-3B	SA-4	SA-5	SA-7	
Plata	Ag	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	0,015	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Aluminio	Al	0,02	mg/L	0,15	0,11	1,23	2,56	1,30	0,52	2,91	5
Arsénico	As	0,003	mg/L	0,027	<0,003	<0,003	<0,003	0,011	0,009	0,030	0,05
Boro	B	0,001	mg/L	0,138	0,110	0,494	0,120	0,060	0,010	0,179	0,5-6
Bario	Ba	0,001	mg/L	0,278	0,118	0,041	0,068	0,360	0,025	0,059	0,7
Berilio	Be	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	NA
Bismuto	Bi	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Calcio	Ca	0,04	mg/L	90,7	81,3	105	60,9	72,1	41,7	47,1	200
Cadmio	Cd	0,0004	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,005
Cerio	Ce	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Cobalto	Co	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Cromo	Cr	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	0,005	<0,001	<0,001	0,1
Cobre	Cu	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,010	<0,001	0,006	0,2
Hierro	Fe	0,004	mg/L	0,163	0,468	0,767	4,182	1,760	1,157	1,752	1
Potasio	K	0,03	mg/L	1,42	1,19	1,33	1,58	1,38	1,85	2,28	NA
Litio	Li	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	2,5
Magnesio	Mg	0,004	mg/L	18,93	11,30	10,86	14,07	12,62	5,345	5,356	150
Manganeso	Mn	0,001	mg/L	0,216	0,221	0,208	0,435	0,251	0,059	0,075	0,2
Molibdeno	Mo	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	0,040	0,019	<0,002	0,034	0,037	NA
Sodio	Na	0,02	mg/L	3,33	5,70	9,30	5,04	0,72	1,38	14,6	200
Níquel	Ni	0,001	mg/L	0,003	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	<0,001	<0,001	0,2
Fósforo	P	0,006	mg/L	0,018	0,035	0,046	0,105	0,100	0,039	0,097	NA
Plomo	Pb	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,024	0,510	0,281	0,359	0,05
Antimonio	Sb	0,007	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,021	0,054	NA
Selenio	Se	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,020	0,05
Silicio	Si	0,02	mg/L	3,73	4,48	6,41	5,90	3,80	1,33	5,00	NA
Estaño	Sn	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	NA
Estroncio	Sr	0,0003	mg/L	3,3020	1,6960	3,3210	1,0320	0,3542	0,3913	0,3607	NA
Titanio	Ti	0,0003	mg/L	0,0013	<0,0003	0,0426	0,1118	0,0488	0,0021	0,0955	NA
Talio	Tl	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	NA
Vanadio	V	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	NA
Zinc	Zn	0,002	mg/L	0,008	<0,002	0,046	0,108	0,202	0,015	0,105	2

(1) DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
NA No Aplica

Tabla N° 4.1.5.- Resultados de Laboratorio – Aguas Subterráneas

Parámetro	Símbolo	L.D.	Unidad	Metales Totales por ICP						ECA Categoría 3 ⁽¹⁾
				Estaciones						
				SA-8	SA-9	SA-10	SA-11	SA-13	P-4	
Plata	Ag	0,001	mg/L	0,004	<0,001	0,007	<0,001	0,004	<0,001	0,05
Aluminio	Al	0,02	mg/L	1,47	0,10	7,79	0,75	1,21	7,60	5
Arsénico	As	0,003	mg/L	0,035	<0,003	0,076	<0,003	0,022	<0,003	0,05
Boro	B	0,001	mg/L	0,079	0,359	0,125	0,023	0,114	0,064	0,5-6
Bario	Ba	0,001	mg/L	0,160	0,012	0,212	0,046	0,077	0,067	0,7
Berilio	Be	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	NA
Bismuto	Bi	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Calcio	Ca	0,04	mg/L	229	284	61,2	200	198	59,0	200
Cadmio	Cd	0,0004	mg/L	0,0013	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,005
Cerio	Ce	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	NA
Cobalto	Co	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Cromo	Cr	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	0,032	0,005	<0,001	<0,001	0,1
Cobre	Cu	0,001	mg/L	0,043	<0,001	0,078	0,012	0,004	<0,001	0,2
Hierro	Fe	0,004	mg/L	1,545	0,255	9,502	1,418	1,059	5,454	1
Potasio	K	0,03	mg/L	3,17	1,60	4,28	5,09	4,01	8,05	NA
Litio	Li	0,008	mg/L	<0,008	0,031	<0,008	<0,008	0,029	<0,008	2,5
Magnesio	Mg	0,004	mg/L	22,15	47,51	6,151	26,75	29,92	9,690	150
Manganeso	Mn	0,001	mg/L	0,594	0,087	1,039	0,533	0,801	0,300	0,2
Molibdeno	Mo	0,002	mg/L	0,006	0,025	<0,002	0,013	0,013	<0,002	NA
Sodio	Na	0,02	mg/L	5,71	38,1	7,70	12,7	53,4	<0,02	200
Níquel	Ni	0,001	mg/L	0,006	<0,001	0,007	0,004	0,006	<0,001	0,2
Fósforo	P	0,006	mg/L	0,094	<0,006	0,458	0,190	0,066	0,120	NA
Plomo	Pb	0,005	mg/L	0,956	<0,005	1,525	0,088	0,524	<0,005	0,05
Antimonio	Sb	0,007	mg/L	0,068	<0,007	0,028	<0,007	<0,007	<0,007	NA
Selenio	Se	0,006	mg/L	0,023	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,05
Silicio	Si	0,02	mg/L	4,43	5,18	13,65	3,09	6,35	13,0	NA
Estaño	Sn	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	NA
Estroncio	Sr	0,0003	mg/L	1,0130	14,607	0,1871	1,7377	1,8250	0,7366	NA
Titanio	Ti	0,0003	mg/L	0,0420	<0,0003	0,2468	0,0056	0,0308	0,3722	NA
Talio	Tl	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	NA
Vanadio	V	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	NA
Zinc	Zn	0,002	mg/L	1,491	<0,002	1,035	1,223	0,183	0,047	2

(1) DS N° 002-2008-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.
NA No Aplica

Tabla Nº 4.1.6.- Resultados de Laboratorio – Aguas Subterráneas

Parámetro	Símbolo	L.D.	Unidad	Metales Disueltos por ICP						
				Estaciones						
				SA-1	SA-2	SA-3A	SA-3B	SA-4	SA-5	SA-7
Plata	Ag	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	Al	0,02	mg/L	0,08	<0,02	0,07	0,51	0,07	0,18	0,73
Arsénico	As	0,003	mg/L	0,011	<0,003	<0,003	<0,003	0,011	<0,003	0,020
Boro	B	0,001	mg/L	0,073	0,058	0,488	0,083	0,047	0,009	0,122
Bario	Ba	0,001	mg/L	0,176	0,090	0,024	0,037	0,043	0,018	0,029
Berilio	Be	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	Bi	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	Ca	0,04	mg/L	88,2	77,8	100	59,7	71,2	39,4	43,6
Cadmio	Cd	0,0004	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	Ce	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	Co	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	Cr	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	Cu	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro	Fe	0,004	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	0,448	<0,004	0,193	0,242
Potasio	K	0,03	mg/L	1,21	1,04	0,81	0,89	0,91	1,33	1,52
Litio	Li	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	Mg	0,004	mg/L	16,07	11,26	10,52	13,51	11,92	5,200	5,156
Manganeso	Mn	0,001	mg/L	0,089	0,094	0,104	0,123	0,027	0,018	0,027
Molibdeno	Mo	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	0,031	0,010	<0,002	0,027	0,023
Sodio	Na	0,02	mg/L	2,83	5,10	9,01	4,89	0,25	0,40	13,7
Niquel	Ni	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	P	0,006	mg/L	<0,006	0,019	<0,006	0,027	<0,006	0,019	0,030
Plomo	Pb	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,043	0,051
Antimonio	Sb	0,007	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Selenio	Se	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	Si	0,02	mg/L	3,35	4,27	4,83	3,07	1,97	1,26	2,34
Estaño	Sn	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	Sr	0,0003	mg/L	2,4160	1,6830	3,1500	0,9658	0,3149	0,3828	0,3335
Titanio	Ti	0,0003	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0205	<0,0003	0,0012	0,0257
Talio	Tl	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	V	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	Zn	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,007	0,008	<0,002

Tabla Nº 4.1.7.- Resultados de Laboratorio – Aguas Subterráneas

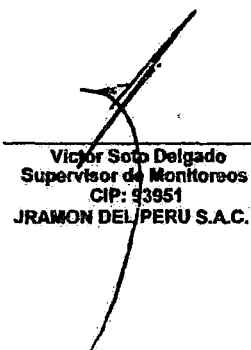
Parámetro	Símbolo	L.D.	Unidad	Metales Disueltos por ICP					
				Estaciones					
				SA-8	SA-9	SA-10	SA-11	SA-13	P-4
Plata	Ag	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	Al	0,02	mg/L	0,09	<0,02	0,50	<0,02	0,07	0,07
Arsénico	As	0,003	mg/L	0,020	<0,003	0,020	<0,003	0,018	<0,003
Boro	B	0,001	mg/L	0,079	0,349	0,050	0,019	0,096	0,059
Bario	Ba	0,001	mg/L	0,134	0,012	0,031	0,046	0,058	0,031
Berilio	Be	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	Bi	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	Ca	0,04	mg/L	222,2	277	47,7	200	208,6	17,3
Cadmio	Cd	0,0004	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	Ce	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	Co	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	Cr	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	Cu	0,001	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro	Fe	0,004	mg/L	<0,004	<0,004	0,216	<0,004	<0,004	0,033
Potasio	K	0,03	mg/L	2,57	1,25	2,20	4,77	3,98	0,67
Litio	Li	0,008	mg/L	<0,008	0,030	<0,008	<0,008	0,028	<0,008
Magnesio	Mg	0,004	mg/L	21,48	46,92	3,96	26,24	28,30	1,210
Manganeso	Mn	0,001	mg/L	0,424	0,066	0,103	0,357	0,604	0,023
Molibdeno	Mo	0,002	mg/L	<0,002	0,012	<0,002	0,009	0,013	<0,002
Sodio	Na	0,02	mg/L	5,43	37,2	7,40	10,5	48,8	<0,02
Níquel	Ni	0,001	mg/L	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	P	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	0,030	0,147	<0,006	0,060
Plomo	Pb	0,005	mg/L	0,050	<0,005	0,053	<0,005	0,052	<0,005
Antimonio	Sb	0,007	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Selenio	Se	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	Si	0,02	mg/L	2,37	5,06	2,76	2,52	4,35	1,82
Estaño	Sn	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	Sr	0,0003	mg/L	0,9839	14,397	0,1684	1,6917	1,7220	0,0547
Titanio	Ti	0,0003	mg/L	<0,0003	<0,0003	0,0171	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Talio	Tl	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	V	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	Zn	0,002	mg/L	0,459	<0,002	<0,002	0,383	0,024	<0,002

Capítulo V: COMENTARIOS

5.1 CALIDAD DE AGUA

- En la tabla 4.1.1., se muestran los resultados de los parámetros de campo muestreados en las estaciones SA-1, SA-2, SA-3A, SA-3B, SA-4, SA-5, SA-7, SA-8, SA-9, SA-10, SA-11, SA-13 y P-4 (Aguas subterráneas), donde se observa que los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango establecido; los registros de conductividad oscilan en el rango de 275 us/cm a 1680 us/cm no llegando a superar el estándar establecido; además ninguna de las estaciones supera el estándar establecido; dichos parámetros se sustentan en el DS N° 002-2008-MINAM. Categoría 3. Cabe señalar que dichas muestras provienen de aguas subterráneas.

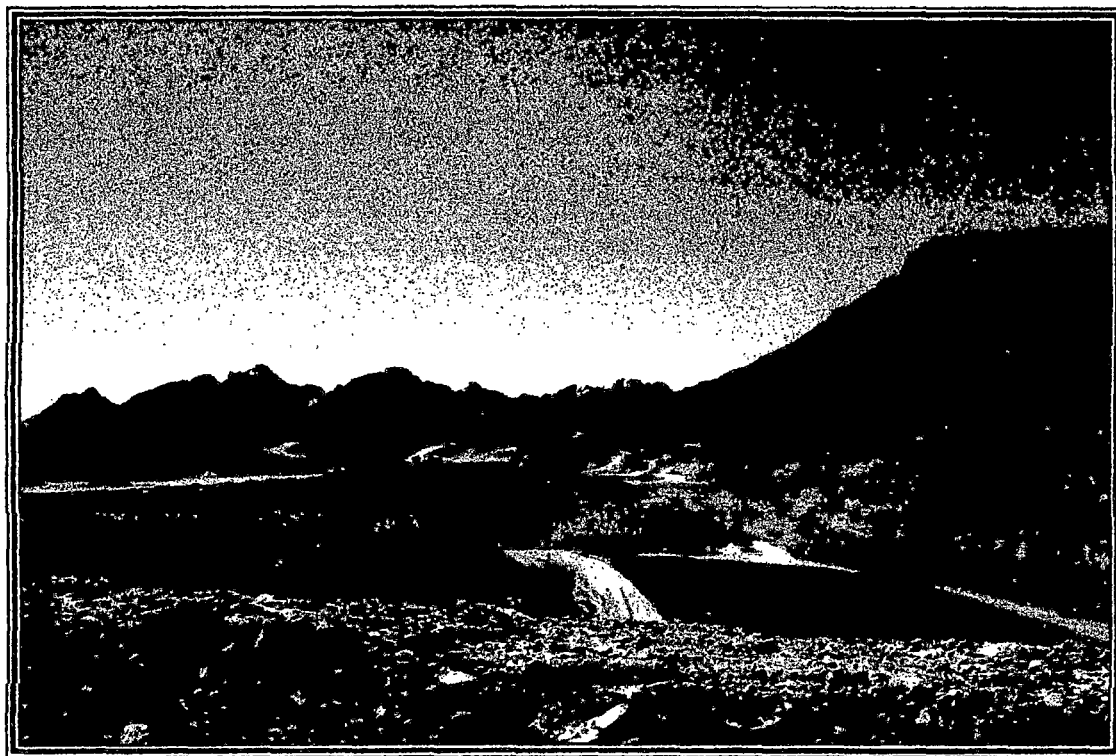
- En la tabla 4.1.2., se muestran los resultados de laboratorio obtenidos en las estaciones SA-1, SA-2, SA-3A, SA-3B, SA-4, SA-5, SA-7, SA-8, SA-9, SA-10, SA-11, SA-13 y P-4 (Aguas subterráneas), donde se observa que ninguna de las estaciones supera los estándares establecidos para Bicarbonatos, Carbonatos, Cloruros y Coliformes Fecales, sustentados en el DS N° 002-2008-MINAM. Categoría 3.



Victor Soto Delgado
Supervisor de Monitoreos
CIP: 93951
JRAMON DEL PERU S.A.C.

COMPAÑÍA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

*INFORME DE MONITOREO DE
CALIDAD DE AGUA*



*Elaborado por:
J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.*

Mayo - 2009

INFORME DE ENSAYO N° 10905270

Parámetros	Símbolo	Cod. Cliente		M-2 908820	M-3 908819
		Unidad	L.D.		
Arsénico disuelto	As-D	mg/L	0,0005	0,0014	0,0038
Cianuro total	CN	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Cobre disuelto	Cu-D	mg/L	0,02	<0,02	<0,02
Hierro disuelto	Fe-D	mg/L	0,02	<0,02	<0,02
Plomo disuelto	Pb-D	mg/L	0,02	<0,02	<0,02
Sólidos suspendidos totales	TSS	mg/L	2	<2	<2
Zinc disuelto	Zn-D	mg/L	0,02	<0,02	0,20

Parámetros	Símbolo	Cod. Cliente		M-1 909818	M-4 909817	M-5 908821	M-6 908816
		Unidad	L.D.				
Aceites y grasas	A/G	mg/L	1	<1	<1	<1	<1
Cianuro wad	CN	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cromo hexavalente	Cr VI	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/L	2	<2	<2	<2	<2
Fluoruros	F ⁻	mg/L	0,05	0,11	0,09	0,09	0,11
Mercurio total	Hg	mg/L	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006

Leyenda:

L.D = Límite de detección

... = No analizado

Tiempo de almacenaje de muestras	
TSS : 7días	Cianuros : 14días
DBO ₅ , CR VI : 24horas	F ⁻ , A/G : 28días
Metales Disueltos : 90días	

Miraflores, 26 de Mayo del 2009


Noel Inigo Guizado
Supervisor de Laboratorio
Medio Ambiente

SIGLAS

- "EPA" : U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes
- "SM" : Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 21 st Ed. 2005
- "ASTM" : American Society for Testing and Materials
- "NTP" : Norma Técnica Peruana
- "NIOSH" : The National Institute for Occupational Safety and Health

USO DEL INFORME:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El periodo de custodia de las muestras es de tres (3) meses después de la emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor. En este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado y deberá ser inscrito en el presente informe.
3. La solicitud de dirimencia ante la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales de INDECOPI debe realizarse diez días útiles antes de su perecibilidad.
4. Este es un documento oficial de interés público, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia.
5. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramón del Perú S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° 10905271

Parámetro	Símbolo	Código Cliente		M-1	M-4	M-5	M-8
		L.D.	Unidad	909818	909817	909821	909816
Metales Totales por ICP							
Plata	Ag	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	Al	0,02	mg/L	<0,02	0,10	<0,02	0,55
Arsénico	As	0,003	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	0,021
Boro	B	0,001	mg/L	0,097	0,041	0,025	0,066
Bario	Ba	0,001	mg/L	0,041	0,089	0,023	0,090
Berilio	Be	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	Bi	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cadmio	Cd	0,0004	mg/L	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	Ce	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	Co	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	Cr	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	Cu	0,001	mg/L	0,008	<0,001	<0,001	0,021
Hierro	Fe	0,004	mg/L	<0,004	0,392	0,078	1,918
Potasio	K	0,03	mg/L	0,57	1,08	0,80	1,39
Litio	Li	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	Mg	0,004	mg/L	23,08	16,53	11,01	17,77
Manganeso	Mn	0,001	mg/L	<0,001	0,214	0,028	0,338
Molibdeno	Mo	0,002	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Níquel	Ni	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	P	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Plomo	Pb	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	0,126
Antimonio	Sb	0,007	mg/L	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Selenio	Se	0,006	mg/L	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	Si	0,02	mg/L	3,15	2,03	2,46	2,80
Estaño	Sn	0,005	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	Sr	0,0003	mg/L	3,9741	1,2911	1,8271	1,7051
Titanio	Ti	0,0003	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Taño	Tl	0,008	mg/L	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	V	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	Zn	0,002	mg/L	<0,002	0,056	0,008	0,336

SIGLAS

- "EPA" : U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes
- "SM" : Standard methods for the examination of Water and Wastewater. APHA. AWWA, WEF 21 st Ed. 2005
- "ASTM" : American Society for Testing and Materials
- "NTP" : Norma Técnica Peruana
- "NIOSH" : The National Institute for Occupational Safety and Health

USO DEL INFORME:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El periodo de custodia de las muestras es de tres (3) meses después de la emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor. En este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado y deberá ser inscrito en el presente informe.
3. Este es un documento oficial de interés público, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia.
4. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.



INFORME DE ENSAYO N° 10905271

Parámetros	Símbolo	Cod. Cliente		M-1 909818	M-4 909817	M-5 909821	M-6 909816
		Unidad	L.D.				
Calcio total	Ca	mg/L	0,1	155,0	86,9	74,6	112,0
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	mg/L	0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	0,7	1,11	<0,70	<0,70	<0,70
Coliformes fecales		NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Coliformes totales		NMP /100mL	1,8	4,5	2,0	13 x 10 ¹	2,0
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	5	<5	<5	8	<5
Fenoles		mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	mg/L	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Nitratos	NO ₃ ⁻ - N	mg/L	0,02	1,47	<0,02	0,03	0,12
Nitritos	NO ₂ ⁻ - N	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
S.A.A.M.		mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sodio total	Na	mg/L	0,4	10,1	1,7	1,0	2,6
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	1	44	168	126	214
Sulfuros	S ²⁻	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Leyenda:

L.D = Límite de detección

... = No analizado

Tiempo de almacenaje de muestras	
DQO, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , Fenoles : 28 días	PO ₄ ⁻³ , NO ₂ ⁻ : 48 horas
Metales Totales, ICP : 90 días	

Miraflores, 25 de Mayo del 2009


Yoel Inigo Guizado
Supervisor de Laboratorio
Medio Ambiente

SIGLAS

"EPA" : U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes
 "SM" : Standard methods for the examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF 21 st Ed. 2005
 "ASTM" : American Society for Testing and Materials
 "NTP" : Norma Técnica Peruana
 "NIOSH" : The National Institute for Occupational Safety and Health

USO DEL INFORME:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El periodo de custodia de las muestras es de tres (3) meses después de la emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor. En este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado y deberá ser inscrito en el presente informe.
3. Este es un documento oficial de interés público, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia.
4. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.

www.jramoncorp.com

Oficinas Administrativas: Paseo de la República 3780, San Isidro
Laboratorio: Calle Domingo Elias 231, Miraflores



INFORME DE ENSAYO N° 10905299

Parámetros	Símbolo	Unidad	L.D.	Cod. Cliente				
				M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
				Cod. Lab.				
				909818	909820	909819	909817	909821
Conductividad		uS/cm	1	3	463	1,006	452	395
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/L	...	4,59	6,05	6,19	5,15	5,18
pH		Und. pH	...	7,65	7,84	7,73	8,20	8,03
Temperatura		° C	...	8,3	6,0	6,8	18,1	10,4

Parámetros	Símbolo	Unidad	L.D.	Cod. Cliente
				M-6
				Cod. Lab.
				909816
Conductividad		uS/cm	1	552
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/L	...	6,13
pH		Und. pH	...	8,17
Temperatura		° C	...	13,1

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Miraflores, 28 de Mayo del 2009


Victor Soto Delgado
Supervisor de Monitoreos
CIP: 93951
JRAMON DEL PERU S.A.C.

SIGLAS

- "EPA" : U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes
- "SM" : Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 21 st Ed. 2005
- "ASTM" : American Society for Testing and Materials
- "NTP" : Norma Técnica Peruana
- "NIOSH" : The National Institute for Occupational Safety and Health

USO DEL INFORME:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El periodo de custodia de las muestras es de tres (3) meses después de la emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor. En este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado y deberá ser inscrito en el presente informe.
3. La solicitud de dirimencia ante la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales de INDECOPI debe realizarse diez días útiles antes de su perecibilidad.
4. Este es un documento oficial de interés público, su alteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia.
5. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.



COMPañÍA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

INFORME DE MONITOREO MENSUAL DE CALIDAD DE AGUA



Elaborado por:
J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.

Julio - 2009

Inf. de Monitoreo N° 109467

Inf. de Ensayo N° 109775

Inf. de Ensayo N° 109728

Inf. de Ensayo N° 1098797

Inf. de Ensayo (Metales de Campo) N° 1095167



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACION
CON REGISTRO N. LE-028



Registro N° LE-028

INFORME DE ENSAYO N° 10907705
CON VALOR OFICIAL

Parámetros	Cod. Cliente		M-1	M-4	M-5	M-6	M-2
	Cod. Lab.		916280	916283	916284	916285	916281
	Tipo de Producto		Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Efluente industrial
Unidad	L.D.	Resultados					
Aceites y grasas	mg/L	1	<1	<1	<1	<1	...
Arsénico disuelto	mg/L	0,0005	...	...	...	...	0,0019
Arsénico total	mg/L	0,0005	0,0008	0,0145	0,0083	0,0085	...
Cadmio total	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	...
Cianuro total	mg/L	0,005	...	...	...	...	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	...
Cobre disuelto	mg/L	0,02	...	...	...	...	<0,02
Cobre total	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	...
Cromo hexavalente	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	...
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2	<2	<2	<2	<2	...
Fluoruros	mg/L	0,05	0,10	0,14	0,09	0,17	...
Hierro disuelto	mg/L	0,02	...	...	...	...	<0,02
Hierro Total	mg/L	0,02	0,08	0,18	0,14	0,08	...
Manganeso total	mg/L	0,01	<0,01	0,17	0,03	0,08	...
Mercurio total	mg/L	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	...
Plomo disuelto	mg/L	0,02	...	...	...	...	<0,02
Plomo total	mg/L	0,02	<0,02	0,02	0,09	<0,02	...
Selenio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	...
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	...	...	...	...	<2
Sólidos totales	mg/L	5	711	654	330	721	...
Zinc disuelto	mg/L	0,02	...	...	...	...	<0,02
Zinc total	mg/L	0,02	<0,02	0,16	0,11	0,16	...

Parámetros	Cod. Cliente		M-3
	Cod. Lab.		916282
	Tipo de Producto		Efluente industrial
Unidad	L.D.	Resultados	
Arsénico disuelto	mg/L	0,0005	0,0043
Cianuro total	mg/L	0,005	<0,005
Cobre disuelto	mg/L	0,02	<0,02

Uso del Informe:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El periodo de custodia de las muestras derivadas es de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor; en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de dirimencia ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI debe realizarse diez (10) días hábiles antes de su perecibilidad.
5. El presente Informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.

www.jramoncorp.com

Oficinas Administrativas: Paseo de la República 3780, San Isidro
Laboratorio: Calle Domingo Elias 231, Miraflores



**INFORME DE ENSAYO N° 10907705
CON VALOR OFICIAL**

Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
	Cod. Lab.	916282	
	Tipo de Producto	Efluente Industrial	
Hierro disuelto	mg/L	0,02	<0,02
Plomo disuelto	mg/L	0,02	<0,02
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	<2
Zinc disuelto	mg/L	0,02	0,49

Legenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Tiempo de Perecibilidad de Muestras / Periodo de Custodia de Muestras Dirimentes		
TSS, TS : 7días	Cianuros : 14días	CR VI, DBO ₅ : 24horas
A/G, F ² : 28días	Metales Totales, Metales Disueltos : 90días	

Miraflores, 24 de Agosto del 2009



Yoel Iñigo Guizado
Supervisor de Laboratorio
Medio Ambiente

Uso del Informe:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluyo el presente informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El periodo de custodia de las muestras dirimentes es de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor; en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de dirimencia ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOP debe realizarse diez (10) días útiles antes de su perecibilidad.
5. El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.



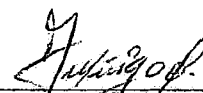
INFORME DE ENSAYO N° 10907706

	Cod. Cliente		M-1	M-4	M-5	M-6
	Cod. Lab.		916280	916283	916284	916285
	Tipo de Producto		Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados			
Aluminio total	mg/L	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bario total	mg/L	0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Bicarbonatos	mg/L	0,58	209,36	107,18	123,21	128,22
Boro total	mg/L	0,03	0,10	0,08	<0,03	0,10
Calcio total	mg/L	0,1	156,0	150,0	61,1	141,0
Carbonatos	mg/L	0,58	<0,58	<0,58	<0,58	4,01
Cloruros	mg/L	0,7	2,4	<0,7	<0,7	<0,7
Cobalto total	mg/L	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Coliformes fecales	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	2,0
Coliformes totales	NMP /100mL	1,8	2,0	2,0	<1,8	6,8
Demanda química de oxígeno	mg/L	5	47	83	90	68
Fenoles	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fosfatos	mg/L	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Litio total	mg/L	0,05	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Magnesio total	mg/L	0,01	21,88	30,07	13,23	30,56
Níquel total	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Nitratos	mg/L	0,02	2,86	<0,02	0,02	0,05
Plata total	mg/L	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
S.A.A.M.	mg/L	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Sulfatos	mg/L	1	255	329	107	359
Sulfuros	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

Leyenda: L.D = Límite de detección ... = No analizado

Tiempo de Percibilidad de Muestras / Periodo de Custodia de Muestras Dirimentes		
SO ₄ ²⁻ , DQO, Fenoles, Cl ⁻ : 28días	PO ₄ ³⁻ : 48horas	Metales Totales: 90días

Miraflores, 25 de Agosto del 2009



Yoel Inigo Guizado
Supervisor de Laboratorio
Medio Ambiente

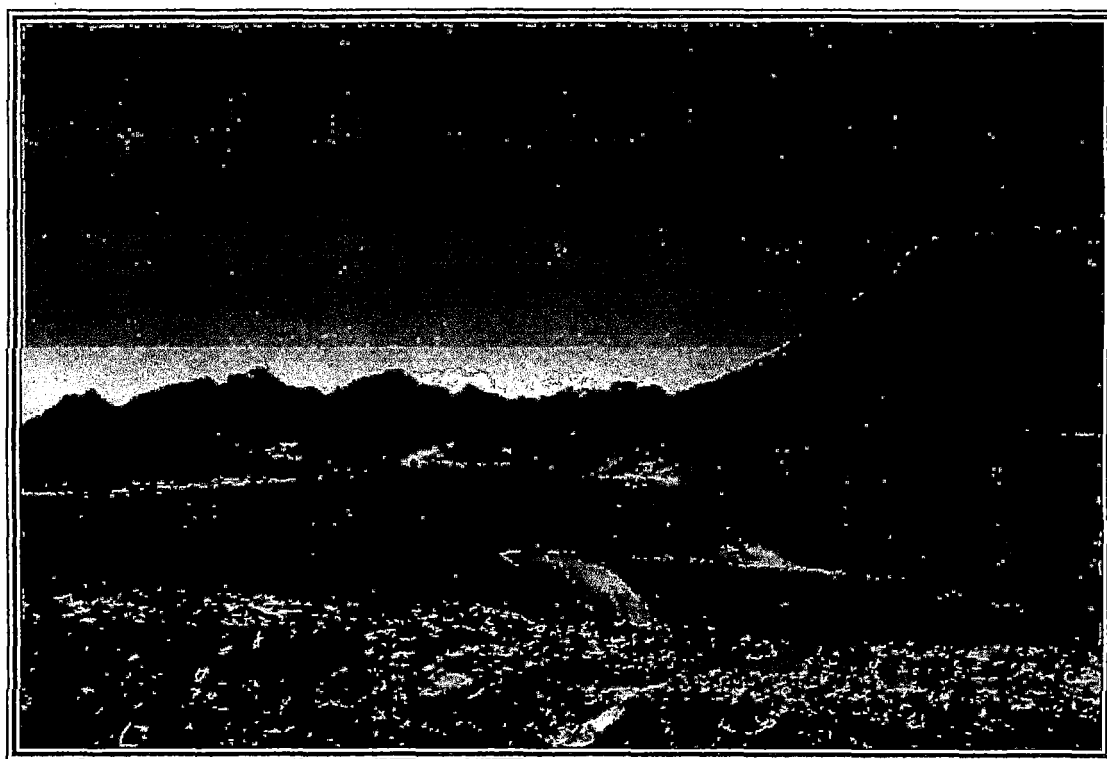
Uso del Informe:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El periodo de custodia de las muestras dirimentes es de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su percibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de dirimencia ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI debe realizarse diez (10) días útiles antes de su percibilidad.
5. El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.



COMPAÑÍA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

**INFORME DE MONITOREO DE CALIDAD DE
AGUAS SUBTERRÁNEAS**



Elaborado por:
J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.

Agosto – 2009

Inf. de Monitoreo N° 109504

Inf. de Ensayo N° 10908318

Inf. de Ensayo N° 10908319

Inf. de Ensayo N° 10908333

Inf. de Ensayo N° 10908334

INFORME DE ENSAYO Nº 10908318 CON VALOR OFICIAL

Cod. Cliente	SA-7	SA-13
Cod. Lab.	917603	917604
Tipo de Producto		

Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
Metales Totales (ICP)				
Plata	mg/L	0,001	<0,001	0,006
Aluminio	mg/L	0,02	0,69	0,91
Arsénico	mg/L	0,003	0,015	0,237
Boro	mg/L	0,001	0,198	0,137
Bario	mg/L	0,001	0,129	0,118
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	70,5	350
Cadmio	mg/L	0,0004	<0,0004	0,0038
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	0,006
Cromo	mg/L	0,001	0,007	0,004
Cobre	mg/L	0,001	<0,001	0,058
Hierro	mg/L	0,004	2,496	11,12
Potasio	mg/L	0,03	2,59	2,81
Litio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	15,09	35,65
Manganeso	mg/L	0,001	1,262	3,420
Molibdeno	mg/L	0,002	0,013	<0,002
Sodio	mg/L	0,02	35,8	10,5
Níquel	mg/L	0,001	0,005	0,008
Fósforo	mg/L	0,006	0,055	0,266
Plomo	mg/L	0,005	0,156	0,493
Antimonio	mg/L	0,007	<0,007	0,034
Selenio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	4,58	7,73
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	0,8675	1,3141
Titanio	mg/L	0,0003	0,0045	0,0185
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001	0,013
Zinc	mg/L	0,002	0,572	0,763

Leyenda:

L.D = Limite de detección

... = No analizado

10908318

INFORME DE ENSAYO N° 10908318 CON VALOR OFICIAL

	Cod. Cliente		SA-7	SA-13
	Cod. Lab.		917603	917604
	Tipo de Producto			
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
Metales Disueltos (ICP)				
Plata	mg/L	0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	mg/L	0,02	<0,02	0,10
Arsénico	mg/L	0,003	<0,003	<0,003
Boro	mg/L	0,001	0,119	0,125
Bario	mg/L	0,001	0,121	0,066
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	70,5	300
Cadmio	mg/L	0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	<0,001
Cromo	mg/L	0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,001	<0,001	0,004
Hierro	mg/L	0,004	<0,004	<0,004
Potasio	mg/L	0,03	2,48	2,40
Litio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	14,94	32,52
Manganeso	mg/L	0,001	1,249	2,586
Molibdeno	mg/L	0,002	0,011	<0,002
Sodio	mg/L	0,02	35,7	10,5
Níquel	mg/L	0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	mg/L	0,006	<0,006	0,018
Plomo	mg/L	0,005	<0,005	0,017
Antimonio	mg/L	0,007	<0,007	<0,007
Selenio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	3,50	6,13
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	0,8532	1,2731
Titanio	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001	0,005
Zinc	mg/L	0,002	0,228	0,186

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

* 10908318 *

INFORME DE ENSAYO N° 10908319

Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados	
			SA-13	SA-7
Bicarbonatos	mg/L	0,58	225,63	270,15
Carbonatos	mg/L	0,58	<0,58	<0,58
Cianuro libre	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Cianuro total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005
Cloruros	mg/L	0,7	1,8	<0,7
Coliformes fecales	NMP /100mL	1,8	2,0	<1,8
Dureza total	mg/L	1	929	244
Fluoruros	mg/L	0,05	0,16	0,12
Nitratos	mg/L	0,02	0,64	0,03
Nitritos	mg/L	0,01	0,02	<0,01
Sólidos disueltos totales	mg/L	5	1 123	304
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	218	29
Sulfatos	mg/L	1	698	46

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Tiempo de Perecibilidad de Muestras / Período de Custodia de Muestras Dirimentes		
TDS, TSS : 7 días	Cianuros : 14 días	SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ : 28 días
NO ₂ ⁻ : 48 horas	Dureza Total : 90 días	

Miraflores, 1 de Setiembre del 2009

Yoel Iñigo Guizado
Supervisor de Laboratorio
Medio Ambiente

* 10908319 *

INFORME DE ENSAYO N° 10908333 CON VALOR OFICIAL

Parámetros	Cod. Cliente		SA-11	SA-5	SA-4	SA-9	SA-1
	Cod. Lab.		917659	917660	917661	917662	917663
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Unidad	L.D.	Resultados					
Metales Totales (ICP)							
Plata	mg/L	0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	mg/L	0,02	2,19	0,27	0,67	0,35	0,39
Arsénico	mg/L	0,003	0,141	0,020	<0,003	<0,003	<0,003
Boro	mg/L	0,001	0,092	0,306	0,017	0,021	0,080
Bario	mg/L	0,001	0,115	0,016	0,035	0,024	0,409
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	253	231	68,3	39,2	152
Cadmio	mg/L	0,0004	0,0032	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	mg/L	0,001	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,001	0,063	<0,001	0,005	0,282	0,006
Hierro	mg/L	0,004	12,55	0,779	1,403	1,707	6,712
Potasio	mg/L	0,03	2,84	1,57	1,36	1,84	1,82
Litio	mg/L	0,008	<0,008	0,024	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	32,39	41,28	14,56	5,304	33,23
Manganeso	mg/L	0,001	0,877	0,102	0,322	0,084	0,889
Molibdeno	mg/L	0,002	0,011	0,029	<0,002	0,029	<0,002
Sodio	mg/L	0,02	12,5	33,3	1,04	1,48	7,25
Niquel	mg/L	0,001	0,006	<0,001	<0,001	0,026	<0,001
Fósforo	mg/L	0,006	0,524	0,028	0,095	0,051	0,253
Plomo	mg/L	0,005	0,483	0,055	0,779	0,345	<0,005
Antimonio	mg/L	0,007	0,022	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Selenio	mg/L	0,006	0,020	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	6,37	5,20	2,61	1,37	9,12
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	1,9249	9,8581	0,3063	0,3738	3,7177
Titanio	mg/L	0,0003	0,0298	<0,0003	0,0097	<0,0003	<0,0003
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	0,013	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	mg/L	0,002	1,444	0,054	0,120	0,031	0,021

10908333

INFORME DE ENSAYO N° 10908333 CON VALOR OFICIAL

Parámetros	Cod. Cliente		P-4	SA-2	SA-3A	SA-3B
	Cod. Lab.		917664	917665	917666	917667
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
	Unidad	L.D.	Resultados			
Metales Totales (ICP)						
Plata	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	mg/L	0,02	0,17	0,10	0,23	0,16
Arsénico	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Boro	mg/L	0,001	0,032	0,065	0,358	0,088
Bario	mg/L	0,001	0,051	0,111	0,037	0,117
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0009	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	74,3	71,9	88,4	43,1
Cadmio	mg/L	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,001	0,037	<0,001	0,012	0,015
Hierro	mg/L	0,004	0,886	0,787	0,574	1,975
Potasio	mg/L	0,03	2,20	1,93	1,02	1,29
Litio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	11,11	10,60	9,302	26,95
Manganeso	mg/L	0,001	0,166	0,214	0,176	0,161
Molibdeno	mg/L	0,002	0,022	0,009	0,045	0,028
Sodio	mg/L	0,02	831	9,47	9,47	20,6
Níquel	mg/L	0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	mg/L	0,006	0,050	0,024	0,045	0,044
Plomo	mg/L	0,005	0,236	0,018	<0,005	0,016
Antimonio	mg/L	0,007	<0,007	<0,007	0,045	<0,007
Selenio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	2,18	4,27	4,46	3,61
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	0,016	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	1,0769	1,4674	2,5495	1,4110
Titanio	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	mg/L	0,002	0,045	0,026	0,023	0,031

* 10908333 *

INFORME DE ENSAYO N° 10908333 CON VALOR OFICIAL

Parámetros	Cod. Cliente		SA-5	SA-4	SA-9	SA-1
	Cod. Lab.		917660	917661	917662	917663
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Unidad	L.D.	Resultados				
Metales Disueltos (ICP)						
Plata	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Boro	mg/L	0,001	0,305	<0,001	0,004	0,066
Bario	mg/L	0,001	0,011	0,020	0,022	0,404
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	202	64,9	39,0	133
Cadmio	mg/L	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro	mg/L	0,004	<0,004	<0,004	0,013	0,556
Potasio	mg/L	0,03	1,37	1,15	1,68	1,78
Litio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	35,70	12,80	5,257	28,92
Manganeso	mg/L	0,001	0,071	0,070	0,007	0,854
Molibdeno	mg/L	0,002	0,021	<0,002	0,021	<0,002
Sodio	mg/L	0,02	25,5	0,68	1,35	6,30
Níquel	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,050
Plomo	mg/L	0,005	<0,005	0,163	0,031	<0,005
Antimonio	mg/L	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Selenio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	5,01	1,92	0,97	8,49
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	8,4741	0,2323	0,3220	3,1961
Titanio	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	mg/L	0,002	0,016	0,028	0,009	0,006

* 10908333 *

INFORME DE ENSAYO N° 10908333 CON VALOR OFICIAL

Parámetros	Cod. Cliente		P-4	SA-2	SA-3A	SA-3B
	Cod. Lab.		917664	917665	917666	917667
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Unidad	L.D.	Resultados				
Metales Disueltos (ICP)						
Plata	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Boro	mg/L	0,001	0,099	0,051	0,358	0,068
Bario	mg/L	0,001	0,033	0,108	0,034	0,098
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	48,5	71,6	76,6	39,6
Cadmio	mg/L	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro	mg/L	0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,078
Potasio	mg/L	0,03	1,29	1,74	1,00	1,23
Litio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	7,771	10,55	7,994	24,46
Manganeso	mg/L	0,001	0,102	0,148	0,153	0,054
Molibdeno	mg/L	0,002	0,008	<0,002	0,025	0,026
Sodio	mg/L	0,02	6,76	5,73	7,99	18,8
Níquel	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	mg/L	0,006	0,024	<0,006	<0,006	0,025
Plomo	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Antimonio	mg/L	0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Selenio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	1,65	4,13	4,38	3,14
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	0,5875	1,2851	2,1561	1,2921
Titanio	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Taio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Zinc	mg/L	0,002	0,029	0,006	0,019	0,015

Legenda: L.D = Límite de detección ... = No analizado

Tiempo de Perecibilidad de Muestras / Período de Custodia de Muestras Dirimentes	
ICP : 90días	

Miraflores, 4 de Setiembre del 2009

Yoel Iñigo Guizado
Supervisor de Laboratorio
Medio Ambiente

* 10908333 *

INFORME DE ENSAYO N° 10908334

Parámetros	Cod. Cliente		P-4	SA-1	SA-11	SA-2	SA-3A
	Cod. Lab.		917664	917663	917659	917665	917666
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Unidad	L.D.	Resultados					
Bicarbonatos	mg/L	0,58	287,35	567,62	184,15	201,85	187,18
Carbonatos	mg/L	0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58
Cianuro libre	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuro total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cloruros	mg/L	0,7	<0,7	<0,7	1,8	3,1	<0,7
Coliformes fecales	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	6,8
Dureza total	mg/L	1	219	497	699	219	244
Fluoruros	mg/L	0,05	0,10	0,18	0,09	0,09	0,09
Nitratos	mg/L	0,02	0,04	0,20	0,13	<0,02	0,02
Nitritos	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sólidos disueltos totales	mg/L	5	184	508	943	105	294
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	13	42	...	4	16
Sulfatos	mg/L	1	49	8	456	4	214

Parámetros	Cod. Cliente		SA-3B	SA-4	SA-5	SA-9
	Cod. Lab.		917667	917661	917660	917662
	Tipo de Producto		Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea	Agua subterránea
Unidad	L.D.	Resultados				
Bicarbonatos	mg/L	0,58	183,14	138,62	121,42	67,79
Carbonatos	mg/L	0,58	<0,58	2,02	2,02	<0,58
Cianuro libre	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuro total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cloruros	mg/L	0,7	1,4	<0,7	1,8	1,5
Coliformes fecales	NMP /100mL	1,8	2,0	<1,8	<1,8	<1,8
Dureza total	mg/L	1	227	210	745	118
Fluoruros	mg/L	0,05	0,09	0,10	0,32	0,11
Nitratos	mg/L	0,02	0,27	0,19	0,10	0,09
Nitritos	mg/L	0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01
Sólidos disueltos totales	mg/L	5	273	222	1 105	249
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	2	50	42	9
Sulfatos	mg/L	1	60	230	661	18

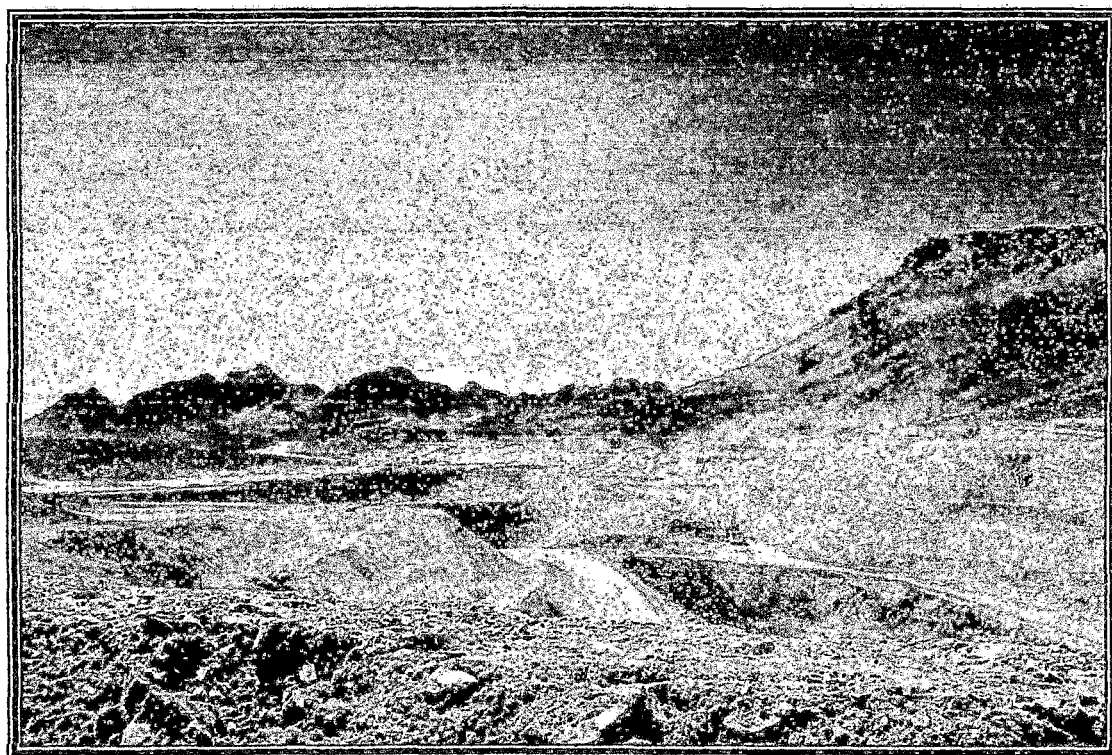
Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Tiempo de Percibibilidad de Muestras / Periodo de Custodia de Muestras Dirimentes		
TSS,TDS : 7 días	Cianuros : 14 días	Cl ⁻ ,SO ₄ ²⁻ ,F ⁻ : 28 días

* 10908334 *

COMPAÑÍA MINERA ALPAMARCA S.A.C.

INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALIDAD DE AGUA Y MUESTREO HIDROBIOLÓGICO



Elaborado por:
J. RAMÓN DEL PERÚ S.A.C.

Agosto – 2009

Inf. de Muestreo: N° 102604

Inf. de Ensayo N° 0058006

Inf. de Ensayo N° 1026017

Inf. de Ensayo (Mediciones de Campo) N° 1026034

**INFORME DE ENSAYO N° 10908316
CON VALOR OFICIAL**

Parámetros	Unidad	L.D.	Cod. Cliente	M-6	M-4	M-1	M-5
			Cod. Lab.	917597	917598	917599	917602
			Tipo de Producto	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
			Resultados				
Metales Totales (ICP)							
Plata	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Aluminio	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02
Arsénico	mg/L	0,003	0,019	0,010	<0,003	0,011	0,011
Boro	mg/L	0,001	0,091	0,087	0,222	0,019	0,019
Bario	mg/L	0,001	0,043	0,042	0,036	0,023	0,023
Berilio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0006	<0,0002	<0,0002
Bismuto	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Calcio	mg/L	0,04	138	131	162	58,7	58,7
Cadmio	mg/L	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Cerio	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Cobalto	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cromo	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cobre	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Hierro	mg/L	0,004	0,146	0,020	0,055	0,022	0,022
Polasio	mg/L	0,03	2,04	1,56	1,20	1,17	1,17
Litio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Magnesio	mg/L	0,004	30,81	32,12	22,88	13,35	13,35
Manganeso	mg/L	0,001	0,079	0,020	0,007	0,017	0,017
Molibdeno	mg/L	0,002	0,017	<0,002	0,013	0,016	0,016
Sodio	mg/L	0,02	5,27	4,17	10,2	1,75	1,75
Níquel	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fósforo	mg/L	0,006	<0,006	<0,006	0,031	<0,006	<0,006
Plomo	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	0,015	<0,005	<0,005
Antimonio	mg/L	0,007	<0,007	<0,007	0,021	<0,007	<0,007
Selenio	mg/L	0,006	0,025	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Silicio	mg/L	0,02	2,33	2,65	2,89	1,96	1,96
Estaño	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Estroncio	mg/L	0,0003	2,2022	2,1792	3,2442	1,7592	1,7592
Titanio	mg/L	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Talio	mg/L	0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Vanadio	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001
Zinc	mg/L	0,002	0,157	0,047	0,059	0,015	0,015

Uso del Informe:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El periodo de custodia de las muestras disueltas es de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor; en caso caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de certificación ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI debe realizarse diez (10) días útiles antes de su perecibilidad.
5. El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.



**INFORME DE ENSAYO N° 10908316
CON VALOR OFICIAL**

Parámetros	Cod. Cliente		M-1	M-4	M-5	M-6	M-2
	Cod. Lab.		917599	917598	917602	917597	917601
	Tipo de Producto		Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Efluente industrial
	Unidad	L.D.	Resultados				
Aceites y grasas	mg/L	1	<1	<1	<1	<1	...
Arsénico disuelto	mg/L	0,003	...	...	...	...	<0,003
Cianuro total	mg/L	0,005	...	...	...	...	<0,005
Cianuro wad	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	...
Cobre disuelto	mg/L	0,001	...	...	...	...	<0,001
Cromo hexavalente	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	...
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	2	<2	<2	<2	<2	...
Fluoruros	mg/L	0,05	0,11	0,14	0,09	0,17	...
Hierro disuelto	mg/L	0,004	...	...	...	...	<0,004
Mercurio total	mg/L	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	...
Plomo disuelto	mg/L	0,005	...	...	...	...	<0,005
Sólidos disueltos totales	mg/L	5	...	546	181	...	...
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	...	<2	<2	...	<2
Zinc disuelto	mg/L	0,002	...	...	...	...	0,016

Parámetros	Cod. Cliente		M-3
	Cod. Lab.		917600
	Tipo de Producto		Efluente industrial
	Unidad	L.D.	Resultados
Arsénico disuelto	mg/L	0,003	0,016
Cianuro total	mg/L	0,005	<0,005
Cobre disuelto	mg/L	0,001	<0,001
Hierro disuelto	mg/L	0,004	<0,004
Plomo disuelto	mg/L	0,005	<0,005
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2	16
Zinc disuelto	mg/L	0,002	0,552

Tiempo de Percibilidad de Muestras / Período de Custodia de Muestras Dirimientes		
TSS, TDS : 7 días	Cianuros : 14 días	DBO ₅ , CR VI : 24 horas
F ⁺ , A/G : 28 días	Metales Disueltos, ICP : 90 días	

Miraflores, 18 de Setiembre del 2009

M. Laura
Milagros Ramirez Arroyo
 Supervisor de Laboratorio
 Medio Ambiente
 CQP 689

Uso del Informe:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El período de custodia de las muestras dirimientes es de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su perechibilidad exija un período menor; en este caso el período de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de dirimencia ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOP debe realizarse diez (10) días útiles antes de su perechibilidad.
5. El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.





INFORME DE ENSAYO N° 10908317

Parámetros	Unidad	L.D.	Cod. Cliente	M-1	M-4	M-5	M-6
			Cod. Lab.	917599	917598	917602	917597
			Tipo de Producto	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Bicarbonatos	mg/L	0,58	204,38	108,26	110,29	124,45	
Carbonatos	mg/L	0,58	<0,58	<0,58	<0,58	<0,58	
Cianuro libre	mg/L	0,005	...	<0,005	<0,005	...	
Cloruros	mg/L	0,7	1,6	<0,7	<0,7	<0,7	
Coliformes fecales	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	
Coliformes totales	NMP /100mL	1,8	<1,8	<1,8	<1,8	6,8	
Demanda química de oxígeno	mg/L	5	24	19	88	36	
Fenoles	mg/L	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Fosfatos	mg/L	0,03	0,25	0,04	0,06	0,07	
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/L	1	...	<1,0	<1,0	...	
Nitratos	mg/L	0,02	2,08	<0,02	<0,02	0,08	
Nitritos	mg/L	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0,03	...	<0,03	0,04	...	
Nitrógeno total	mg/L	0,10	...	0,17	0,91	...	
S.A.A.M.	mg/L	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	
Sulfatos	mg/L	1	288	315	142	442	
Sulfuros	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	

Leyenda: L.D = Límite de detección ... = No analizado

Tiempo de Percibilidad de Muestras / Periodo de Custodia de Muestras Dirimientes		
N: 7 días	Cianuros: 14 días	SO ₄ ²⁻ , DQO, Fenoles, Cl ⁻ : 28 días
PO ₄ ³⁻ , NO ₂ ⁻ : 48 horas	Metales (Suelos): 90 días	

Miraflores, 18 de Setiembre del 2009

M. Ramirez
Milagros Ramirez Arroyo
 Supervisor de Laboratorio
 Medio Ambiente
 CQP 689

Uso del Informe:

1. El presente Informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluye el presente Informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El periodo de custodia de las muestras dirimientes es de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su percibilidad exija un periodo menor; en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de dirimencia ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOPI debe realizarse diez (10) días útiles antes de su percibilidad.
5. El presente Informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente Informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C

www.jramoncorp.com

Oficinas Administrativas: Paseo de la República 3780, San Isidro
 Laboratorio: Calle Domingo Elías 231, Miraflores



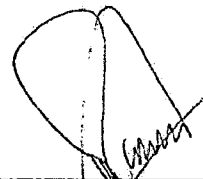
**INFORME DE ENSAYO N° 10909334
CON VALOR OFICIAL**

Parámetros	Unidad	L.D.	Cod. Cliente	M-1	M-4	M-5	M-6	M-2
			Cod. Lab.	917599	917598	917602	917597	917601
			Tipo de Producto	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Efluente industrial
Conductividad	uS/cm	1		8	460	391	538	451
Oxígeno disuelto	mg/L	...		4,59	5,21	5,05	6,05	5,92
pH	Und. pH	...		7,73	8,17	8,00	8,17	7,77
Temperatura	° C	...		8,5	8,8	7,1	9,4	6,1

Parámetros	Unidad	L.D.	Cod. Cliente
			Cod. Lab.
			Tipo de Producto
Conductividad	uS/cm	1	M-3
Oxígeno disuelto	mg/L	...	917600
pH	Und. pH	...	Efluente industrial
Temperatura	° C	...	Resultados
			1.005
			5,98
			7,49
			5,1

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Miraflores, 18 de Agosto del 2009



Jaime Ramón Valencia
Ing. Químico
CIP 5953

Uso del Informe:

1. El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
2. El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 07 días calendario de la fecha de emisión de este documento.
3. El período de custodia de las muestras difiere de tres (03) meses a partir de la fecha de muestreo, salvo que su perecibilidad exija un período menor; en este caso el período de custodia será definido por los requisitos del método utilizado.
4. La solicitud de certificación ante el Servicio Nacional de Acreditación de INDECOP debe realizarse diez (10) días útiles antes de su perecibilidad.
5. El presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramón del Perú S.A.C.



ANEXO G: GLOSARIO DE TERMINOS

Acuífero: formación geológica que almacena agua y que es capaz de transmitirla de manera que puede ser aprovechada como recurso. El agua de superficie se infiltra a través del suelo hasta encontrarse con una capa impermeable; entonces se acumula y llena los poros y fisuras de las rocas, dando lugar a una zona de saturación. El agua subterránea puede brotar de modo natural (manantiales o fuentes) o ser extraída mediante pozos u otros elementos de captación. Las características fundamentales de un acuífero son la baja velocidad en el movimiento del agua subterránea, los grandes volúmenes de reservas y el gran tiempo de renovación del agua en el sistema.

Acuífero libre: acuífero no limitado en la parte superior por un techo impermeable, de manera que existe un nivel freático a una cierta profundidad. Cuando una perforación alcanza este nivel aparece un volumen de agua libre. Estos acuíferos pueden recargarse desde la superficie mediante una fracción de la pluviometría o excedentes de riego.

Acuífero semiconfinado: acuífero de tipo confinado que se diferencia de este en que se encuentra limitado en la parte superior por una formación geológica muy poco permeable pero que es capaz de producir recarga al acuífero.

Acuitardo: formación geológica capaz de almacenar grandes volúmenes de agua, pero que la transmite con dificultad.

Balance iónico: medida de la bondad de un análisis químico; consiste en la diferencia entre la suma de cargas positivas (equivalentes de cationes) y la de cargas negativas (equivalentes de aniones) de las sales disueltas, normalizada por la semisuma total de iones. Suele expresarse en tanto por ciento.

Capacidad de infiltración: máxima cantidad de agua que puede absorber un suelo por unidad de tiempo, para unas condiciones iniciales determinadas.

Capacidad de retención: capacidad que tiene un suelo para retener contaminantes por adsorción.

Conductividad hidráulica: propiedad tensorial del medio que refleja la capacidad del mismo a que el agua circule a través suyo. Una componente direccional de este tensor se

define como el caudal que circula a través de una sección unitaria de un acuífero, bajo un gradiente hidráulico unidad. Este parámetro presenta una gran variabilidad natural, de manera que en una formación aparentemente homogénea sus valores pueden variar tres o cuatro órdenes de magnitud. Las dimensiones son LT^{-1} .

Contaminación puntual: modelo espacial que describe la presencia de un determinado contaminante en un acuífero. Se caracteriza por generar penachos de contaminación de pequeño tamaño.

D.R.A.S.T.I.C., método: acrónimo del sistema estandarizado creado por el US Geological Survey, para evaluar la vulnerabilidad frente a la contaminación a partir de criterios hidrogeológicos.

Ensayo de trazadores: ensayo hidráulico que consiste en inyectar un trazador artificial y registrar su movimiento a lo largo de una línea de flujo.

Escorrentía superficial: fracción de la precipitación que no se infiltra en el terreno y circula por la superficie en forma de torrentes, ríos o arroyos.

Nivel freático: equivalente a nivel piezométrico para acuíferos libres. En el resto de acuíferos no está definido.

Nivel piezométrico: energía total por unidad de peso del agua subterránea en un punto de un acuífero. La energía total es igual a la suma de la energía potencial más la presión intersticial; la energía cinética puede despreciarse debido a los valores de velocidad bajos habituales en las aguas subterráneas. Se mide en unidades de longitud y es igual a la cota que tendría el agua en un pozo perforado en este punto.

Permeabilidad: capacidad de un suelo o roca para que un fluido cualquiera la pueda atravesar. Se mide en L^2I , aunque en muchos casos se usa como término cualitativo.

Piezómetro: sondeo empleado para medir el nivel piezométrico. Sueles ser de diámetro pequeño, de manera que no es posible instalar una bomba sumergida en su interior.

Pluviometría: cantidad de agua recogida en forma de lluvia en un punto y en un tiempo prefijado (normalmente 1 año). Se mide en litros recogidos por metro cuadrado de superficie de terreno.

Pluviómetro: instrumento que sirve para medir la pluviometría.

Porosidad: en una roca o un suelo es el cociente entre el volumen ocupado por fluidos o gases y el volumen total. Su medida se suele realizar en el laboratorio y en ocasiones se expresa en tanto por ciento.

Prueba de Lefranc: Esta prueba tiene el objeto de medir con cierta precisión el coeficiente de permeabilidad en algún punto de un terreno aluvial, o de una roca muy fisurada cuando existe un manto freático que satura el material. La prueba consiste en inyectar agua en una cavidad del terreno, de forma geométrica definida, situada debajo del nivel freático, con una carga pequeña constante de agua.

Recarga: proceso natural o artificial por la cual se produce la entrada de agua a un acuífero.

Recurso hídrico subterráneo: fracción de la reserva de un acuífero que puede ser aprovechada de manera sostenible.

Sistemas de Información Geográfica (S.I.G): códigos matemáticos capaces de trabajar y gestionar bases de datos georeferenciadas. En hidrogeología facilitan gran cantidad de aplicaciones en campos tan diversos como la generación de cartografía hidrogeológica o el soporte de información de modelos numéricos de acuíferos.

Superficie freática: superficie formada por los puntos de un acuífero donde la presión del agua subterránea se encuentra equilibrada con la atmosférica.

Transmisividad: caudal que circula en un acuífero por unidad de amplitud bajo un gradiente unidad. En un acuífero homogéneo es igual al producto de conductividad Hidráulica y el espesor de la zona saturada. Sus dimensiones son $[L^2T^{-1}]$.

Trazador: sustancia inerte, de origen natural o artificial, que puede ser analizada en concentraciones muy bajas y facilita la determinación del origen del agua al utilizarse en los ensayos de trazadores.

Vulnerabilidad: susceptibilidad o sensibilidad de un determinado acuífero frente a un impacto.

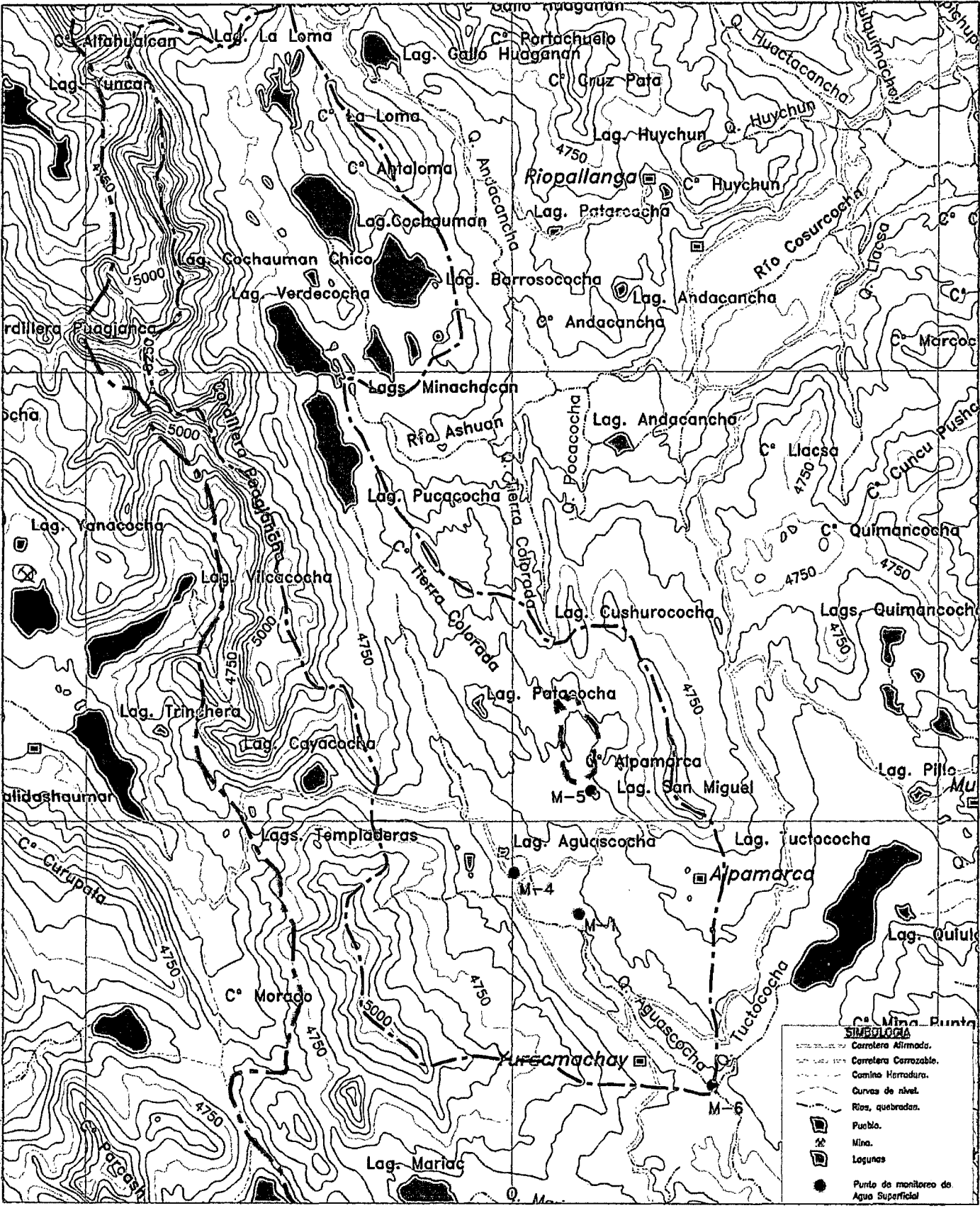
Zona de descarga: superficie del terreno en la que se produce una salida de agua Subterránea. La descarga puede ser puntual (fuente), lineal (río o mar), o extensa (humedal).

Zona de recarga o infiltración: superficie del terreno en la que se produce la Infiltración de agua a un acuífero. La recarga puede ser puntual (pozo de recarga), lineal (río) o extensa (pluviometría y excedentes de riego).

Zona no saturada: medio parcialmente saturado en agua con aire en los poros. En general hace referencia a la franja de terreno comprendida entre la superficie del terreno y el nivel freático.

Zona saturada: Zona del suelo y las cavidades donde todos los intersticios y las cavidades se encuentran llenas de agua. Se pueden distinguir dos partes según nos encontremos por debajo del nivel freático, y entonces la presión del agua supera la presión atmosférica, o por encima, de manera que la presión del agua es menor que la atmosférica y el agua satura el suelo por capilaridad.

**ANEXO H: PLANO DE PUNTOS DE MONITOREO AGUA
SUPERFICIAL**

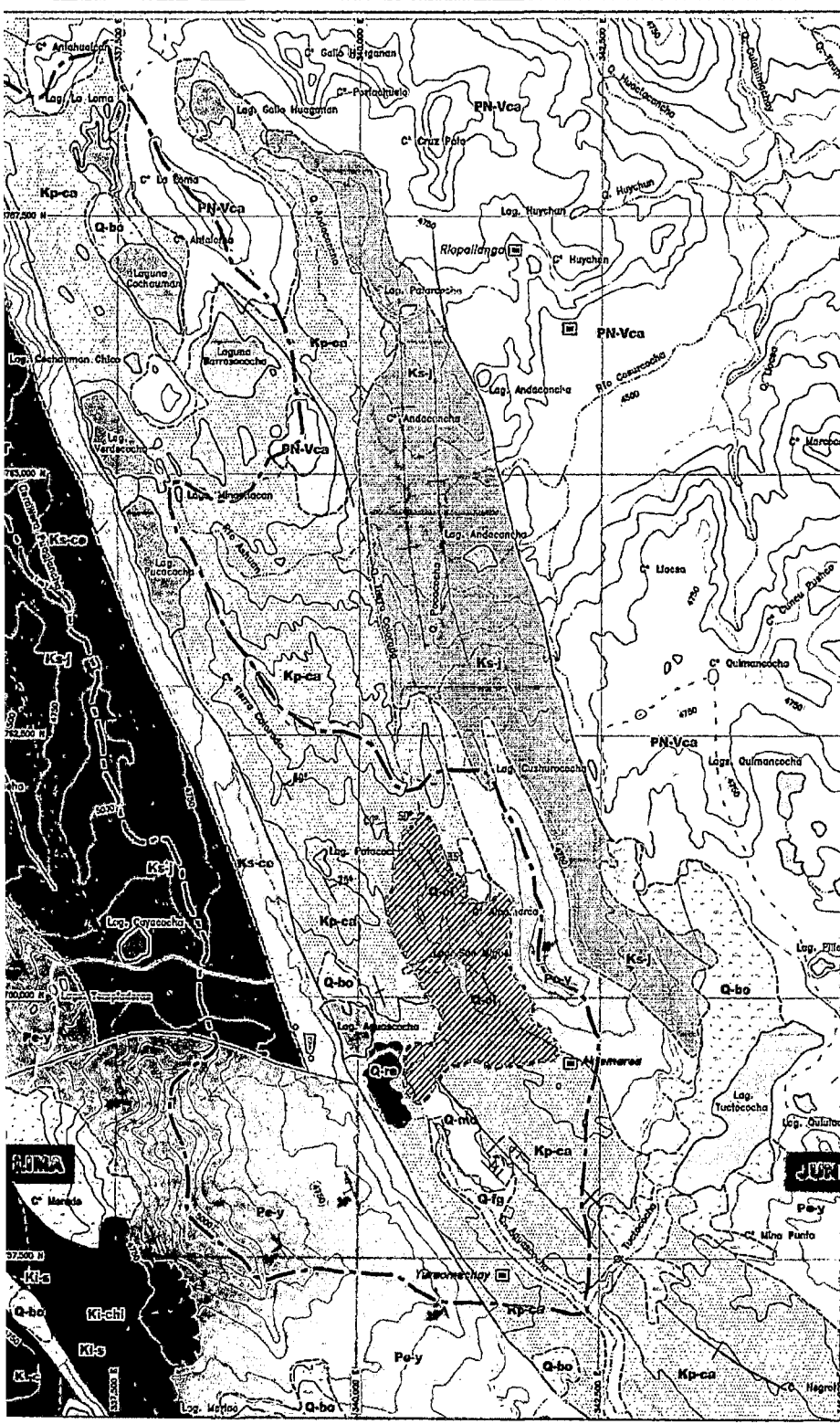


- SIMBOLOGIA**
- Carretera Altimoda.
 - Carretera Carrozable.
 - Camino Herradura.
 - Curvas de nivel.
 - Ríos, quebradas.
 - Pueblo.
 - Mina.
 - Lagunas.
 - Punto de monitoreo de Agua Superficial.

0 1000 2000 3000 4000 5000 m.

Escala: 1/50,000

ANEXO I: PLANO GEOLOGICO



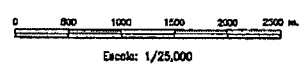
LEYENDA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos de Relaves Antiguos Depósitos en Boradales Depósitos Fluvio-glaciales Depósitos Morrénicos Depósitos Orgánicos	Q-re Q-bo Q-fg Q-mo Q-ol	
		NEOGENO	PLIOCENO	Formación Yantac	PN-Vca Pa-y
			MIOCENO		
	PALEOGENO	EDCENO PALEOGENO	OLIGOCENO	Formación Casapata	Kp-ca
			EDCENO	Formación Calendín	Ks-ca
			PALEOGENO	Formación Jumasha	Ks-j
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Carhuaz	Ks-ca	
		INFERIOR	Formación Santa Formación Chimu	Ks-ca Ks-chi	

SIMBOLOGIA

- 30° Rumbo y buzamiento de estrato
- Estratos verticales
- Contacto geológico
- Falla
- Falla inversa
- Eje de anticlinal
- Eje de anticlinal
- Divisoria de aguas
- Carretera Afirmada.
- Carretera Carrozable.
- Camino Herradura.
- Curvas de nivel.
- Riecs, quebradas.
- Pueblo.
- Lagunas
- Ubicación del Proyecto
- Subseca Agusacocho

RUMBO Y BUZAMIENTO FOTINTERPRETADO
 Buzamiento moderado 30°-60°
 Buzamiento fuerte 60°-80°



PLANTA
Escala 1/25,000