



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

**Análisis de un modelo hidrogeológico conceptual
preliminar de las relaveras Colquisiri Lima-Huaral**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Johnnie Harrison RAMOS AYALA

ASESOR

Dr. Tomás Ezequiel GALLARDAY BOCANEGRA

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ramos, J. (2021). *Análisis de un modelo hidrogeológico conceptual preliminar de las relaveras Colquisiri Lima-Huaral*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Johnnie Harrison Ramos Ayala
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43712897
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5339-2421
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Tomas Ezequiel Gallarday Bocanegra
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08009915
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1055-4237
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Maritza Mercedes Catorin Vilchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09216506
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Victor Manuel Uribe Cordova
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40534269
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Rosendo Olimpico Angeles Giron
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08490597
Datos de investigación	

Línea de investigación	No aplica.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Huaral Distrito: Huaral Latitud: -11.491542 Longitud: -77.280241
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2015-2020
URL de disciplinas OCDE	Oceanografía, Hidrología, Recursos hídricos https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.11 Geología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06 Geociencias, Multidisciplinar https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.01



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

De acuerdo a la Resolución Rectoral N° 01242-R-20, usando la plataforma virtual Google meet, el día martes 17 de agosto del año 2021. Siendo las 17:00 horas, y luego de instalar el acto académico protocolar el Vicedecano Dr. Jaime César Mayorga Rojas en la presencia de los miembros del Jurado Calificador:

Mag. MARITZA MERCEDES CANTORÍN VILCHEZ	(presidente de Jurado)
Ing. ROSENDO OLIMPIO ANGELES GIRON	(Miembro de Jurado)
Mag. VÍCTOR MANUEL URIBE CORDOVA	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico virtual público de colación de la Tesis del Bach. **JOHNNIE HARRISON RAMOS AYALA**, quien sustentará virtualmente la Tesis titulada: **“ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS COLQUISIRI LIMA-HUARAL”**, su asesor fue el docente Dr. Tomas Ezequiel Gallarday Bocanegra, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

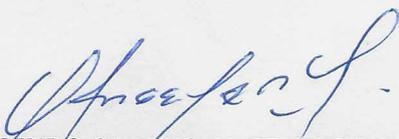
Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas. El resultado fue a **satisfacción del jurado, que procedió a su calificación, siendo aprobado por unanimidad con nota diecisiete (17)**.

Habiendo sido aprobada la sustentación virtual de la Tesis por el Jurado Calificador, La Presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach. **JOHNNIE HARRISON RAMOS AYALA**.

A las dieciocho y treinta pm., concluyo el acto académico, expidiéndose 02 (dos) actas originales de sustentación de la Tesis.

Lima, 17 de agosto de 2021


MG. MARITZA MERCEDES CANTORÍN VÍLCHEZ
PRESIDENTE DE JURADO


ING. ROSENDO OLIMPIO ANGELES GIRON
MIEMBRO DE JURADO


MG. VÍCTOR MANUEL URIBE CORDOVA
MIEMBRO DE JURADO


Firmado digitalmente por
GALLARDAY BOCANEGRA Tomas
Ezequiel FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26.08.2021 11:58:51 -05:00
DR. TOMÁS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA
ASESOR DE LA TESIS

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 DESCRIPCION GEOGRAFICA Y POLITICA	2
1.2.1 Ubicación.....	2
1.2.2 Accesibilidad	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
CAPITULO II.....	5
2 HIPOTESIS	5
2.1 Hipótesis Principal	5
2.2 Hipótesis Específica.....	5
2.3 OBJETIVOS	5
2.3.1 Objetivo General.....	5
2.3.2 Objetivo Específicos	5
2.4 JUSTIFICACION	6
2.4.1 Justificación Teórica.....	6
2.4.2 Justificación Practica	6
2.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	7
CAPITULO III.....	8
3 MARCO TEORICO	8
3.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES, ACUIFEROS Y SUS PROPIEDADES.....	8
3.1.1 Acuífero	8
3.1.1.1 Ley de Darcy.....	12
3.1.2 Definición y componentes del proceso de modelación.....	13

3.1.3	Utilidad y ventajas de la modelación hidrogeológica conceptual	15
3.2	GLOSARIO DE LA INVESTIGACION	16
CAPITULO IV		20
4	GEOLOGIA.....	20
4.1	ESTRATIGRAFIA	20
4.1.1	Formación Pamplona (Ki-at)	21
4.1.2	Formación Atocongo (Ki-at).....	21
4.1.3	Formación Huarangal (Kim-h)	22
4.1.4	Volcánico Quilmaná (Kms-q).....	22
4.1.5	Depósitos Coluviales (Qp-co).....	22
4.1.6	Depósitos marinos recientes (Qr-m)	23
4.1.7	Depósitos aluviales (Qr-al)	23
4.1.8	Depósitos eólicos (Q-e)	23
4.1.9	Rocas Intrusivas	24
4.1.9.1	<i>Complejo Patap</i>	24
4.1.9.2	<i>Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt)</i>	24
4.1.9.3	<i>Granodiorita de Jecuán (KTi-gd-j)</i>	24
4.1.9.4	<i>Complejo Santa Rosa</i>	24
4.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	27
4.3	GEOMORFOLOGÍA	27
4.3.1	Unidades Geomorfológicas.....	28
4.3.2	Colinas de Arena.....	28
4.3.3	Planicie Costera	28
4.3.4	Lomas	29
CAPITULO V		30
5	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	30

5.1	RECURSOS HÍDRICOS	30
5.1.1	Cuenca 1375592 e Intercuenca 1375591	30
5.2	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA ..31	
5.2.1	Análisis de Variables Meteorológicas.....	31
5.2.2	Análisis de consistencia	4
5.3	CLIMATOLOGÍA	4
5.3.1	Temperatura.....	4
5.3.2	Precipitación	8
5.3.3	Humedad Relativa.....	13
5.3.4	Velocidad del Viento	14
5.3.5	Evapotranspiración Potencial.....	15
5.4	BALANCE HÍDRICO	18
5.4.1	Balance Hídrico Climático.....	18
CAPITULO VI.....		21
6	INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA	21
6.1	INVENTARIO DE AGUA SUBTERRÁNEA	21
6.1.1	Ríos y quebradas.....	22
6.2	PUNTOS DE agua subterranea	23
6.2.1	Medición de nivel de agua subterránea.....	25
CAPITULO VII.....		33
7	PROSPECCIÓN GEOFÍSICA	33
7.1	INTRODUCCIÓN	33
7.2	OBJETIVO.....	33
7.3	ESPECIFICACIONES DE CAMPO.....	34
7.3.1	Líneas de Tomografía Geoelectrica	34
7.4	DESCRIPCION DE LOS METODOS GEOFISICOS APLICADOS	36

7.4.1	Tomografía Geoelectrica (Tge).....	36
7.4.1.1	<i>Parámetros de adquisición:</i>	37
7.5	INTERPRETACION.....	38
7.5.1	Tomografía Geoelectrica (Tge).....	38
CAPITULO VIII	43
8	DISEÑO DE LA REALAVERA.....	43
8.1	INTRODUCCIÓN.....	43
8.2	OBJETIVO.....	43
8.3	CRITERIOS DE DISEÑO.....	43
8.4	MÉTODO DE SOBREELEVACIÓN.....	45
8.5	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO.....	45
CAPITULO IX	48
9	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA.....	48
9.1	INTRODUCCIÓN.....	48
9.2	GEOMETRÍA DEL RESERVORIO ACUÍFERO.....	49
9.2.1	Formas y límites.....	49
9.2.2	Caracterización Geológica.....	49
9.2.2.1	<i>Características litológicas</i>	49
9.3	HIDROESTRATIGRAFÍA.....	50
9.3.1	Acuíferos.....	50
9.3.2	Tipo de acuífero.....	53
9.3.3	Nivel Freático.....	54
CAPITULO IX	56
10	PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS.....	56
10.1	INTRODUCCIÓN.....	56

10.2	INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	56
10.2.1	Perforaciones Diamantinas	56
10.2.2	Perfil estratigráfico del subsuelo.....	57
10.2.3	Pruebas de permeabilidad	59
10.2.4	Monitoreo de niveles de agua subterránea en piezómetros hidráulicos instalados ...	62
CAPITULO XI.....		64
11	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR	64
11.1	RECARGA DEL ACUÍFERO	64
11.1.1	Recarga del acuífero a partir de la precipitación.....	65
11.1.2	Recarga del acuífero a partir de otras cuencas aledañas	65
11.2	DESCARGA DEL ACUÍFERO.....	67
11.2.1	Descarga de Flujos Locales de poca Profundidad.....	67
11.3	DIRECCIÓN DE FLUJO.....	67
11.4	SECCIONES HIDROGEOLÓGICAS	69
11.4.1	Sección Hidrogeológica A – A’	69
11.4.2	Sección Hidrogeológica B – B’	70
11.4.3	Sección Hidrogeológica C – C’	70
11.5	ISOVALORES DE LAS CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS	73
11.6	CALCULO DE CAUDALES DEL ACUIFERO.....	75
11.6.1	Ley de Darcy.....	75
11.7	CONCEPTUALIZACION	78
11.7.1	Secciones Hidrogeológicas Regionales	79
12	CONCLUSIONES	83
13	RECOMENDACIONES	85
14	BIBLIOGRAFÍA.....	86

TABLAS

Tabla 1-1: Acceso a la zona de estudio.....	4
Tabla 5-1: Parámetros de la intercuenca de estudio.....	30
Tabla 5-2: Parámetros relativos a las variaciones de altitudes de la cuenca	31
Tabla 5-3: Estaciones Meteorológicas del área de estudio	32
Tabla 5-4: Relación Altitud - Temperatura Promedio Anual.....	5
Tabla 5-5: Temperatura media mensual intercuenca 1375591	6
Tabla 5-6: Temperatura media mensual cuenca 1375592	7
Tabla 5-7: Relación Altitud – Precipitación Total Anual	9
Tabla 5-8: Precipitación total mensual corregida y completada Estación Donoso (mm)	11
Tabla 5-9: Coeficientes de regionalización, cuenca e intercuenca	13
Tabla 5-10: Precipitaciones medias generadas en base a la estación Donoso	13
Tabla 5-11: Registros de Humedad Relativa	13
Tabla 5-12: Registros de la velocidad del viento.....	14
Tabla 5-13: Tabla de factor de corrección según la latitud de la zona de estudio.....	16
Tabla 5-14: Cálculo de la evapotranspiración potencial de la cuenca 1375592	16
Tabla 5-15: Cálculo de la evapotranspiración potencial de la intercuenca 1375591	17
Tabla 5-16: Balance hídrico climatico de la intercuenca 1375591	18
Tabla 5-17: Balance hídrico climatico de la cuenca 1375592	19
Tabla 6-1: Resumen general de fuentes de agua subterránea	21
Tabla 6-2: Monitoreo De Nivel Freático (Metros Bajo La Superficie Del Terreno)	25
Tabla 6-3: Monitoreo De Nivel freático (msnm).....	29
Tabla 7-1: Longitud total –Tomografía Geoeléctrica	34
Tabla 8-1: Criterios de Generales	44
Tabla 8-2: Criterios de Geométricos de la presa (Dique)	44
Tabla 8-3: Criterios de las características de los Relaves	45
Tabla 8-4: Altura - Volumen	46
Tabla 9-1: Clasificación de Unidades Hidrogeológicas.....	53

Tabla 10-3: Ubicación de Perforaciones diamantinas.....	56
Tabla 10-4: Registro de Perforación Diamantina P-1	57
Tabla 10-5: Registro de Perforación Diamantina P-2.....	58
Tabla 10-6: Registro de Perforación Diamantina P-3.....	58
Tabla 10-7: Registro de Perforación Diamantina P-4.....	58
Tabla 10-8: Registro de Perforación Diamantina P-5.....	59
Tabla 10-9: Registro de Perforación Diamantina P-6.....	59
Tabla 10-10: Registro de Perforación Diamantina P-7.....	59
Tabla 10-11: Ensayos de Permeabilidad.....	60
Tabla 10-12: Monitoreo de Niveles freáticos	62
Tabla 11-1: Calculo caudal del acuífero en la sección G-G´	77
Tabla 11-2: Calculo caudal del acuífero en la sección H-H´	78

FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación del Proyecto de investigación	3
Figura 3-1: Esquema del movimiento de las aguas subterráneas.....	8
Figura 3-2: Esquema de Acuíferos	10
Figura 3-3: Acuíferos según estructura.....	11
Figura 3-4: Tipo de acuíferos	12
Figura 3-5: Esquema de un proceso hidrogeológico.....	15
Figura 4-1: Estratigráfica del Área de Investigación	21
Figura 4-2: Afloramiento Volcánico Fisurado.....	25
Figura 4-3: Depósito Aluvial del área de estudio	25
Figura 4-4: Geología local de la Zona de Estudio	26
Figura 5-1: Mapa Hidrológico de Área de Estudio.....	4
Figura 5-2: Serie Histórica de Precipitación Total Mensual.....	4
Figura 5-3: Relación Altitud vs. Temperatura Promedio Anual	5
Figura 5-4: Ajuste de Valores de Altitud vs. Precipitación Total	9
Figura 5-5: Variación de la humedad relativa.....	14
Figura 5-6: Variación de la Velocidad de Viento (m/s).....	15

Figura 6-1: Georeferenciación de piezómetros y pozos tubulares Identificadas.....	23
Figura 6-2: Puntos de piezómetros dentro del ámbito de estudio	24
Figura 6-3: Nivel Freático en el tiempo (metros bajo la superficie del terreno).....	27
Figura 6-4: Nivel Freático en el tiempo (metros bajo la superficie del terreno).....	28
Figura 6-5: Nivel Freático en el tiempo (msnm)	31
Figura 6-6: Nivel Freático en el tiempo (msnm)	32
Figura 7-1: Líneas Geofísicas, levantadas con los métodos de Tomografía Geoeléctrica.....	35
Figura 7-2: Líneas Geofísicas, proyectadas.....	35
Figura 7-3: Equipos de Adquisición y transmisión Empleados (Receptor Iris ElRec Pro y Transmisor GDD, respectivamente) en Tomografía Geoeléctrica.	38
Figura 7-4: Líneas de Tomografía LTG-1 y LTG-2,	39
Figura 7-5: Líneas de Tomografía LTG-3, LTG-4 y LTG-5.....	40
Figura 7-6: Líneas de Tomografía Geoeléctrica LTG-6 y LTG-7	41
Figura 7-7: Vistas en 3-D de TGE.....	42
Figura 8-1: Curva Altura vs Volumen	46
Figura 8-2: Diseño proyectado de la Relavera N°4	47
Figura 9-1: Unidades Hidrogeológicas del Área de Estudio.....	52
Figura 9-2: Hidroisohipsas del area de estudio.....	55
Figura 10-1: Ubicación de Piezómetros.....	57
Figura 10-2: Ubicación de Monitoreos de Nivel freático	63
Figura 11-1: Zona de Recarga del Acuífero de Jacuan.....	66
Figura 11-2: Dirección de Flujos de Aguas Subterráneas.....	68
Figura 11-3: Sección Hidrogeológicas Locales	69
Figura 11-4: Secciones Hidrogeológicas Locales.....	72
Figura 11-5: Halos de Concentración de C.E.	74
Figura 11-6: Ubicación de secciones para el cálculo de caudal.....	76
Figura 11-7: Modelo Conceptual Hidrogeológico	79
Figura 11-8: Secciones regionales	80
Figura 11-9: Perfiles Regionales.....	81

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación realiza un análisis hidrogeológico conceptual respecto a las aguas subterráneas y su posible impacto causado por los depósitos de relaves (relaveras) de la Minera Colquisiri, ubicado en el Departamento de Lima, provincia de Huaral, distritos de Chancay – Huaral.

Los recursos hídricos Subterráneos es el agua dulce más abundante, después de las capas de hielo y glaciares que se encuentra en la corteza terrestre. Pero en ausencia conocimiento científico y técnico, las personas no pueden aprovechar este recurso por la poca comprensión y gestión del agua subterránea. Además, hasta la fecha excepto en circunstancias especiales, donde el agua subterránea es el único recurso hídrico disponible, no se tiene los medios suficientes para gestionar y aprovechar su explotación y su uso para el mejor desarrollo humano.

“El conocimiento científico, las formas de uso y el desarrollo de instrumentos adecuados para la gestión sostenible del recurso, no han sido desarrollados como en el caso de las aguas superficiales. Los escasos conocimientos, las insuficientes capacidades y la gestión inadecuada del recurso han acarreado a usos irracionales, pérdidas y contaminación del recurso; esto ha llevado a la necesidad de que los conocimientos hidrogeológicos hallan ido evolucionando; ya que remediar los impactos negativos producidos en las aguas subterráneas, resulta muy costosa o puede provocar la pérdida del recurso.

Por lo que existe la necesidad de desarrollar programas de investigación que permitan: enriquecer los conocimientos que se tienen sobre los acuíferos en explotación, implementar estrategias para evaluar las reservas y los mecanismos de recarga de los principales sistemas acuíferos del país, desarrollar políticas y programas para la gestión integral de los acuíferos

basados principalmente en una explotación racional, sostenible y sustentable del agua subterránea”;(Burbano N., Becerra S. y Pasquel E. (2011). Introducción a la Hidrogeología del Ecuador. INAMHI. Quito, Ecuador).

1.1 ANTECEDENTES

La población que se encuentra en el área de influencia del estudio (intercuenca 1375591 y cuenca 1375592 – Distrito de Chancay - Huaral), viene explotando la reserva del acuífero (aguas subterráneas) por medios de pozos abiertos y tubulares con la finalidad de su aprovechamiento para fines de agricultura y consumo humano.

La minería viene desarrollando actividades desde aproximadamente veinte (20) años; y en la actualidad cuenta con dos (02) relaveras las cuales están alcanzado su máxima capacidad de volumen, y una (01) relavera en la cual el depósito de relaves está en su etapa final de cierre, por lo cual se proyecta la construcción de un nuevo depósito de relaves, en la mina Colquisiri.

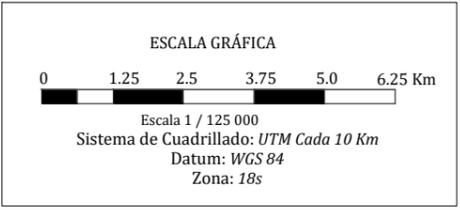
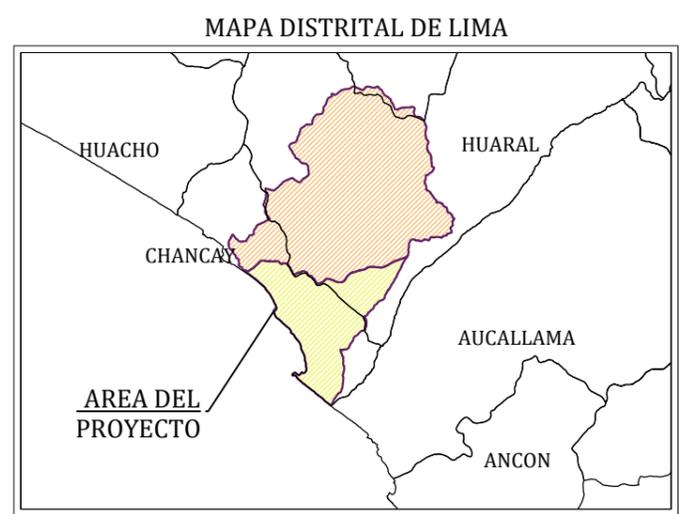
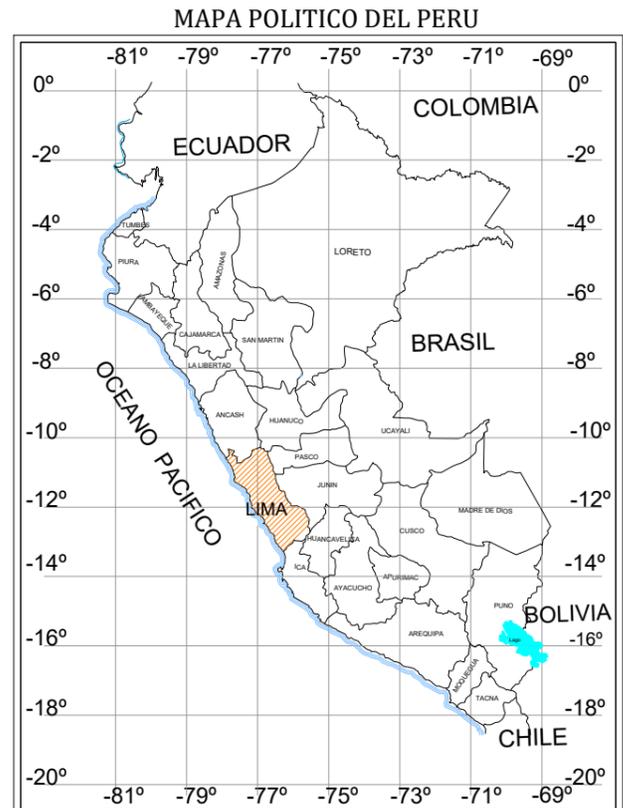
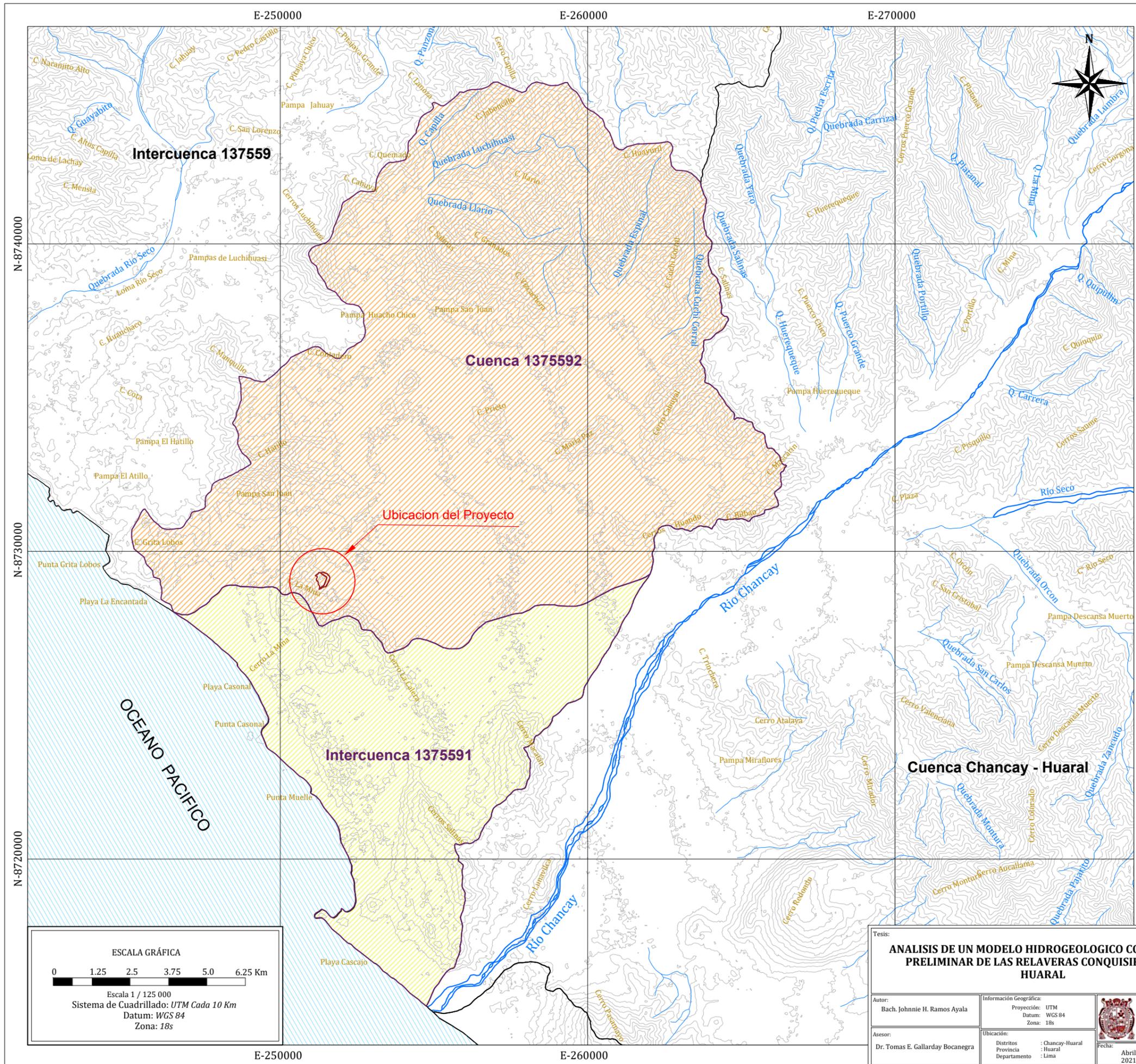
Los registros históricos y la percepción de la población indican la depresión del nivel freático por la explotación de las aguas subterráneas por pozos tubulares y abiertos; tanto para consumo agrícola como minera.

1.2 DESCRIPCION GEOGRAFICA Y POLITICA

1.2.1 Ubicación

El área del proyecto está ubicada políticamente en el paraje denominado Cerro La Mina, perteneciente al distrito y provincia de Huaral en el departamento de Lima.

Hidrográficamente, la investigación se encuentra dentro de la cuenca 1375592 y la intercuenca 1375591, en el norte limita con la cuenca Huaura, en el Sur limita con la intercuenca 137557, el Oeste limita con el Océano Pacífico, y por el este limita con la cuenca Chancay-Huaral. **(Ver Figura 1-1)**



Tesis:
ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL

Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala

Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra

Información Geográfica:
 Proyección: UTM
 Datum: WGS 84
 Zona: 18s

Ubicación:
 Distritos: Chancay-Huaral
 Provincia: Huaral
 Departamento: Lima

Fecha: Abril 2021

Escala: 1/125 000

Titular: **E.P. de Ingeniería Geológica**

Plano: **UBICACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACION**

Lamina: **Figura 1-1**

1.2.2 Accesibilidad

Para llegar al área de estudio viniendo de Lima, se conecta mediante la vía Panamericana Norte, hasta el kilómetro 82 en Huaral. Desde este punto se continúa por una carretera asfaltada con dirección noreste hasta llegar al cerro la mina, donde se encuentran las relaveras en cuestión, cubriendo una distancia de 11 Km. donde los últimos 200 metros se realiza a través de un camino afirmado.

De acuerdo a lo descrito, se elaboró la Tabla 1-1 la que se muestra a continuación:

Tabla 1-1: Acceso a la zona de estudio

ACCESIBILIDAD			
DE	A	DISTANCIA (Km.)	TIPO DE VIA
Lima	Huaral	82	Asfaltada
Huaral	Cerro La Mina	11	Asfaltada-Afirmada
TOTAL		93	

Fuente: Elaboración Propia.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En estudios de aguas subterráneas, el uso de modelos como herramienta de predicción y análisis en estudios hidrogeológicos es muy importante. Primero, se desarrollan los conceptos y parámetros básicos que afectan el movimiento subterráneo de agua en un acuífero, así como el proceso de modelado más recomendado, haciendo hincapié en la modelización conceptual.

La microcuenca de estudio se ubica entre la Cuenca Chancay-Huaral (al sur) y la Cuenca Huara al (Norte) (Ver Figura 1-1), Las formaciones geológicas presentan un fracturamiento moderado y fallamiento que interviene en el desplazamiento de las aguas subterráneas, siendo de gran importancia el caracterizado de las unidades hidrogeológicas para su posterior análisis de modelos conceptual preliminar de los acuíferos, en la prevención del impacto ambiental de los depósitos de relaves.

CAPITULO II

2 HIPOTESIS

2.1 HIPÓTESIS PRINCIPAL

¿El depósito de relaves proyectado en el área de estudio; no causara un impacto en la calidad de las aguas subterráneas?

2.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- ¿El acuífero denominado “Jecuan” (acuífero del área de estudio) no presenta recarga, por parte de las aguas meteóricas (precipitaciones Pluviales)?
- ¿El acuífero denominado “Jecuan” (acuífero del área de estudio), presenta recarga por parte del valle del rio chancay-huaral?
- ¿Los depósitos de relaves existentes en el área de estudio, no han impactado al acuífero Jecuan?

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Determinar la interacción hidrogeológica del acuífero denominado “Jecuan”, que tendrá con el depósito de relaves proyectada.

2.3.2 Objetivo Específicos

- Determinar la recarga del acuífero, por medio de las aguas meteóricas (precipitaciones pluviales).
- Determinar la influencia del valle del rio chancay Huaral con el acuífero Jecuan (área de estudio)

- Determinar la interacción hidrogeológica de los depósitos de relaves existentes con el acuífero Jecuan

2.4 JUSTIFICACION

2.4.1 Justificación Teórica

Se desea verificar el impacto a las aguas subterráneas por la intervención de posibles filtraciones de depósitos de relaves, a través del modelamiento conceptual de las aguas subterráneas en el acuífero Jecuan.

A través del modelo conceptual hidrogeológico se desea contrastarlo con la realidad, con el fin de verificar que el modelo nos refleje la situación de las aguas subterráneas.

2.4.2 Justificación Práctica

Las entidades involucradas en hacer cumplir las normativas de calidad ambiental, en el ámbito de las aguas subterráneas y superficiales en el sector minería, contribuye a una tarea esencial de revisión y auditoría a los estudios presentados por empresas mineras y sus consultores mineros, con el fin de poder evaluar el impacto del proyecto a la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

La normatividad legal peruana en materia de calidad ambiental distingue dos instrumentos complementarios, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) (D.S. 261-69-AP, mod. por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la Resolución Ministerial N°011-96-EM/VM.

La prevención de la contaminación de las aguas subterráneas es un gran problema para el gobierno e industrias, ya que rehabilitarlos con lleva a una inversión elevada y un tiempo de tratamiento muy largo.

2.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

El presente estudio tiene carácter descriptivo, ya que se encuentra apoyado por una investigación instrumental y de campo: además de ser carácter prospectivo, porque los resultados servirán en tomar medidas de prevención.

Según los objetivos, la escala y el nivel de detalle de los estudios la metodología a emplear será distinta; por ejemplo, no se utilizarán los mismos métodos para localizar un acuífero capaz de intervenir en el proceso de cierre de bocaminas mineras, que, si se trata de hacer un primer reconocimiento de los embalses subterráneos de la zona, con una superficie alrededor de 7 hectáreas. Como se comprende no hay una clasificación universalmente aceptada sobre los tipos de estudios de exploración, ni sobre su terminología; en las aguas subterráneas no existe una separación tan clara entre la exploración y explotación. Sin embargo, de modo más o menos análogo a Chapon y Mortier (1967) y el U.S. Department of Agriculture (1969) se van a distinguir tres grupos de estudios: Preliminares o de reconocimiento, generales y detallados.

Para cada uno de los tipos de estudios se requiere el establecimiento de un modelo hidrogeológico conceptual y numérico, siendo más completo y aproximado a la realidad en la medida que el estudio sea más específico y detallado. En líneas generales, se puede establecer una secuencia de investigación común que contará con el apoyo de diversas ciencias; partiendo de la recopilación de información preexistente –donde la Geología y la Geomorfología tienen clara importancia-; levantamiento de nueva información donde se requerirá además establecer una red de observación con características particulares según el tipo de estudio; la realización de una interpretación hidrogeológica preliminar que se verá reforzada con interpretaciones de la hidroquímica.

La unidad de análisis para esta investigación será básicamente los depósitos cuaternarios; estructuras geológicas, unidades geológicas, etc.

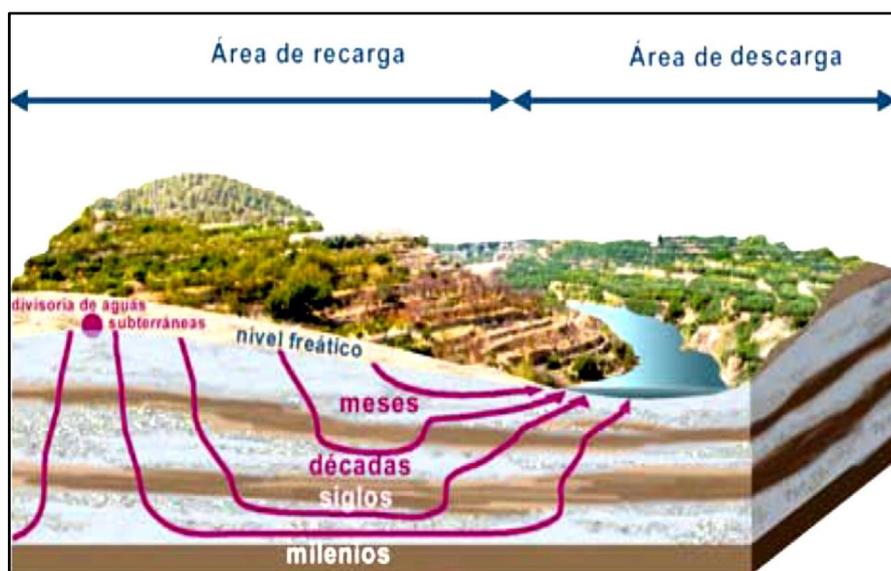
CAPITULO III

3 MARCO TEORICO

3.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES, ACUIFEROS Y SUS PROPIEDADES

El Agua Subterránea: Agua que se encuentra en el subsuelo por debajo de las zonas de evaporación o evapotranspiración, ya sea soportando la presión atmosférica o evadiendo esta por estratos rocosos, las cuales se acumulan en cantidades considerables en los poros, fracturas y espacios kársticos y que van moviéndose a través de estos con velocidades que oscilan entre decímetros unos cuantos centenares de metros al año.

Figura 3-1: Esquema del movimiento de las aguas subterráneas



Fuente: Applied Hydrogeology, Fetter 2000.

3.1.1 Acuífero

Son medios porosos y permeables donde se permite el flujo y/o movimiento de las aguas subterráneas, estos medios se constituyen de formaciones y/o unidades geológicas; los acuíferos son esenciales para el consumo hídrico mediante pozos.

La clasificación de los acuíferos se puede dar:

» En función de la presión hidrostática del agua contenida en ellos:

› Acuíferos libres, no confinados o freáticos

Se definen como aquéllos en los que el límite superior de la masa de agua forma una superficie real que está en contacto con el aire de la zona no saturada y, por lo tanto, a presión atmosférica.

Cuando se perfora un pozo desde la superficie del terreno, el agua aparece en el pozo cuando se corta o alcanza el nivel freático (del griego phreatos = pozo), y se mantiene a esa profundidad.

La recarga de este tipo de acuíferos se realiza principalmente por infiltración de la precipitación a través del suelo, o por infiltración de agua de ríos o lagos.

› Acuíferos semiconfinados o semicautivos

Pueden considerarse como un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que el muro, el techo o ambos, no son totalmente impermeables, sino que permiten la circulación vertical del agua.

Este paso vertical de agua puede hacerse desde o hacia el acuitardo, e incluso variar con el tiempo, según sean los valores relativos de los niveles piezométricos.

› Acuíferos confinados, cautivos o a presión

Son aquéllos que, en su límite superior o techo, el agua está a una presión superior a la atmosférica. Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa confinante impermeable (por ejemplo, una capa arenosa bajo otra arcillosa).

El pozo será surgente cuando el nivel piezométrico esté situado a cota superior a la

de la boca del pozo.

La recarga de un acuífero confinado procede principalmente de la lluvia que se infiltra directamente a través de la zona en la que aflora la formación acuífera, es decir, donde el acuífero se comporta como libre, o bien donde se puede considerar como semiconfinado y las condiciones sean favorables.

Figura 3-2: Esquema de Acuíferos



Fuente: *Applied Hydrogeology*, Fetter 2000.

- » En función del tipo de geología del cual consiste el acuífero
 - › Acuífero poroso no consolidado:

Son formaciones cuaternarias; aquellas que han sido sedimentadas a través de agentes geológicos como son ríos, viento, hielo, gravedad.

Pertenecen generalmente a edades geológica recientes, se conforman esencialmente por materiales de gravas, arcillas y arenas; estas por el proceso de erosión de las rocas preexistentes, estos depósitos se clasifican en depósitos fluviales, depósitos aluviales, depósitos coluviales, depósitos eólicos, etc.

› Acuífero en Rocas sedimentarias:

Entre las rocas sedimentarias más comunes que se presentan como acuíferos son las dolomías y calizas, a veces formando acuíferos tipo skarn.

Además, otras rocas sedimentarias se comportan como acuífero debido a su fracturamiento y porosidad

Figura 3-3: Acuíferos según estructura



Fuente: *Applied Hydrogeology of fractured Tocks, Singhal 2010.*

› Acuífero en Rocas ígneas:

Generalmente las rocas ígneas se presentan como rocas impermeables, formando acuitardos y acuífugos en algunos casos, sin embargo, algunas veces debido al alto fracturamiento y fallamiento se pueden comportar como acuíferos; siempre y cuando el fracturamiento se encuentre interconectado entre sí.

› Acuífero en Rocas Metamórficas:

Como las rocas Ígneas, generalmente las rocas Metamórficas se presentan como rocas impermeables, debido esencialmente a su reconfiguración y/o recristalización de los minerales que la conforman; así se presentan como acuitardos, acuífugos y

acuicludos en algunos casos, sin embargo, algunas veces debido al alto fracturamiento y fallamiento se pueden comportar como acuíferos; siempre y cuando el fracturamiento se encuentre interconectado entre sí.

Figura 3-4: Tipo de acuíferos



Fuente: *Applied Hydrogeology*, Fetter 2000.

3.1.1.1 Ley de Darcy

Darcy en su postulado, descubrió que había una relación inversamente proporcional entre la distancia del recorrido de flujo y la cantidad de flujo que se desplaza por un medio poroso, el cual lo interpreta en la siguiente fórmula:

$$Q = K * D * i \quad o \quad Q = K * A * \left(\frac{dh}{di}\right)$$

Q = Caudal (m³/s);

K = Conductividad hidráulica (m/s);

A = Área transversal (m²);

dh = diferencia del nivel de agua (m);

di = distancia que recorre el flujo (m);

D = espesor del acuífero (m);

(dh / di) es también llamado “ i ” = gradiente hidráulico, y reemplazando A por D (espesor del acuífero).

La ley de Darcy solo es válida bajo las condiciones del estado de equilibrio del nivel del agua.

La naturaleza está formada por un conjunto de sistemas complejos que siguen leyes operativas particulares. Para estudiarlo, el hombre necesita hacer simplificaciones que le permitan identificar sus principales características y comportamiento de forma cualitativa, logrando así una mejor comprensión del sistema real y pasar a la fase cuantitativa de acuerdo con los objetivos del estudio. Esta simplificación cualitativa se llama Modelo Conceptual.

Debe entenderse que el modelo conceptual no es un enfoque estático, es perfecto dependiendo del grado de conocimiento del sistema real y las variables que lo componen. Si el verdadero objeto de estudio es un acuífero, entonces se habla de modelado hidrogeológico conceptual.

3.1.2 Definición y componentes del proceso de modelación

Los modelos Hidrogeológicos Conceptuales son representaciones en dos o tres dimensiones de las condiciones estáticas y dinámicas de sistemas hidrogeológicos. Esta representación incluye la geometría de los acuíferos, delimitación de unidades hidrogeológicas de acuerdo con sus posibilidades de almacenar y transmitir agua, características hidráulicas de los acuíferos, posición de los niveles piezométricos, condiciones del flujo de las aguas subterráneas y su relación con los componentes del ciclo hidrológico, características hidroquímicas y eventualmente isotópicas y delimitación de zonas de recarga, tránsito y descarga. En términos generales, sintetiza las condiciones básicas del estado y dinámica de las aguas subterránea en

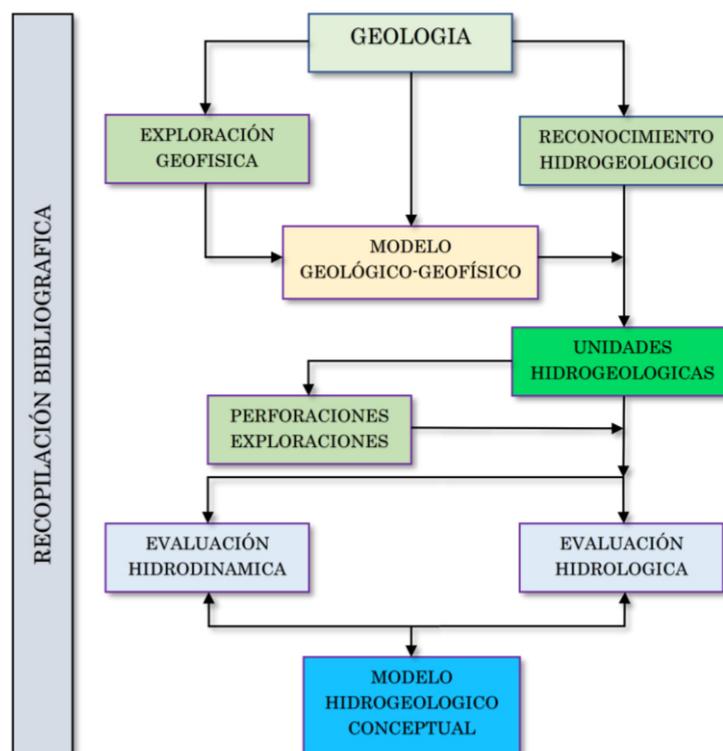
el subsuelo y sus relaciones con los cuerpos de agua superficial y los aportes atmosféricos. Se realiza con base en el análisis e interpretación de información geológica, hidrológica, hidráulica, hidroquímica e isotópica y permite tener una visión del comportamiento de los acuíferos o sistemas acuíferos de un área dada a la escala deseada. (<http://www.ideam.gov.co/web/agua/modelacion-hidrogeologica>).

El acuífero es un elemento de un sistema hidráulico más complejo, por lo tanto, existirán una serie de acciones exteriores a él que lo modifiquen. Estas acciones podrán ser controlables o incontrolables. Las primeras son las que se emplean para conseguir un objetivo, pueden ser bombeos, recarga artificial, drenajes, etc. Las incontrolables dependen del estado del acuífero, por ejemplo, el drenaje de un manantial, drenaje de un acuífero a un río, etc.; o pueden depender de factores climatológicos e hidrológicos, como la recarga natural de un acuífero, recarga de un río influente a un acuífero, etc. (Emilio Custodio Guimerá; Manuel Ramón Llamas Madurga; “Hidrología Subterránea”; Tomo II; Sec.16; Cáp. 6.1; apartado 1.1, Pág. 1577; Ediciones Omega S.A. 2da. Ed.; Barcelona; 1996).

Existen además una serie de restricciones presentes que pueden ser físicas, por ejemplo, en el caso de los acuíferos libres el nivel piezométrico no puede ser superior a la altura topográfica ni menor a la del basamento; o pueden ser impuestas artificialmente, como por ejemplo limitar la altura de bombeo para evitar problemas de intrusión salina en una zona, etc. Inclusive pueden ser restricciones que obedecen a criterios de planificación, como, por ejemplo, el establecimiento de caudales de bombeo máximos y mínimos. (Ibíd)

Con todos estos elementos, variables, acciones externas y restricciones se puede obtener una descripción del acuífero y obtener las componentes para establecer su modelo conceptual.

Figura 3-5: Esquema de un proceso hidrogeológico



Fuente: Ingeominas.

Con el fin de evaluar los inputs para construir el modelo hidrogeológico conceptual adecuado, existen unos requerimientos básicos como son: un conocimiento de la Geología, debido que las aguas subterráneas se desplazan dependiendo de la geología, de igual modo que se almacena, de esto la importancia de estudiar las características hidrogeológicas e hidráulicas de las formaciones geológicas para determinar la dinámica de las aguas subterráneas en las diferentes unidades; un conocimiento de la Hidrología es de esencial importancia, ya que a través de los cálculos climáticos tales como precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, entre otros, nos brinda la información necesarias para poder determinar la recarga hacia el acuífero.

3.1.3 Utilidad y ventajas de la modelación hidrogeológica conceptual

La utilidad del modelo hidrogeológico conceptual se puede explicar considerando tres grandes aspectos: hidrogeológicos, operativos y ambientales.

Estos aspectos nos permitirán entender el funcionamiento del sistema, predecir su comportamiento, evaluar los recursos explotables, realizar un modelo numérico, etc. Es una herramienta útil, pues permite diseñar y optimizar redes de monitoreo y sistemas de bombeo, entre otros, así como optimizar trabajos en general evitando la pérdida de tiempo y disminuyendo costos. Permite predecir posibles impactos ambientales por el uso del sistema como, por ejemplo, asentamientos por descensos rápidos de nivel. Permite, además, analizar posibles alteraciones del sistema por actividades antrópicas como son los problemas de contaminación minera, las relaciones con las aguas superficiales, contaminaciones por fertilizantes, etc.

3.2 GLOSARIO DE LA INVESTIGACION

Depósito de agua subterránea: Un término que es equivalente a una unidad o sistema acuífero, pero menciona específicamente la existencia de una cierta cantidad de agua almacenada (reserva) y recursos renovables, y su poder regulador (o incluso la cantidad) puede mejorarse mediante algunas medidas.

Prueba de bombeo: El ensayo consiste en bombear un pozo en un lazo período de tiempo con el fin es determinar las características hidráulicas de los acuíferos.

Evapotranspiración: Este proceso incluye todos los procesos por los cuales una parte del agua de precipitación se devuelve en forma de vapor desde la superficie continental a la atmósfera. Los dos componentes significativos incluidos en esta variable son la evaporación de la superficie del suelo o de las superficies de agua libre y la transpiración de la planta. Es necesario distinguir entre evapotranspiración potencial y evapotranspiración real.

Gradiente hidráulico: Es el cambio con respecto a la distancia de la altura del nivel piezométrico de un acuífero en una dirección establecida. La dirección puede ser la pendiente

máxima de la superficie piezométrica.

Hidrograma: Gráfico que indica la variación en el tiempo de algunas características relacionadas con la circulación del agua.

Intrusión marina: Es la intrusión salina es el proceso por el cual los acuíferos costeros están conectados con el agua del mar. Esto supone que el agua salada (procedente del mar) fluye hacia el subsuelo continental mezclándose con las reservas de agua dulce.

Isohidrohipsa: curvas que une los puntos de la superficie piezométrica ubicada en la misma elevación. Las curvas Isohidrohipsas también se puede analizar para obtener la dirección de las aguas subterráneas.

Isohyet (o isohieta): Línea que conecta, en un mapa, puntos que reciben cantidades iguales de precipitación.

Lluvia útil: Fracción de la precipitación no evapotranspirada y que, por tanto, representa los recursos hídricos totales de una cuenca; de este modo, la lluvia útil se invierte en escorrentía superficial y/o infiltración.

Mapa piezométrico: representación cartográfica de la superficie piezométrica de las aguas subterráneas, construida por interpolación de medidas específicas de la carga hidráulica en diferentes puntos.

Modelo Conceptual: Una representación teórica simplificada de un sistema acuífero; una descripción detallada del modelo necesita definir la estructura del sistema (límites, características geométricas, etc.) y formular leyes que relacionen la entrada al sistema y su respuesta (salida). De acuerdo con los parámetros involucrados en estas relaciones.

Parámetros hidrogeológicos: Propiedades de los acuíferos que intervienen en la circulación y velocidad de las aguas subterráneas.

Percolación: Infiltración en el suelo que llega a recargar a las aguas subterráneas.

Permeabilidad: La capacidad de los materiales a permitir el circulamiento de las aguas subterráneas a través de ellas.

Piezómetro: Pozo adecuado para la buena medición del nivel freático y/o nivel piezométrico; y monitorear la calidad de agua subterránea.

Porosidad: relación entre el volumen de huecos, interconectados o no, contenidos en una roca o sedimento y el volumen total de la roca o sedimento. La porosidad así definida se llama "total", aunque la porosidad "efectiva" se usa más comúnmente en hidrogeología.

Porosidad efectiva: relación entre el volumen de agua gravitacional y el volumen total de la roca o sedimento.

Recursos hidrogeológicos: Es un recurso renovable que se mantiene por medio de la recarga y el sistema del acuífero.

Regulación de manantiales: Se refiere al balance hídrico; que regula la recarga y la descarga, el cual dependerá de la época climática.

Reservas: Se refiere al agua almacenada en un depósito subterráneo.

Retorno de riego: Agua que llega al área saturada por infiltración de agua de riego. Generalmente se expresa como un porcentaje de la cantidad de agua aplicada; El retorno del riego depende de muchos factores (tipo de riego, dotación, permeabilidad). Puede ser responsable de un enriquecimiento progresivo de sustancias disueltas en el agua subterránea, especialmente en climas áridos.

Salinidad (de un agua): Término indicativo del contenido total en sales disueltas; Suele expresarse también por el residuo seco (contenido en sales precipitadas al evaporar un litro de

agua) o, indirectamente, por la conductividad eléctrica.

Transmisividad: Parámetro hidrogeológico que representa el rendimiento del factor de permeabilidad para el volumen saturado del acuífero (en un medio isotrópico). Se puede expresar como el flujo del agua que cruza una zona de acuífero, orientada perpendicular al flujo, de unidad de ancho y bajo una unidad de gradiente hidráulico.

Zona no saturada: Es la región entre la superficie del suelo y la altura piezométrica, en el que los poros que existen en la roca o en el suelo contienen agua, a una presión inferior a la atmosférica, también del aire y otros gases.

Zona saturada: Zona de un acuífero en el que los poros están completamente ocupados por el agua.

CAPITULO IV

4 GEOLOGIA

4.1 ESTRATIGRAFIA

La geología de la zona de estudio se encuentra constituida por la Formación Quilmaná y Huarangal conformada por secuencias volcánicas correspondiente al Grupo Casma, subyaciendo se encuentran los depósitos cuaternarios recientes de gran extensión conformados por los materiales aluviales y eólicos.

El Grupo Casma está formado por volcánicas bien estratificadas, la mayoría de las cuales son derrames delgados de andesita masiva, de grano fino y de aproximadamente 3-5 metros de espesor.

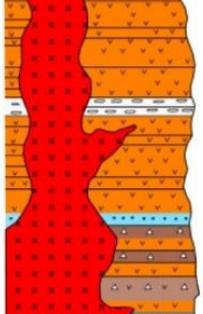
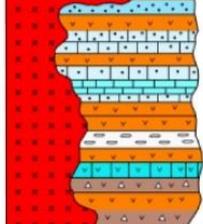
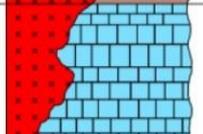
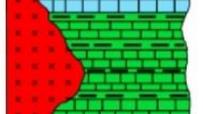
Los sedimentos volcánicos, en capas delgadas, están bien desarrollados, los desechos que forman estos sedimentos son de origen volcánico en su totalidad, y pueden ser finos o gruesos.

Las formaciones representativas como las más antiguas en la zona de estudio son la Formación Pamplona del cretáceo inferior hasta el Volcánico Quilmaná de Cretáceo Medio y los depósitos coluviales, marinos, aluviales y eólicos, siendo la secuencia intruída por rocas intrusivas del Complejo Patap, Paraíso y Santa Rosa.

Para la determinación de las características hidrogeológicas, se ha revisado los cuadrángulos geológicos de Huaral (23-i) y Chancay (24-i) elaborado por el INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico).

En la figura 4-1 se muestra la columna estratigráfica del área de estudio realizado por INGEMMET, del cual se toma de base para ser complementado por la información recopilada en el campo y el análisis visual de las imágenes satelitales.

Figura 4-1: Estratigráfica del Área de Investigación

EADADES		UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	GROSOR EN Mts.	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUAT.	Dep. Co. Dep. fl. Dep. al Dep. marinos				
		ALBIANO - CENONIANO	VOLCANICO QUILMANA	700		Piroclásticos y derrames andesíticos masivos, con niveles de lavas de estructura almohadillo y amigdaloides con intercalación esporádica de arenisca volcánica.
	GRUPO CASMARUPO CASMA		FORMACION CHILCA	750		Secuencia sedimentaria volcánica. Constituida por intercalación de areniscas volcánicas lutitas, grauvacas y calizas finamente estrat. con andesita y dacitas. Derrames y piroclásticos volcánicos Andesítico - dacítico, con horizontes de lavas almohadillas.
	MESOZOICO	CRETACEO	ALBIANO INF. APTIANO SUP.	FORMACION ATOCONGO	300	
APTIANO MED. BARRENIANO HAUTERVIANO VALANG. SUP.			FORMACION PAMPLONA	700		OLCOSTEPHANUS

Fuente: Ingemmet, Boletín de Chancay-Huaral.

4.1.1 Formación Pamplona (Ki-at)

La formación Pamplona está conformada por una secuencia serie arcillo-calcárea, presenta un carácter arcilloso constituye una unidad estratigráfica continua con las calizas de la formación Atocongo.

Esta formación marca el inicio de una transgresión que alcanza su máximo desarrollo con la Formación Atocongo.

4.1.2 Formación Atocongo (Ki-at)

La formación Atocongo está compuesta de rocas caliza, sus facies son la continuación de la

formación Pamplona.

Asimismo, las calizas se alternan con algunos niveles de margas, alféizares y derrames andesíticos, observando un mayor predominio de volcánicas en la parte superior de esta formación. En muchos lugares, las calizas están fuertemente deformadas por la esquistosidad de plegado y fractura, lo que da un proceso de astillamiento característico.

4.1.3 Formación Huarangal (Kim-h)

Esta formación está conformada por rocas clásticas intercaladas con derrames volcánicos, se encuentra descansando en discordancia deposicional al volcánico Quilmaná.

Esta formación se encuentra en contacto normal sobre las calizas del Atocongo.

La formación Huarangal se reconocen tres niveles característicos, sobre la base andesitas piroclásticas, lavas dacíticas, en la parte media se tiene interposiciones casi rítmicas entre andesitas piroclásticas, y en la parte superior aglomerados andesíticos-porfiríticos en bancos masivos, brechas andesíticas y con una topografía agreste.

4.1.4 Volcánico Quilmaná (Kms-q)

El volcánico Quilmaná está conformado litológicamente por derrames andesíticos masivos, poco estratificados, con textura porfirítica, destacando los fenocristales, con una pasta fina o microcristalina, con una coloración gris verdosa y en menor proporción dolerítico y diabasa.

4.1.5 Depósitos Coluviales (Qp-co)

Los suelos se desarrollan en los taludes de los cerros y cubriendo parcialmente las laderas de las pequeñas quebradas. Están conformados por gravas con matriz limo arcilloso, con cantos y bloques de formas angulosas a subangulosas que evidencia su poco transporte.

4.1.6 Depósitos marinos recientes (Qr-m)

Los depósitos marinos litorales, están caracterizados por materiales clásticos, llevados al mar como carga por los ríos y también como resultado de la acción erosiva de las olas y distribuidos por corrientes marinas de deriva.

Los depósitos marinos recientes incluyen acumulaciones de arenas reelaboradas, limos y crestas distribuidas por las corrientes a lo largo de la costa como resultado de la erosión y la desintegración de las rocas.

Los depósitos están compuestos de arenas de grano medio a gris amarillento que contienen cuarzo, micas, ferromagnesianas y, en menor medida, sedimentos no consolidados de color gris claro que contienen restos de conchas marinas.

4.1.7 Depósitos aluviales (Qr-al)

El depósito aluvial está conformado por materiales acarreados y depositados por el río Chancay. En su recorrido corta rocas terciarias y mesozoicas, así como las del Batolito de la Costa. Se ha depositado tanto en el curso del valle como en todo el rango fluvial.

El cono deyectivo del río Chancay, ostenta un espesor del orden de decenas de metros en él están asentados los centros urbanos y agrícolas.

Los suelos que conforman estos depósitos son los bloques, bolonería y cantos de variados orígenes litológicos, principalmente intrusivos y volcánicos, las arenas presentan variada granulometría con matrices limosas y arcillosas.

4.1.8 Depósitos eólicos (Q-e)

Estos depósitos están acumulados tanto en roca in situ como en llanuras aluviales, conformadas por arenas.

4.1.9 Rocas Intrusivas

Las intrusiones dioríticas, constituyen cuerpos de pequeñas dimensiones, se encuentran emplazados generalmente en forma de pequeños “stocks” o diques de textura variable. En algunos sitios se presentan como microdiorita, mientras en otros corresponden a una andesita intrusiva. Generalmente estas rocas se encuentran asociadas con fallas o fajas de fractura.

4.1.9.1 Complejo Patap

Esta Superunidad está conformada por rocas de gabros y dioritas la más antigua del Batolito.

4.1.9.2 Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt)

Sus texturas de la roca varían de grano medio a grueso conteniendo plagioclasas en un 30% y ferromagnesianos en un 60%.

4.1.9.3 Granodiorita de Jecuán (KTi-gd-j)

Está conformada por una pequeña roca intrusivo, al oeste del Batolito de la Costa, al noroeste de Huaral. Esta se encuentra intruyendo a los volcánicos sedimentarios del Grupo Casma.

Esta granodiorita de Jecuán se caracteriza principalmente por la presencia de diaclasamiento muy persistente, favoreciendo un fuerte intemperismo, provocando la presencia de superficies de suelos finos y pequeños fragmentos de roca.

4.1.9.4 Complejo Santa Rosa

Esta Superunidad, está constituida por cuerpos tonalíticos-dioríticos y tonalíticos-granodioríticos, tiene una gran extensión.

Se emplazan con posterioridad a los gabros y dioritas de la Superunidad Patap y Paccho a

los que intruye con contactos definidos y casi verticales. Así mismo intruye a las secuencias mesozoicas del Grupo Casma.

Esta Superunidad ha sido dividida en subniveles de cuerpos oscuros como las dioritas-tonalitas y cuerpos claros como la tonalita-granodiorita, guardando entre ellos relación textural y de emplazamiento.

Figura 4-2: Afloramiento Volcánico Fisurado



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4-3: Depósito Aluvial del área de estudio

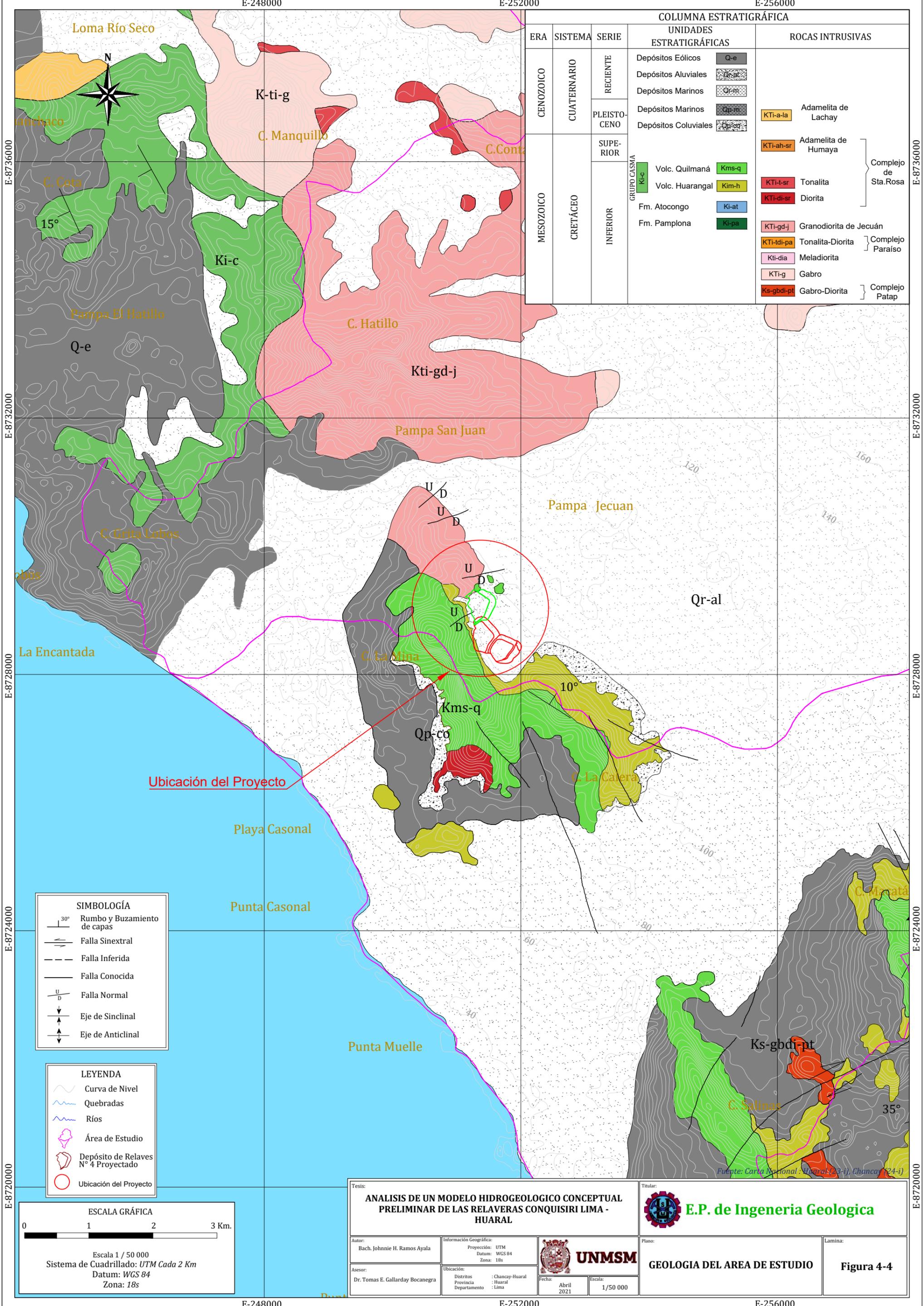


Fuente: Elaboración Propia

E-248000

E-252000

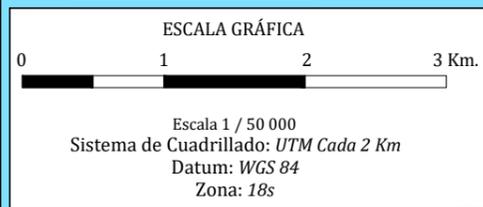
E-256000



COLUMNA ESTRATIGRÁFICA					
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos Eólicos (Q-e)	Adamelita de Lachay (Kti-a-la)	
		PLEISTOCENO	Depósitos Aluviales (Qp-a)		Adamelita de Humaya (Kti-ah-sr)
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Depósitos Marinos (Qp-m)	Complejo de Sta. Rosa Tonalita (Kti-t-sr) Diorita (Kti-di-sr)	
			Depósitos Coluviales (Qp-c)		
		INFERIOR	Volc. Quilmaná (Kms-q)		Complejo Paraiso Granodiorita de Jecuan (Kti-gd-j) Tonalita-Diorita (Kti-tdi-pa)
			Volc. Huarangal (Kim-h)		
		Fm. Atocongo (Ki-at)	Complejo Patap Meladorita (Kti-dia) Gabro (Kti-g) Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt)		
		Fm. Pamplona (Ki-pa)			

SIMBOLOGÍA	
	Rumbo y Buzamiento de capas
	Falla Sinistral
	Falla Inferida
	Falla Conocida
	Falla Normal
	Eje de Sinclinal
	Eje de Anticlinal

LEYENDA	
	Curva de Nivel
	Quebradas
	Ríos
	Área de Estudio
	Depósito de Relaves N° 4 Proyectado
	Ubicación del Proyecto



Tesis: ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL		Titular: 	
Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala	Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s	Plano: GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO	Lamina: Figura 4-4
Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra	Ubicación: Distritos: Chancay-Huaral Provincia: Huaral Departamento: Lima		Fecha: Abril 2021 Escala: 1/50 000

E-248000

E-252000

E-256000

E-8736000
E-8732000
E-8728000
E-8724000
E-8720000

E-8736000
E-8732000
E-8728000
E-8724000
E-8720000

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La mayoría de las fallas se extienden kilómetros de longitud, y numerosas fallas normales localizadas de orden inferior también se reconocen en el terreno. Estas fallas probablemente originadas en la fase intracretácea además de haber ocurrido reactivaciones en los eventos tectónicos Cenozoicos.

Las secuencias del Grupo Casma tienen un rumbo generalizado de N 40-50° W y buzamiento de 10° SW.

Las fallas normales de menor orden que se orientan paralela al rumbo a de las estructuras regionales N35°W dieron lugar al emplazamiento de diques de composición dacítica de 4 a 12 m. de potencia, los fallamientos de rumbo N300°E emplazaron diques de composición andesítica.

En el cono aluvial del río Chancay, como en los afloramientos rocosos en las partes bajas del valle, hay un sistema de fallas paralelas con rutas cortas, que corren en dirección norte-sur, atravesadas por un sistema de fallas que corren en el este-oeste genérico, dando la apariencia de un sistema de falla de bloque. (Ver figura 4-4)

4.3 GEOMORFOLOGÍA

Dentro del área de estudio de la Intercuenca Colquisiri, se encontraron diferentes geoformas producto de los agentes de meteorización a través del tiempo, que han actuado sobre los afloramientos modelando el relieve que sostiene el presente.

Se han identificado las características geomorfológicas más relevantes del área de estudio, describiendo las formas dominantes de su relieve, considerando el origen, la pendiente, la litología y la magnitud de las elevaciones topográficas. También se examinan los procesos erosivos que actualmente afectan su morfología.

A continuación, se presenta las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio.

4.3.1 Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas; son unidades del terreno diferenciados de acuerdo a sus características morfológicas, morfométricas, geológicas y a su origen (Verstappen & Van Zuidam, 1991; Martín-Serrano y otros 2004, S. Villacorta, 2008).

El área de estudio viene influenciada fuertemente por procesos aluviales y eólicos tanto en el transporte como en la sedimentación de materiales encontrándose unidades las siguientes unidades geomorfológicas.

4.3.2 Colinas de Arena

Esta unidad geomorfológica está comprendida por el área del terreno adyacente a la costa, expuesto a las olas del océano, es una faja delgada que se extiende aproximadamente de 1 km a 3 km en espesor desde la playa.

Esta unidad geomorfológica está constituida por los depósitos eólicos el cual se compone de arena limosa de grano fino a medio.

4.3.3 Planicie Costera

Es el área entre el margen costero y las estribaciones andinas de los andes del oeste, que consiste en una franja de área en la costa, de gran amplitud en el valle del río Chancay.

Litológicamente esta unidad se compone de materiales cuaternarios recientes compuestos de arena y grava mal graduadas provenientes del transporte y deposición de río Chancay.

Los depósitos aluviales están constituidos por materiales que han sido acarreados y

depositados por el río Chancay, conformados por bloques y cantos de granulometría variada con matriz limosas o arcillosas.

4.3.4 Lomas

Esta unidad geomorfológica comprende las estribaciones de los andes del oeste, que, como colinas de testigos, se encuentran dentro del cono aluvial del valle del río Chancay, apareciendo como remanentes de la labor erosiva del río.

Litológicamente esta unidad geomorfológica está comprendida por las secuencias volcánico-sedimentarias del Grupo Casma, además el relieve que lo caracteriza son las pendientes empinadas y moderadas.

CAPITULO V

5 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

El área de estudio, se encuentra dentro de la cuenca 1375592 y la Intercuenca 1375591, hidrográficamente limitan: por el lado norte con la cuenca Huaura, por el sur con la Intercuenca 137557, por el oeste con el Océano Pacífico y por el este con la cuenca Chancay-Huaral.

La altitud del área de estudio está comprendida entre las elevaciones 100 msnm a 420 msnm. (Ver Figura 5-1)

5.1 RECURSOS HÍDRICOS

5.1.1 Cuenca 1375592 e Intercuenca 1375591

El área de estudio se encuentra sobre un afloramiento de rocas volcánicas y rocas intrusivas, en el cerro La Mina y el cerro La Calera; Por otro lado, el área de estudio está comprendida en la intercuenca 137559, la cual se encuentra entre las cuencas Huaura y Chancay-Huaral; en la vertiente del Pacífico.

En climatología, la cuenca se considera árida (árida) porque carece de lluvia en todas las estaciones, y también se considera un área semi-cálida y húmeda, con una precipitación anual promedio de 0 a 15 mm.

La intercuenca tiene un área de drenaje de 573.039 km².

Tabla 5-1: Parámetros de la Intercuenca de estudio

Parámetros de forma	Unidad	Cuenca 1375592	Intercuenca 1375591
Área de la cuenca	Km ²	228.243	84.811
Perímetro de la cuenca	Km	76.478	54.451
Cota máxima	msnm	1120	220

Parámetros de forma	Unidad	Cuenca 1375592	Intercuenca 1375591
Cota mínima	msnm	8	8
Coficiente de Compacidad		1.57	1.74
Factor de Forma		0.22	0.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-2: Parámetros relativos a las variaciones de altitudes de la cuenca

Parámetros relativos a las variaciones de altitudes	Und.	Cuenca 1375592	Intercuenca 1375591
Altitud Media de la Cuenca (H)	msnm	556	105
Pendiente Media del Rio (Ic)	m/m	0.03	0.02

Fuente: Elaboración propia.

5.2 ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

5.2.1 Análisis de Variables Meteorológicas

Al comparar la precipitación y la evapotranspiración se pueden determinar las condiciones de humedad del suelo en relación con el desarrollo de la vegetación.

Los registros climáticos y de la temporada de lluvias del SENAMHI proporcionan información básica que caracteriza el clima y la meteorología del área de estudio, así como el alcance de los impactos directos e indirectos.

La Tabla 4-3 enumera las principales características de las estaciones meteorológicas utilizadas para analizar las características climáticas y meteorológicas. Para cada estación considerada, se muestran su nombre, tipo, coordenadas geográficas, ubicación política y hora de registro. Esta información se obtuvo del inventario y evaluación de los recursos naturales en la región alto andina del Perú; departamento de Pasco, preparado por EX-ONERN (Oficina de Evaluación de Recursos Naturales, 1984). La información utilizada en el estudio es la

siguiente:

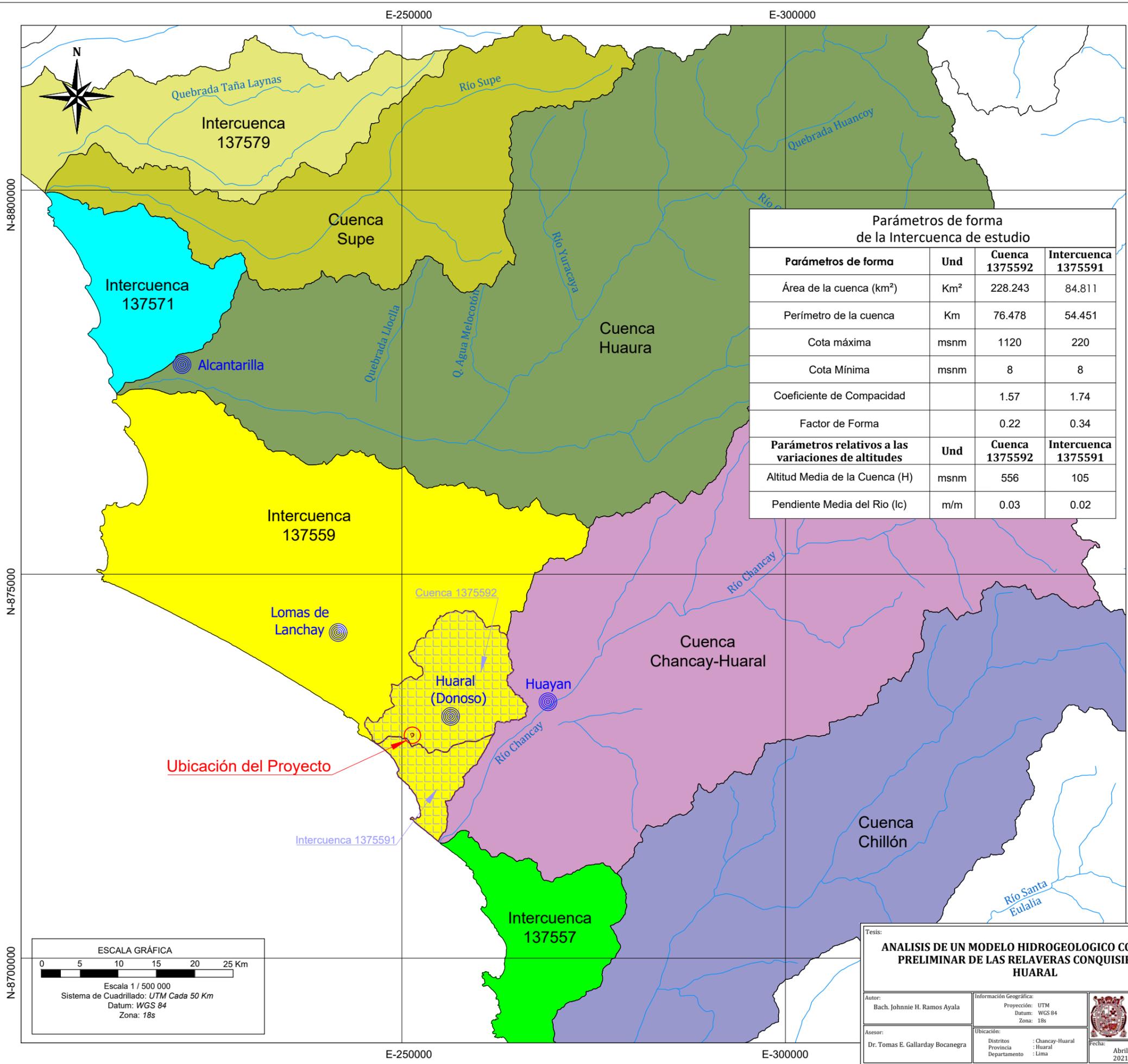
Registro de cuatro (04) estaciones meteorológicas, todas ellas estaciones de Plu. (Ver Figura 5-1)

- » Temperatura media mensual.
- » Precipitación total mensual.
- » Humedad relativa media mensual.
- » Velocidad media del viento registrada en el mes.
- » Precipitación máxima en 24 horas.

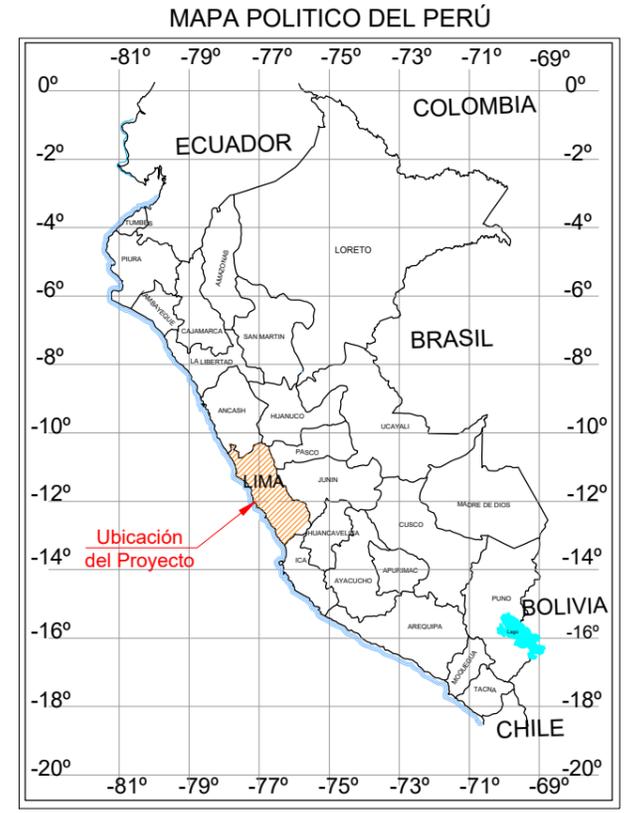
Tabla 5-3: Estaciones Meteorológicas del área de estudio

Estación	Ubicación Política			Coordenada UTM (WGS 84)		
	Dpto	Provincia	Distrito	Este	Norte	Altitud
Huayan	Lima	Huaral	Huaral	269046.21	8733385.12	350
Lomas de Lachay	Lima	Huaura	Huacho	241682.75	8742394.79	300
Alcantarilla	Lima	Huaura	Huaura	221359.34	8777272.14	120
Huaral (Donoso)	Lima	Huaral	Huaral	256326.37	8731475.64	182

Fuente: Senamhi



Parámetros de forma de la Intercuenca de estudio			
Parámetros de forma	Und	Cuenca 1375592	Intercuenca 1375591
Área de la cuenca (km ²)	Km ²	228.243	84.811
Perímetro de la cuenca	Km	76.478	54.451
Cota máxima	msnm	1120	220
Cota Mínima	msnm	8	8
Coefficiente de Compacidad		1.57	1.74
Factor de Forma		0.22	0.34
Parámetros relativos a las variaciones de altitudes			
Parámetros relativos a las variaciones de altitudes	Und	Cuenca 1375592	Intercuenca 1375591
Altitud Media de la Cuenca (H)	msnm	556	105
Pendiente Media del Río (Ic)	m/m	0.03	0.02

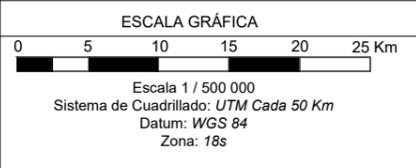


ESTACIONES METEOROLOGICAS

Estación	Ubicación Política			Altitud	Coordenadas UTM	
	Dpto	Provincia	Distrito		Este	Norte
Huayan	Lima	Huaral	Huaral	350.000	269046.21	8733385.12
Lomas de Lachay	Lima	Huaura	Huacho	300.000	241682.75	8742394.79
Alcantarilla	Lima	Huaura	Huaura	120.000	221359.34	8777272.14
Huaral (Donoso)	Lima	Huaral	Huaral	182.000	256326.61	8731444.90

LEYENDA

- Estación Meteorologica
- Deposito de Relaves N°4 Projectado
- Rios y Quebradas
- Ubicación del Proyecto
- Microcuencas



Tesis: ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL		Titular: E.P. de Ingeniería Geológica	
Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala	Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s		Plano: MAPA HIDROLOGICO DEL AREA DE ESTUDIO
Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra	Ubicación: Distritos : Chancay-Huaral Provincia : Huaral Departamento : Lima		Lamina: Figura 5-1
		Fecha: Abril 2021	Escala: 1/500 000

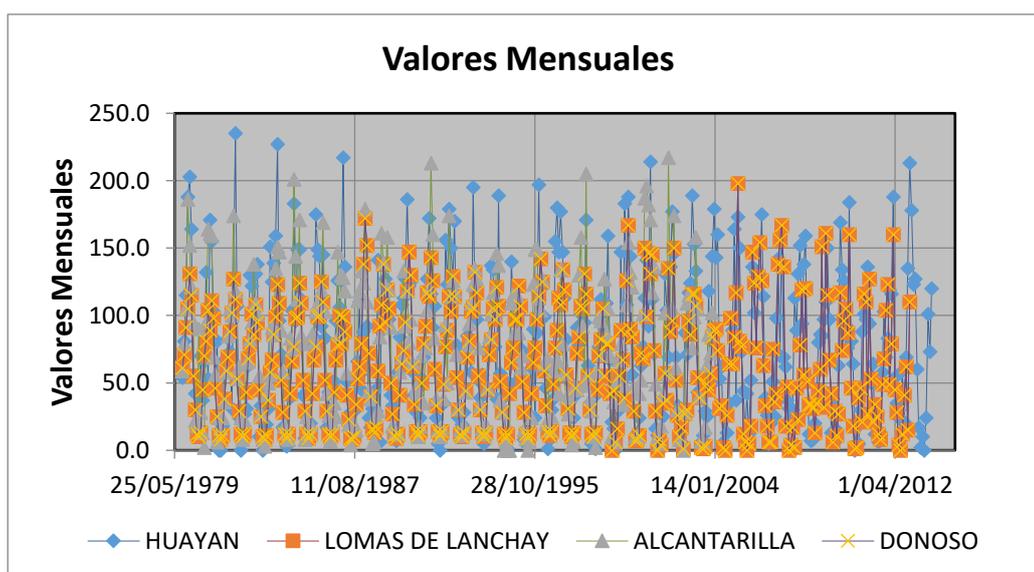
5.2.2 Análisis de consistencia

Para el análisis de consistencia, el histograma se analiza visualmente como se presenta a continuación.

Análisis visual de pluviogramas

Se puede ver que, debido a este análisis visual del gráfico mensual, las estaciones analizadas en el estudio mostraron una tendencia estable porque no hubo períodos sospechosos obvios en la secuencia mensual. Como se muestra en la Figura 5-2, la secuencia histórica de la precipitación mensual total.

Figura 5-2: Serie Histórica de Precipitación Total Mensual



Fuente: Elaboración propia.

5.3 CLIMATOLOGÍA

5.3.1 Temperatura

Para el estudio de la temperatura, la información se ha utilizado a nivel regional, utilizando datos anuales de cuatro (04) estaciones meteorológicas; lo mismo que los presentados en la Tabla 5-4. Se comprende que los cambios de temperatura están directamente relacionados con

la altitud. La razón para usar este criterio es determinar el grado de correlación a través del análisis de regresión, y luego determinar la temperatura de cualquier punto de interés en el área de estudio.

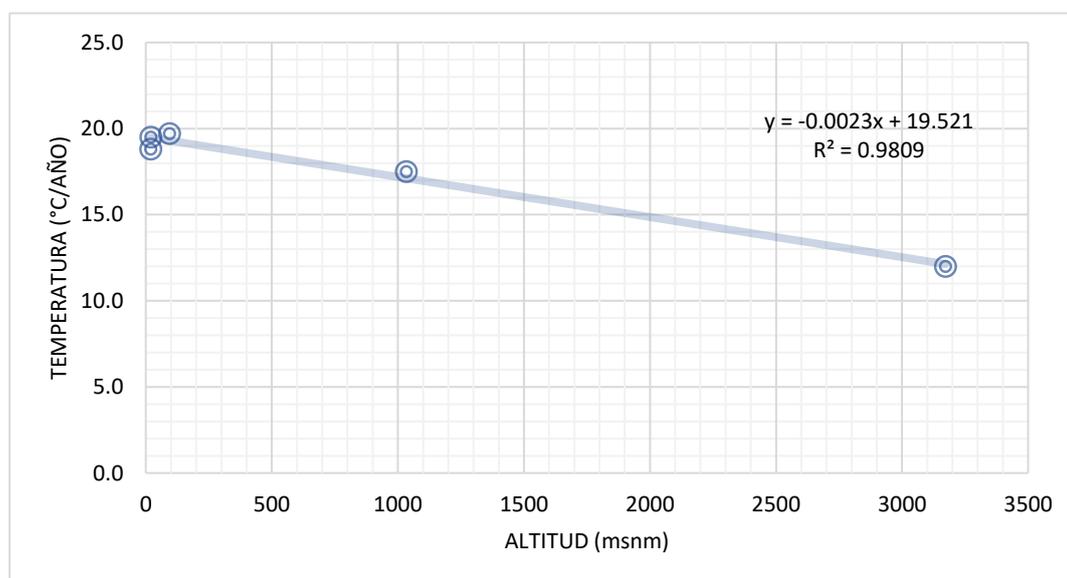
Tabla 5-4: Relación Altitud - Temperatura Promedio Anual

Estación	Altitud (msnm)	Temperatura (°C/año)
Huayan	350	19.6
Lomas de Lanchay	300	17.7
Alcantarilla	120	20.1
Huaral (Donoso)	182	19.2

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la temperatura promedio anual en cualquier punto de interés en altitud, se realizó el siguiente proceso: se ploteo la información en la Tabla 5-4 para obtener la relación entre altitud y temperatura, como se muestra en la Figura 5-3.

Figura 5-3: Relación Altitud vs. Temperatura Promedio Anual



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la línea recta dibujada en la Figura 5-2, se obtiene la expresión matemática derivada de la regresión anterior, que indica que la temperatura es inversamente proporcional

a la altitud:

$$T = -0.0023 \cdot H + 19.521$$

$$R^2 = 0.9809$$

Dónde:

T = Temperatura media anual (°C)

H = Altitud con respecto al nivel del mar (msnm)

R = Coeficiente de correlación

Esta expresión indica una relación inversa estadísticamente aceptable entre temperatura y altitud. El coeficiente de correlación es 0.9809.

Utilizando las ecuaciones obtenidas, es posible inferir el valor de la temperatura promedio anual del área de estudio del proyecto, para lograr la temperatura promedio anual de la cuenca trans 1375591 y la cuenca 1375592, como se muestra en la Tabla 5-5 y la Tabla 5-6.

Tabla 5-5: Temperatura media mensual intercuenca 1375591

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ESTIMADA			
PARA LA ZONA DEL PROYECTO			
Altitud media =		105 msnm	
MES	PARAMENTROS DE LA ECUACION		TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)
	A	B	
Enero	22.397	-0.0016	22.45
Febrero	22.783	-0.0018	23.22
Marzo	21.957	-0.0014	22.68
Abril	20.508	-0.0008	20.88
Mayo	18.551	-0.0001	18.72

TEMPERATURA MEDIA MESUAL ESTIMADA PARA LA ZONA DEL PROYECTO			
Altitud media =		105 msnm	
MES	PARAMENTROS DE LA ECUACION		TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)
	A	B	
Junio	16.822	-0.0004	17.11
Julio	15.895	-0.0009	16.61
Agosto	15.563	-0.0014	16.40
Septiembre	15.666	-0.0018	16.83
Octubre	17.247	-0.0012	17.65
Noviembre	19.054	-0.0003	18.68
Diciembre	20.756	-0.0007	20.57
Temperatura Media Anual			19.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-6: Temperatura media mensual cuenca 1375592

TEMPERATURA MEDIA MESUAL ESTIMADA PARA LA ZONA DEL PROYECTO			
Altitud media =		556 msnm	
MES	PARAMENTROS DE LA ECUACION		TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)
	A	B	
Enero	22.397	-0.0016	21.35
Febrero	22.783	-0.0018	22.12
Marzo	21.957	-0.0014	21.68
Abril	20.508	-0.0008	19.58
Mayo	18.551	-0.0001	17.62
Junio	16.822	-0.0004	16.11
Julio	15.895	-0.0009	15.41
Agosto	15.563	-0.0014	15.30

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ESTIMADA PARA LA ZONA DEL PROYECTO			
Altitud media =		556 msnm	
MES	PARAMENTROS DE LA ECUACION		TEMP. MEDIA MENSUAL (°C)
	A	B	
Septiembre	15.666	-0.0018	15.63
Octubre	17.247	-0.0012	16.45
Noviembre	19.054	-0.0003	17.61
Diciembre	20.756	-0.0007	19.55
Temperatura Media Anual			18.80

Fuente: Elaboración propia.

» Análisis Temporal de la Temperatura Media Mensual

La Temperatura media mensual que caracteriza a la zona de estudio se ha determinado sobre la base de la estación Donoso (Fuente: SENAMHI) dicha estación además de estar cercana a la zona de estudio, la temperatura promedio anual para la intercuenca 1375591 alcanza los 19.20°C, y la cuenca 1375592 alcanza los 18.80°C, Ver Tabla 5-5 y Tabla 5-6.

5.3.2 Precipitación

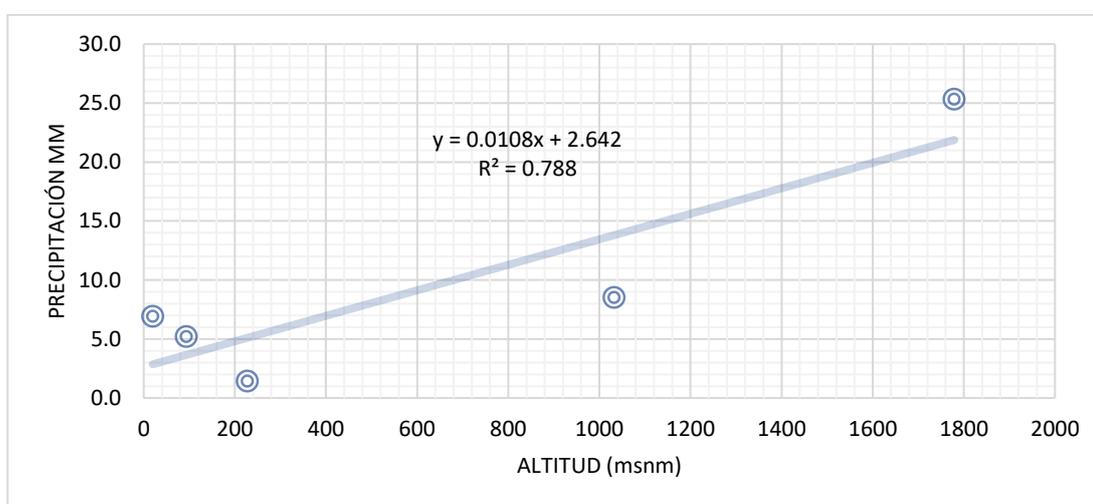
» Regionalización de la precipitación

Del análisis realizado, se puede ver que la precipitación tiene una relación aceptable entre la altitud y su capa de agua precipitada. La Tabla 5-7 presenta la relación de las estaciones utilizadas, observando los valores de precipitación total anual con su altitud correspondiente. La Figura 5-4 muestra el ajuste de estos valores a través de la línea de regresión de tipo potencial.

Tabla 5-7: Relación Altitud – Precipitación Total Anual

Estación	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)
Huayan	350	17.7
Lomas de Lanchay	300	150.1
Alcantarilla	120	5.7
Huaral (Donoso)	182	24.0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4. Ajuste de Valores de Altitud vs. Precipitación Total

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al ajuste de la tendencia de la precipitación de la data meteorológica, se define la ecuación siguiente:

$$P = 0.0108*(H)+2.642; \quad R^2 = 0.788$$

Dónde:

P = Precipitación total anual en mm.

H = Altitud en msnm

R = Coeficiente de correlación (este índice estadístico mide la relación lineal entre dos variables).

Análisis temporal de la precipitación mensual promedio

La precipitación mensual que indica las características del área se determina de acuerdo con la estación de Donoso, que está cerca del área de estudio, y la precipitación promedio anual corregida y completada alcanza los 24,6 mm.

Tabla 5-8: Precipitación total mensual corregida y completada Estación Donoso (mm)

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1984	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1985	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.65	3.7
3	1986	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.60	1.60	0.20	0.00	7.30	13.0
4	1987	0.60	0.00	0.00	0.00	2.90	5.10	3.70	9.60	2.10	0.00	1.70	10.40	36.1
5	1988	0.90	3.70	0.00	0.00	0.00	2.00	3.70	11.40	3.30	0.00	0.00	0.20	25.2
6	1989	0.00	10.60	1.60	0.60	2.00	5.80	2.30	9.80	2.70	0.00	0.60	0.00	36.0
7	1990	2.80	0.00	0.00	0.00	1.20	5.70	2.00	4.90	1.40	0.40	0.00	5.10	23.5
8	1991	0.00	0.60	1.20	0.00	1.00	1.60	5.00	6.70	0.50	3.70	1.60	6.30	28.2
9	1992	0.00	2.30	0.00	0.00	0.50	3.20	7.10	5.80	3.00	1.20	0.00	0.00	23.1
10	1993	1.30	2.20	0.00	0.00	1.00	0.60	2.10	2.90	0.70	0.20	0.60	0.20	11.8
11	1994	0.70	0.80	0.30	0.20	0.90	3.00	0.70	4.10	0.00	0.20	0.00	0.80	11.7
12	1995	0.90	0.00	2.40	0.50	0.20	2.10	11.00	7.80	1.40	2.30	0.60	0.00	29.2
13	1996	0.80	0.20	6.40	0.00	1.00	9.00	4.30	3.00	1.50	0.00	0.00	0.00	26.2
14	1997	0.30	0.00	0.00	2.00	1.80	0.40	0.00	1.90	0.00	0.80	0.80	4.10	12.1
15	1998	8.00	6.30	2.40	0.00	2.00	6.60	7.60	7.80	3.20	0.00	0.00	0.00	43.9
16	1999	3.60	6.30	0.00	0.70	0.00	2.90	4.60	4.80	2.10	0.00	0.00	0.00	25.0
17	2000	0.00	4.90	0.00	0.00	0.90	10.80	4.10	4.70	4.60	0.00	0.00	1.00	31.0
18	2001	3.30	2.50	2.70	0.50	2.20	7.90	12.30	13.40	4.00	0.00	4.70	0.60	54.1

Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
19	2002	0.00	18.00	2.80	2.00	0.00	4.70	5.40	10.40	5.20	1.10	0.00	0.50	50.1
20	2003	1.10	0.00	0.00	0.00	1.50	1.90	6.90	8.10	8.20	0.00	1.00	1.80	30.5
21	2004	0.00	0.00	1.10	0.00	2.30	8.00	2.80	4.90	1.90	0.00	0.50	1.00	22.5
22	2005	0.50	0.60	0.00	0.00	3.10	4.00	1.50	2.10	3.80	0.50	0.00	0.00	16.1
23	2006	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	3.40	1.50	1.50	3.10	0.50	0.70	0.00	13.0
24	2007	2.00	0.00	5.00	0.00	0.00	3.50	4.60	7.00	2.80	0.00	0.50	0.00	25.4
25	2008	0.50	0.00	2.10	0.00	3.60	3.40	0.00	3.10	1.70	0.00	0.00	1.50	15.9
26	2009	0.40	0.00	0.00	0.00	2.70	4.90	3.50	9.40	1.90	0.00	1.50	10.20	34.5
27	2010	2.50	0.00	0.00	0.00	0.90	5.40	1.70	4.60	1.10	0.10	0.00	4.80	21.1
28	2011	1.45	0.00	0.00	0.00	1.80	5.15	2.60	7.00	1.50	0.05	0.75	7.50	27.8
29	2012	1.14	2.11	1.08	0.23	1.20	3.97	3.61	5.73	2.26	0.40	0.56	2.39	24.7
30	2013	0.57	0.10	1.75	0.00	1.95	4.53	2.32	4.67	2.53	0.17	0.53	2.12	21.2
31	2014	1.37	0.00	1.42	0.00	1.80	4.47	2.48	6.22	1.80	0.03	0.55	4.80	24.9
	Promedio	1.1	2.0	1.1	0.2	1.2	4.0	3.5	5.7	2.3	0.4	0.6	2.5	24.6
	Máximo	8.0	18.0	6.4	2.0	3.6	10.8	12.3	13.4	8.2	3.7	4.7	10.4	54.1
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		SIN DATA, COMPLETADA CON PROMEDIO												
		SIN DATA, COMPLETADA POR EL MÉTODO DE VECTOR REGIONAL												
		SIN DATA, EXTENDIDA POR EL MÉTODO ESTOCÁSTICO PARMA												

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-9: Coeficientes de regionalización, cuenca e intercuenca

Nombre de la cuenca	Altitud (msnm)	Precipitación Total promedio		Coeficiente de regionalización
		Anual de la intercuenca (mm), determinada por el método de regionalización	Precipitación Total Anual de la estación Donoso (mm)	
1375592	556	18.6	24.6	0.756
1375591	105	16.5	24.6	0.671

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-10: Precipitaciones medias generadas en base a la estación Donoso

Cuenca	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1375592	0.85	1.49	0.84	0.16	0.94	3.02	2.67	4.31	1.70	0.29	0.42	1.86	18.6
1375591	0.76	1.32	0.75	0.15	0.83	2.68	2.37	3.83	1.51	0.26	0.37	1.65	16.5

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Humedad Relativa

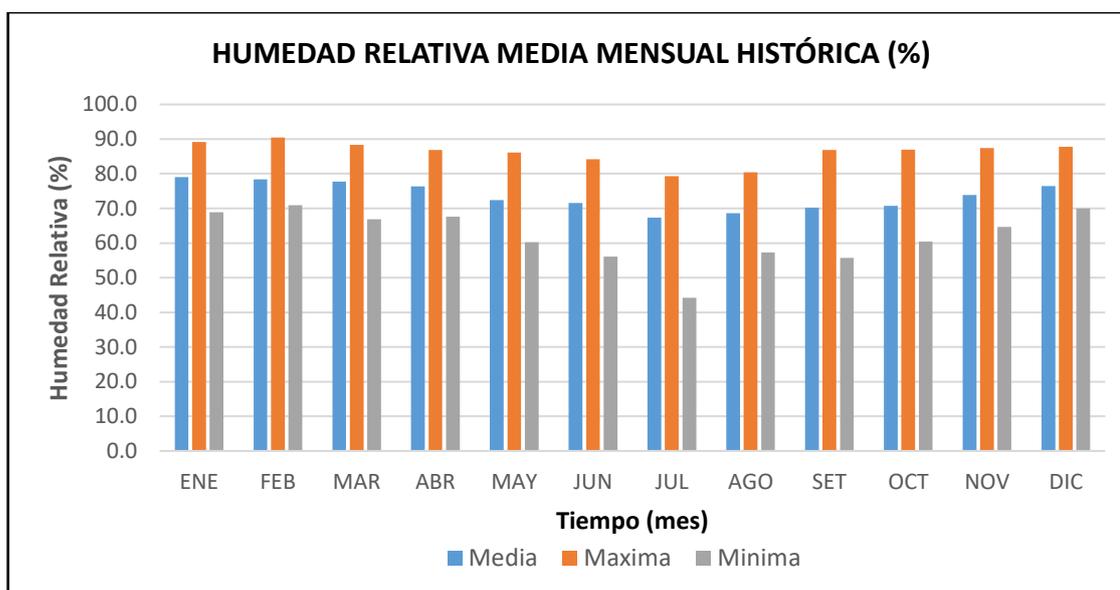
Para los siguientes parámetros, se han considerado los valores de la estación Donoso: la humedad relativa mínima registrada es 80.9%, la humedad promedio registrada es 86.2% y la humedad relativa máxima registrada es 91.0%. Los cambios se muestran en la Tabla 5-11 y la Figura 5-5 mostrado.

Tabla 5-11: Registros de Humedad Relativa

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
Media	83.7	83.0	84.1	86.2	87.7	88.9	89.0	89.4	88.3	86.1	84.6	83.9	86.2
Máxima	89.0	89.1	91.2	91.3	91.8	93.4	93.1	93.0	91.4	91.0	89.0	88.7	91.0
Mínima	79.3	76.6	77.8	80.6	82.6	81.5	82.3	83.1	83.5	81.1	80.5	81.4	80.9
Desv.	5.2	5.4	5.4	4.6	5.6	5.8	7.7	6.1	6.8	5.9	5.2	4.4	5.7

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-5: Variación de la humedad relativa



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4 Velocidad del Viento

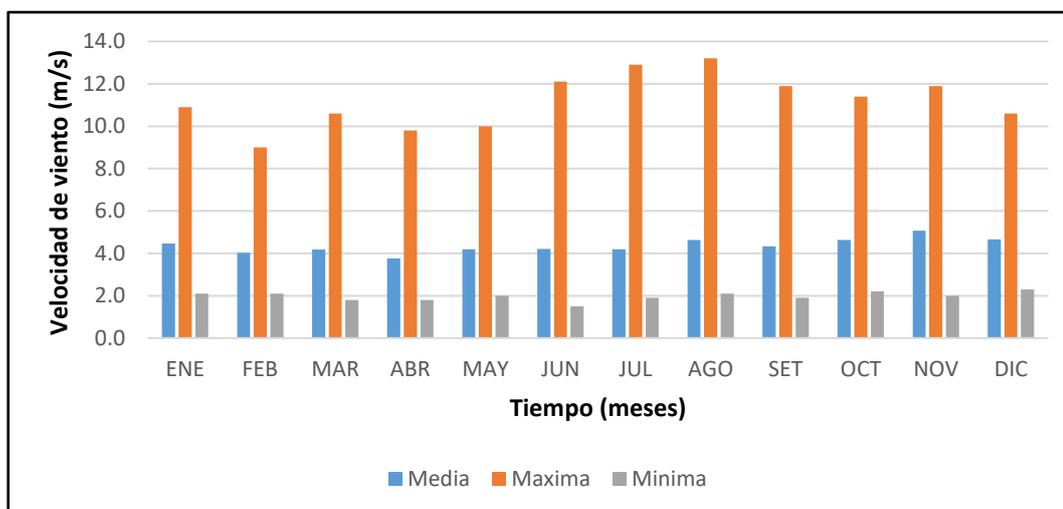
El análisis del parámetro, se han tenido en cuenta la velocidad y la dirección del viento manifestado en la estación de Lomas de Lanchay. Durante un año promedio, la distribución de la velocidad promedio del viento varía entre 3.0 y 3.9 m / s, con una dirección preferida de SW; presentado en la Tabla 5-12 y la Figura 5-6.

Tabla 5-12: Registros de la velocidad del viento

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM
MEDIA	3.8	3.7	3.5	3.3	3.0	3.1	3.2	3.3	3.5	3.7	3.9	3.9	3.5
MÁXIMA	6.1	5.5	5.1	5.6	4.6	4.8	5.5	5.3	5.2	5.2	5.9	5.5	5.4
MÍNIMA	2.4	2.6	2.0	2.2	1.6	2.2	1.5	2.1	1.9	2.5	2.5	2.5	2.2
DESV. EST.	1.4	1.0	1.0	1.3	1.2	1.2	1.5	1.1	1.3	0.9	1.1	1.0	1.2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-6: Variación de la Velocidad de Viento (m/s)



Fuente: Elaboración propia.

5.3.5 Evapotranspiración Potencial

El método Thornthwaite se aplicó para calcular la evapotranspiración potencial; La formulación del método Thornthwaite es la siguiente:

Se calcula un “índice de calor mensual” (i) a partir de la temperatura media mensual (t) como se muestra en esta fórmula:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Se calcula el “índice de calor anual (I) sumando los 12 valores de i :

$$I = \sum i$$

Se calcula la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP_{\text{sin corr.}} = 16 * \left(\frac{10 * t}{I}\right)^a$$

Dónde:

$ETP_{\text{sin corr.}}$ = ETP mensual en mm/mes sin corregir

T = temperatura media mensual, °C

I = índice de calor anual, sumando los 12 valores de i

Corrección para la evapotranspiración potencial:

$$ETP = ETP_{\text{sin corr.}} * k$$

Dónde:

K = Es un factor de corrección para la duración de un día, dependiendo del mes y la latitud, estos valores se asumen de la tabla.

Latitud = 11° 29' 20"

Tabla 5-13: Tabla de factor de corrección según la latitud de la zona de estudio

LAT	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
10	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7
11.49	12.69	12.46	12.14	11.80	11.52	11.38	11.48	11.72	12.00	12.38	12.68	12.82
15	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2	11.3	11.6	12	12.5	12.8	13

Fuente: Senamhi.

La tabla 5-14 muestra el cálculo de la evapotranspiración potencial de la cuenca 1357592. Este valor muestra el cambio de la evapotranspiración potencial mensual total de un periodo de año. El valor máximo para el mes es 104,93 mm en enero y el valor mínimo en agosto es 51,00 mm. La evapotranspiración potencial anual promedio es de 883.01 mm.

Tabla 5-14: Cálculo de la evapotranspiración potencial de la cuenca 1375592

Meses	Evapotranspiración potencial					
	Temperatura (°C)	índice mensual	ETPsc (mm/mes)	N	# de días	ETP (mm/mes)
Enero	22.45	9.72	96.0	12.69	31	104.93
Febrero	23.22	10.23	102.9	12.46	28	99.70
Marzo	22.68	9.87	98.0	12.14	31	102.51

Evapotranspiración potencial						
Meses	Temperatura (°C)	índice mensual	ETPsc (mm/mes)	N	# de días	ETP (mm/mes)
Abril	20.88	8.71	82.8	11.80	30	81.42
Mayo	18.72	7.38	66.2	11.52	31	65.69
Junio	17.11	6.44	55.1	11.38	30	52.25
Julio	16.61	6.16	51.9	11.48	31	51.26
Agosto	16.40	6.04	50.5	11.72	31	51.00
Septiembre	16.83	6.28	53.3	12.00	30	53.28
Octubre	17.65	6.75	58.7	12.38	31	62.61
Noviembre	18.68	7.36	65.9	12.68	30	69.69
Diciembre	20.57	8.51	80.3	12.82	31	88.67
	índice de calor anual	93.43			ETP anual	883.01
	a	2.04				

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-15 muestra el cálculo de la evapotranspiración potencial a través de la cuenca de 1375591. Este valor muestra el cambio de la evapotranspiración potencial mensual total a lo largo del año. El valor máximo en enero es 97.95 mm. El mínimo es de 48,31 mm en agosto. La evapotranspiración potencial anual promedio es 828.53 mm.

Tabla 5-15: Cálculo de la evapotranspiración potencial de la intercuenca 1375591

Evapotranspiración potencial						
Meses	Temperatura (°C)	índice mensual	ETPsc (mm/mes)	N	# de días	ETP (mm/mes)
Enero	21.35	9.00	89.6	12.69	31	97.95
Febrero	22.12	9.50	95.8	12.46	28	92.86
Marzo	21.68	9.22	92.3	12.14	31	96.46
Abril	19.58	7.90	76.2	11.80	30	74.90
Mayo	17.62	6.73	62.5	11.52	31	61.94
Junio	16.11	5.88	52.8	11.38	30	50.02
Julio	15.41	5.50	48.5	11.48	31	47.96

Meses	Evapotranspiración potencial					
	Temperatura (°C)	índice mensual	ETPsc (mm/mes)	N	# de días	ETP (mm/mes)
Agosto	15.30	5.44	47.9	11.72	31	48.31
Septiembre	15.63	5.62	49.8	12.00	30	49.84
Octubre	16.45	6.07	54.9	12.38	31	58.51
Noviembre	17.61	6.73	62.4	12.68	30	65.93
Diciembre	19.55	7.88	75.9	12.82	31	83.86
	índice de calor anual	85.46			ETP anual	828.53
	a	1.88				

Fuente: Elaboración propia.

5.4 BALANCE HÍDRICO

5.4.1 Balance Hídrico Climático

El método consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros (Almorox, 2004): precipitación media mensual (P), evapotranspiración potencial (ETP), diferencia de la precipitación y la evapotranspiración (P-ETP), reserva (RE), variación de la reserva (ΔRE), evapotranspiración real (ETR), lluvia útil (LU), el déficit (DE), el superávit (SU) y la recarga (Re).

Tabla 5-16: Balance hídrico climático de la intercuenca 1375591

CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO												
METODOLOGÍA SEGÚN THORTHWAITE												
MESES	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP	Clasificación de meses	Ri-1+(Pi-ETi) R(mm)		ΔRE (mm)	ETR (mm)	DE (mm) (ETP- ETR)	SU (mm) (P-ETR- ΔRU)	LU (mm) (P- ETR)	I (mm) (0.25*S UP)
					Reserva máx.	100						
					Reserva mín.	0						
Setiembre	1.70	49.84	-48.14	Seco	-48.14	0	0.0	1.70	48.1	0.0	0.0	0.0

CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO												
METODOLOGÍA SEGÚN THORTHWAITE												
MESES	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP	Clasificación de meses	Ri-1+(Pi-ETi) R(mm)		Δ RE (mm)	ETR (mm)	DE (mm) (ETP- ETR)	SU (mm) (P-ETR- Δ RU)	LU (mm) (P- ETR)	I (mm) (0.25*S UP)
					Reserva máx.	100						
					Reserva mín.	0						
Octubre	0.29	58.51	-58.22	Seco	-58.22	0	0.0	0.29	58.2	0.0	0.0	0.0
Noviembre	0.42	65.93	-65.51	Seco	-65.51	0	0.0	0.42	65.5	0.0	0.0	0.0
Diciembre	1.86	83.86	-82.00	Seco	-82.00	0	0.0	1.86	82.0	0.0	0.0	0.0
Enero	0.85	97.95	-97.10	Seco	-97.10	0	0.0	0.85	97.1	0.0	0.0	0.0
Febrero	1.49	92.86	-91.37	Seco	-91.37	0	0.0	1.49	91.4	0.0	0.0	0.0
Marzo	0.84	96.46	-95.62	Seco	-95.62	0	0.0	0.84	95.6	0.0	0.0	0.0
Abril	0.16	74.90	-74.74	Seco	-74.74	0	0.0	0.16	74.7	0.0	0.0	0.0
Mayo	0.94	61.94	-61.00	Seco	-61.00	0	0.0	0.94	61.0	0.0	0.0	0.0
Junio	3.02	50.02	-47.00	Seco	-47.00	0	0.0	3.02	47.0	0.0	0.0	0.0
Julio	2.67	47.96	-45.29	Seco	-45.29	0	0.0	2.67	45.3	0.0	0.0	0.0
Agosto	4.31	48.31	-44.00	Seco	-44.00	0	0.0	4.31	44.0	0.0	0.0	0.0
Total	18.6	828.53						18.55	809.98	0.00		0.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5-17: Balance hídrico climático de la cuenca 1375592

CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO												
METODOLOGÍA SEGÚN THORTHWAITE												
MESES	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP	Clasificación de meses	Ri-1+(Pi-ETi) R(mm)		Δ RE (mm)	ETR (mm)	DE (mm) (ETP- ETR)	SU (mm) (P-ETR- Δ RU)	LU (mm) (P- ETR)	I (mm) (0.25*S UP)
					Reserva máx.	100						
					Reserva mín.	0						
Setiembre	1.51	53.28	-51.77	Seco	-51.77	0	0.0	1.51	51.8	0.0	0.0	0.0
Octubre	0.26	62.61	-62.35	Seco	-62.35	0	0.0	0.26	62.4	0.0	0.0	0.0
Noviembre	0.37	69.69	-69.32	Seco	-69.32	0	0.0	0.37	69.3	0.0	0.0	0.0
Diciembre	1.65	88.67	-87.02	Seco	-87.02	0	0.0	1.65	87.0	0.0	0.0	0.0

CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN EL SUELO												
METODOLOGÍA SEGÚN THORTHWAITE												
MESES	P (mm)	ETP (mm)	P-ETP	Clasificación de meses	Ri-1+(Pi-ETi) R(mm)		ΔRE (mm)	ETR (mm)	DE (mm) (ETP- ETR)	SU (mm) (P-ETR- ΔRU)	LU (mm) (P- ETR)	I (mm) (0.25*S UP)
					Reserva máx.	100						
					Reserva mín.	0						
Enero	0.76	104.93	-104.17	Seco	-104.17	0	0.0	0.76	104.2	0.0	0.0	0.0
Febrero	1.32	99.70	-98.38	Seco	-98.38	0	0.0	1.32	98.4	0.0	0.0	0.0
Marzo	0.75	102.51	-101.76	Seco	-101.76	0	0.0	0.75	101.8	0.0	0.0	0.0
Abril	0.15	81.42	-81.27	Seco	-81.27	0	0.0	0.15	81.3	0.0	0.0	0.0
Mayo	0.83	65.69	-64.86	Seco	-64.86	0	0.0	0.83	64.9	0.0	0.0	0.0
Junio	2.68	52.25	-49.57	Seco	-49.57	0	0.0	2.68	49.6	0.0	0.0	0.0
Julio	2.37	51.26	-48.89	Seco	-48.89	0	0.0	2.37	48.9	0.0	0.0	0.0
Agosto	3.83	51.00	-47.17	Seco	-47.17	0	0.0	3.83	47.2	0.0	0.0	0.0
Total	16.5	883.01						16.48	866.53	0.00		0.0

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al capítulo se demuestra que el acuífero en el área de estudio no tiene una recarga meteórica significativa; lo cual indica que su recarga del acuífero debe ser por otro medio.

CAPITULO VI

6 INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

El inventariado de cuerpos de agua ubicadas dentro del area estudio donde se emplaza los depósitos de relaves, el cual encuentra enmarcado entre las Cuencas Huaura y Chancay-Huaral, dentro de éstas se encuentra la cuenca 1375592 y la intercuenca 1375591 comprendida dentro de la Región Hidrográfica del Pacífico.

Los cuerpos de agua en movimiento tienen diversas manifestaciones dadas sus diversas fuentes de alimentos, como las contribuciones de la precipitación, las montañas cubiertas de nieve y los manantiales, también tendrán una influencia en la acción de disociación en el terreno a través del cual se mueven, dando una característica de la calidad del agua. según la litología desde donde se mueven.

6.1 INVENTARIO DE AGUA SUBTERRÁNEA

En el ámbito del área de estudio directa del proyecto, se identificó flujos de aguas subterráneas en 09 piezómetros de los cuales 04 piezómetros se encuentran colgados (no registran nivel freático), por lo cual se tiene 05 piezómetros donde se registran el nivel freático en el tiempo y 02 pozos tubulares ubicados en la zona agrícola.

La Tabla 6-1 indica la ubicación de los puntos monitoreados, donde se registraron los niveles de la capa freática.

Tabla 6-1: Resumen general de fuentes de agua subterránea

<i>Puntos</i>	<i>Coordenadas WGS 84 (Zona18)</i>		
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Zona</i>
<i>Piezómetros</i>			
<i>Pz-2</i>	8729110.993	251514.632	<i>Relavera 4</i>

<i>Puntos</i>	<i>Coordenadas WGS 84 (Zona18)</i>		
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Zona</i>
<i>Pz-6</i>	<i>251417</i>	<i>8728961</i>	<i>Relavera 4</i>
<i>001-15-S</i>	<i>251735</i>	<i>8728615</i>	<i>Relavera 2</i>
<i>002-15-S</i>	<i>251585</i>	<i>8728766</i>	<i>Relavera 3</i>
<i>Pz-7</i>	<i>251644</i>	<i>8729097</i>	<i>Relavera 4</i>
<i>Pozos Tubulares</i>			
<i>P. Tubular 1</i>	<i>252723</i>	<i>8728721</i>	<i>Canal calichera</i>
<i>P. Tubular 2</i>	<i>252785</i>	<i>8728866</i>	<i>Canal calichera</i>

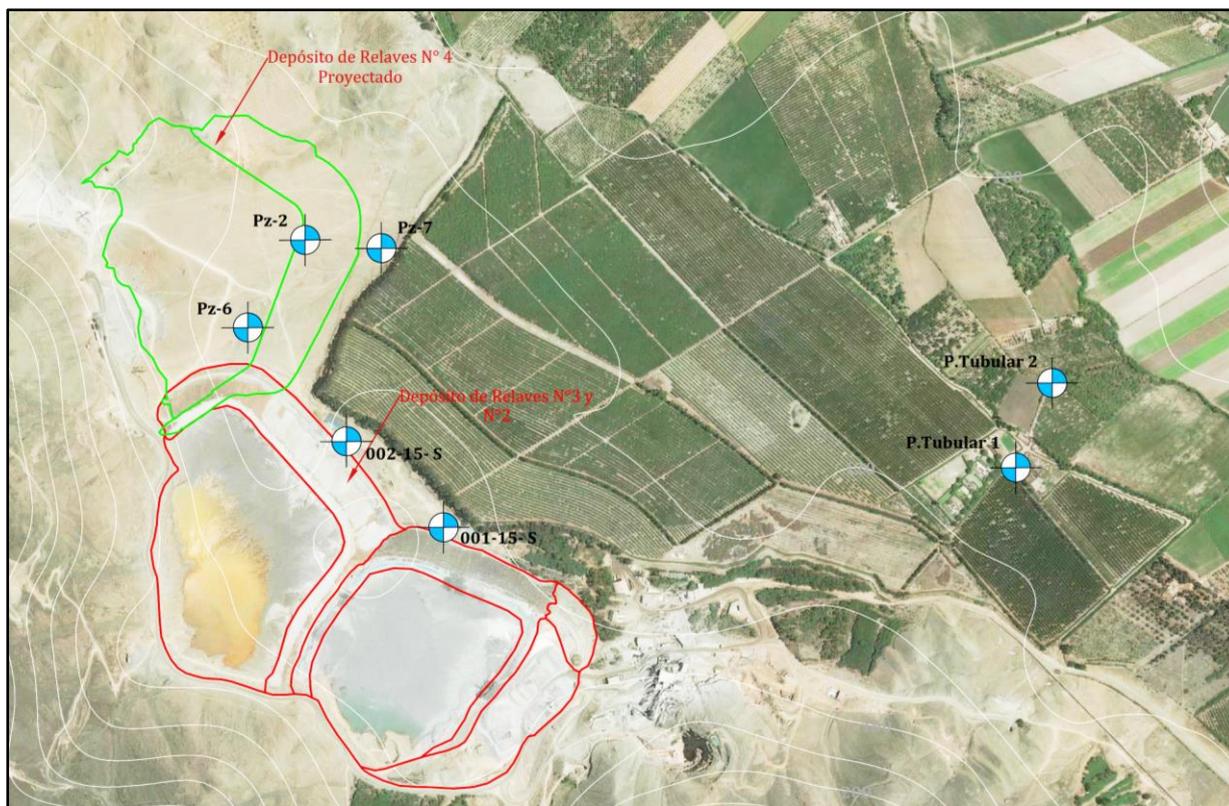
Fuente: Elaboración Propia.

6.1.1 Ríos y quebradas

El área de estudio pertenece hidrográficamente se encuentra en la cuenca 1375592 y la intercuenca 1375591. Regionalmente, está comprendida dentro de la Intecuenca entre las cuencas de Huaral-chancay y la cuenca de Huaura; y a nivel local, se encuentra en las faldas del cerro la mina.

En el área del proyecto se ha identificado un total de 04 piezómetros y 04 pozos tubulares. En la Figura 6-1 se presenta la cantidad de piezómetros y pozos tubulares contenidas dentro del área de influencia directa del proyecto U.E.A María Teresa. Por integración de la red de monitoreo se ha optado por codificar como E-8 al punto PZ-7, como de ahora para adelante lo nombraremos.

Figura 6-1: Georeferenciación de piezómetros y pozos tubulares Identificadas



Fuente: Elaboración Propia.

6.2 PUNTOS DE AGUA SUBTERRANEA

Las mediciones en los cursos de agua subterráneos identificados dentro de la zona de estudio.

La Tabla 5.1 presenta la ubicación de los puntos de medición, que están dentro del alcance del área de estudio; Las mediciones se llevaron a cabo en diciembre de 2015.

En total, se han evaluado ocho (08) puntos de la red hidrográfica ubicada dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto U.E.A María Teresa. Los valores de descarga medidos por las mediciones tomadas reflejan el flujo de agua a través de estos puntos. Estos valores solo son válidos en la fecha de medición porque se ven afectados por la lluvia; en los meses de enero a abril, las altas precipitaciones afectan directamente el flujo de ríos y arroyos. En los meses de julio a septiembre, el flujo del río depende principalmente de la capacidad de

retención de la cuenca y del área hidráulica existente.

Figura 6-2: Puntos de piezómetros dentro del ámbito de estudio



Fuente: Elaboración Propia.

6.2.1 Monitoreo de nivel de agua subterránea

Los ocho (08) puntos de monitoreo del nivel de agua subterránea, se ubican en pozos tubulares y piezómetros, se tiene el registro desde 2014.

Para la mejor comprensión de los resultados se ha optado por representarlos tan cómo metros bajo la superficie del terreno, como sobre metros sobre el nivel del mar (msnm).

En la tabla 5-2 se muestra el nivel freático, representado en metros bajo la superficie del terreno.

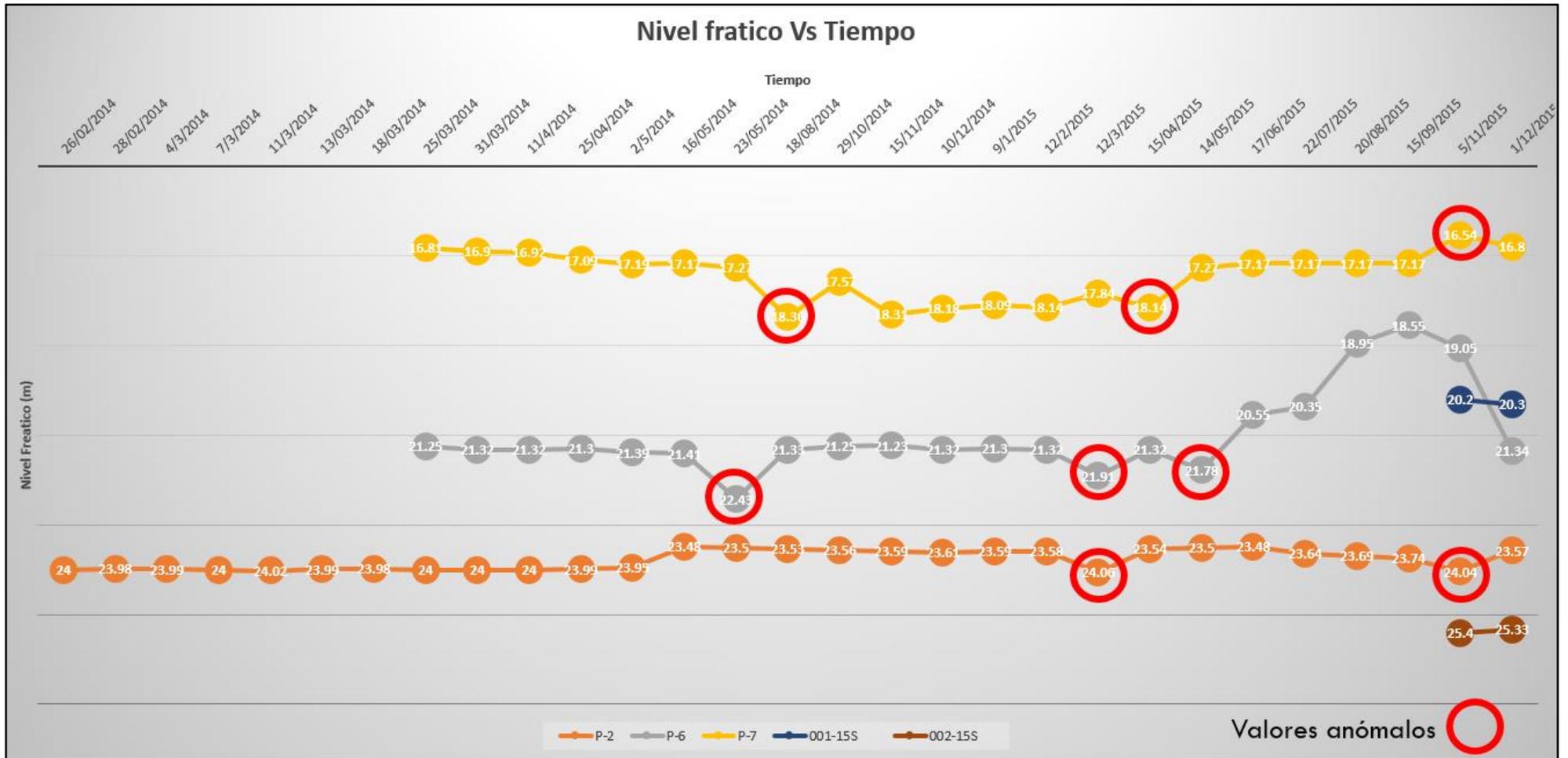
Tabla 6-2: Monitoreo De Nivel Freático (Metros Bajo La Superficie Del Terreno)

FECHA DE MONITOREO	Piezómetro P-2 (m)	Piezómetro P-6 (m)	Piezómetro P-7 (m)	Pozo Tubular 1 (m)	Pozo Tubular 2 (m)	001-15S (m)	002-15s (m)
FECHA	P-2	P-6	P-7	PT 1	PT 2	001-15S	002-15S
26/02/2014	24			6.4	1.9		
28/02/2014	23.98			6.4	1.95		
03/04/2014	23.99			6.4	1.9		
03/07/2014	24			6.15	2.2		
03/11/2014	24.02			6.38	2.05		
13/03/2014	23.99			6	1.9		
18/03/2014	23.98			6.4	1.98		
25/03/2014	24	21.25	16.81	6.45	2.05		
31/03/2014	24	21.32	16.9	6.45	2.24		
04/11/2014	24	21.32	16.92	6.42	2.3		
25/04/2014	23.99	21.3	17.09	6.4	2		
05/02/2014	23.95	21.39	17.19	6.4	2.35		
16/05/2014	23.48	21.41	17.17	6.2	2.32		
23/05/2014	23.5	22.43	17.27	6.2	2.3		
18/08/2014	23.53	21.33	18.36	6.15	2.2		
29/10/2014	23.56	21.25	17.57	6.21	2.25		
15/11/2014	23.59	21.23	18.31	6.22	2.24		

FECHA DE MONITOREO	Piezómetro P-2 (m)	Piezómetro P-6 (m)	Piezómetro P-7 (m)	Pozo Tubular 1 (m)	Pozo Tubular 2 (m)	001-15S (m)	002-15s (m)
FECHA	P-2	P-6	P-7	PT 1	PT 2	001-15S	002-15S
12/10/2014	23.61	21.32	18.18	6.18	2.45		
01/09/2015	23.59	21.3	18.09	6.25	2.35		
02/12/2015	23.58	21.32	18.14	6.2	2.28		
03/12/2015	24.06	21.91	17.84	6.35	2.35		
15/04/2015	23.54	21.32	18.14	6.45	2.47		
14/05/2015	23.5	21.78	17.27	6.45	2.54		
17/06/2015	23.48	20.55	17.17	6.5	2.5		
22/07/2015	23.64	20.35	17.17	6.42	2.45		
20/08/2015	23.69	18.95	17.17	6.38	2.5		
15/09/2015	23.74	18.55	17.17	6.3	2.35		
11/05/2015	24.04	19.05	16.54	6.25	2.28	20.2	25.4
12/01/2015	23.57	21.34	16.8	6.3	2.3	20.3	25.33

Fuente: Elaboración Propia.

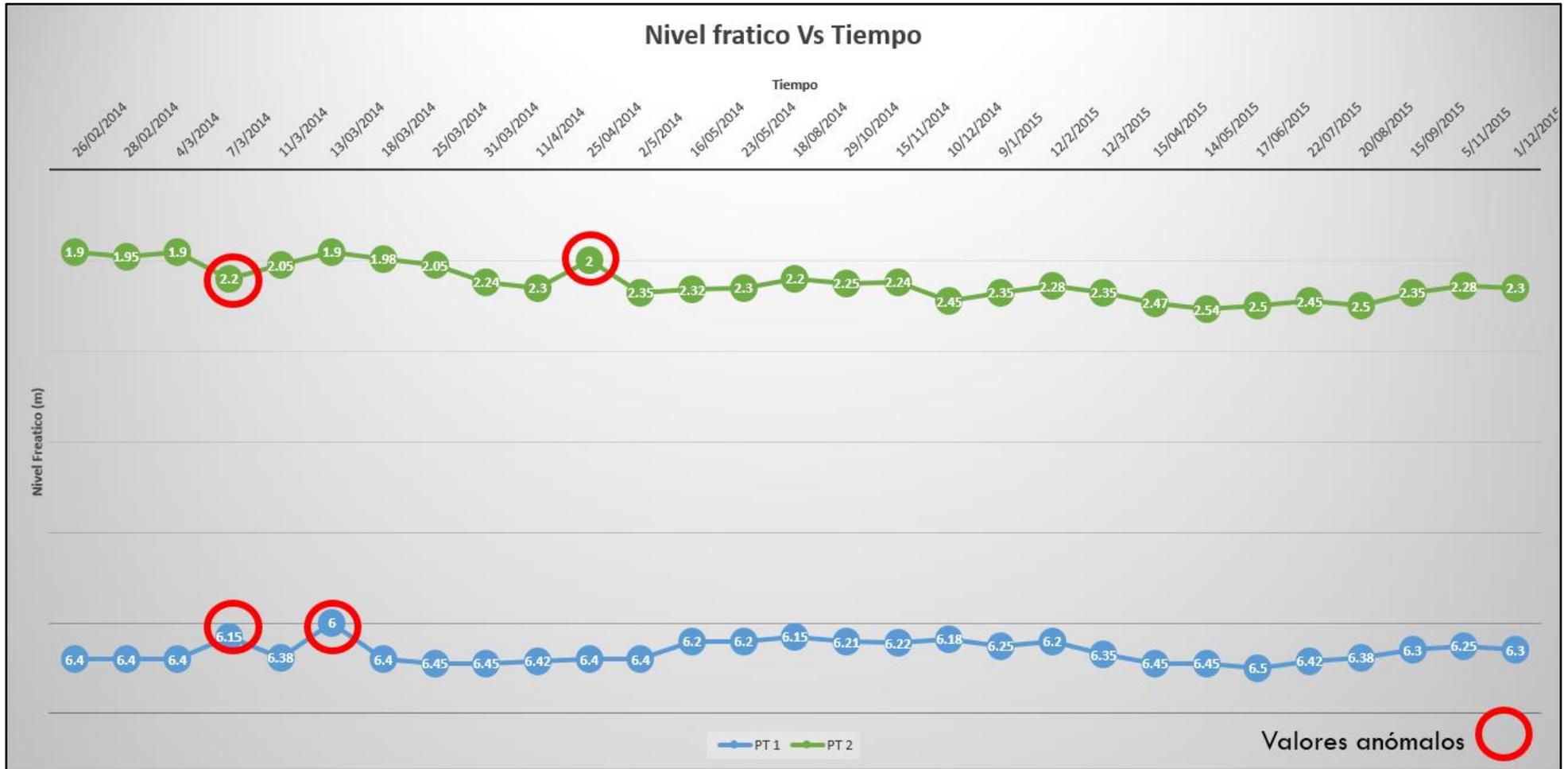
Figura 6-3: Nivel Freático en el tiempo (metros bajo la superficie del terreno)



Fuente: Elaboración Propia.

*Valores anómalos; debido posiblemente a variaciones puntuales o errores de personal,

Figura 6-4: Nivel Freático en el tiempo (metros bajo la superficie del terreno)



Fuente: Elaboración Propia.

*Valores anómalos; debido posiblemente a variaciones puntuales o errores de personal,

En la tabla 5-3 se muestra el nivel freático, representado como metros sobre el nivel del mar (msnm).

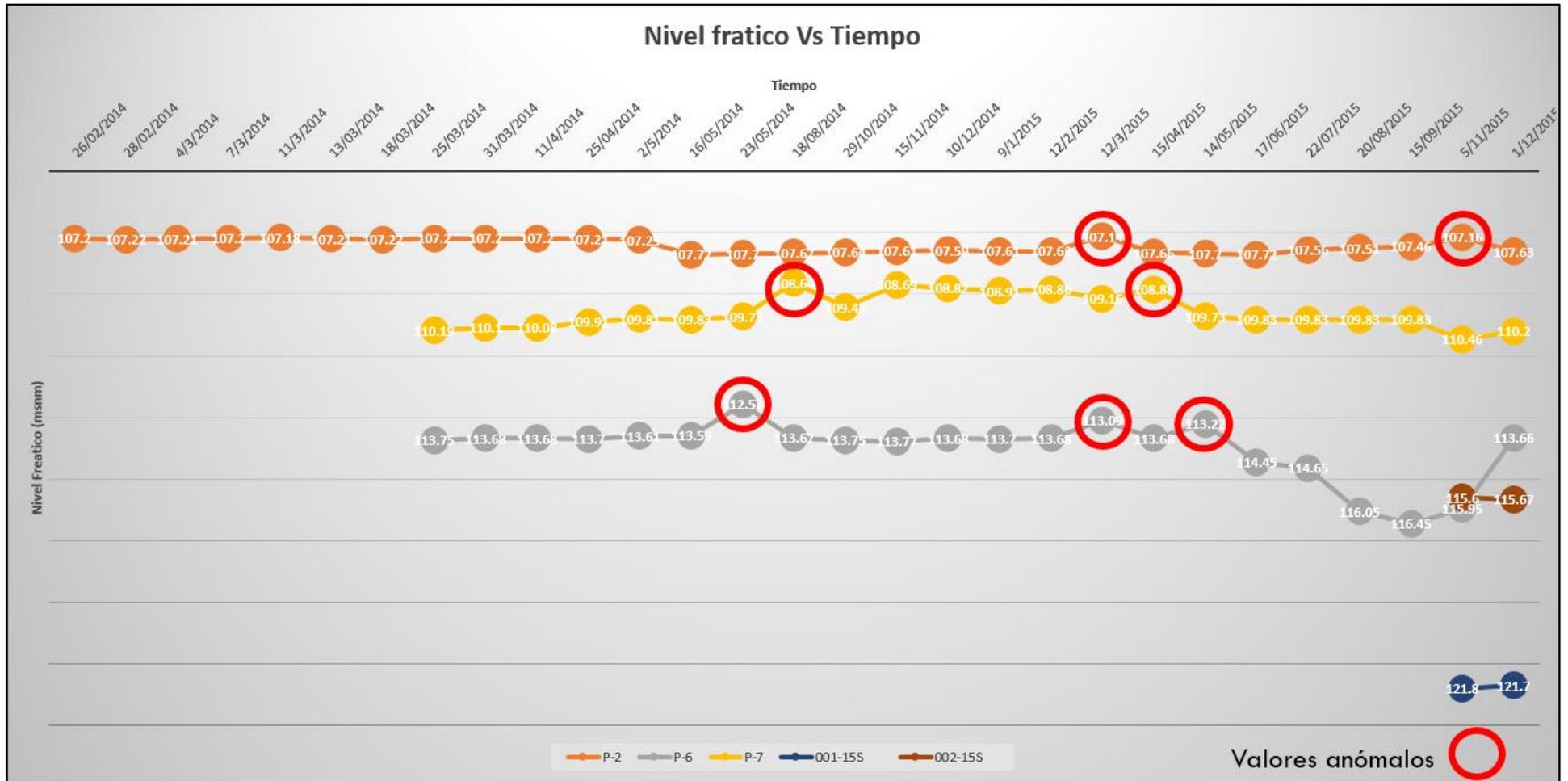
Tabla 6-3: Monitoreo De Nivel freático (msnm)

FECHA DE MONITOREO	Piezómetro P-2 (m.s.n.m.)	Piezómetro P-6 (m.s.n.m.)	Piezómetro P-7 (m.s.n.m.)	Pozo Tubular (m.s.n.m.)	Pozo Tubular 2 (m.s.n.m.)	001-15S (m.s.n.m.)	002-15s (m.s.n.m.)
FECHA	P-2	P-6	P-7	PT 1	PT 2	001-15S	002-15S
26/02/2014	107.2			107.6	107.1		
28/02/2014	107.22			107.6	107.05		
03/04/2014	107.21			107.6	107.1		
03/07/2014	107.2			107.85	106.8		
03/11/2014	107.18			107.62	106.95		
13/03/2014	107.21			108	107.1		
18/03/2014	107.22			107.6	107.02		
25/03/2014	107.2	113.75	110.19	107.55	106.95		
31/03/2014	107.2	113.68	110.1	107.55	106.76		
04/11/2014	107.2	113.68	110.08	107.58	106.7		
25/04/2014	107.21	113.7	109.91	107.6	107		
05/02/2014	107.25	113.61	109.81	107.6	106.65		
16/05/2014	107.72	113.59	109.83	107.8	106.68		

FECHA DE MONITOREO	Piezómetro P-2 (m.s.n.m.)	Piezómetro P-6 (m.s.n.m.)	Piezómetro P-7 (m.s.n.m.)	Pozo Tubular (m.s.n.m.)	Pozo Tubular 2 (m.s.n.m.)	001-15S (m.s.n.m.)	002-15s (m.s.n.m.)
FECHA	P-2	P-6	P-7	PT 1	PT 2	001-15S	002-15S
23/05/2014	107.7	112.57	109.73	107.8	106.7		
18/08/2014	107.67	113.67	108.64	107.85	106.8		
29/10/2014	107.64	113.75	109.43	107.79	106.75		
15/11/2014	107.61	113.77	108.69	107.78	106.76		
12/10/2014	107.59	113.68	108.82	107.82	106.55		
01/09/2015	107.61	113.7	108.91	107.75	106.65		
02/12/2015	107.62	113.68	108.86	107.8	106.72		
03/12/2015	107.14	113.09	109.16	107.65	106.65		
15/04/2015	107.66	113.68	108.86	107.55	106.53		
14/05/2015	107.7	113.22	109.73	107.55	106.46		
17/06/2015	107.72	114.45	109.83	107.5	106.5		
22/07/2015	107.56	114.65	109.83	107.58	106.55		
20/08/2015	107.51	116.05	109.83	107.62	106.5		
15/09/2015	107.46	116.45	109.83	107.7	106.65		
11/05/2015	107.16	115.95	110.46	107.75	106.72	121.8	115.6
12/01/2015	107.63	113.66	110.2	107.7	106.7	121.7	115.67

Fuente: Elaboración Propia.

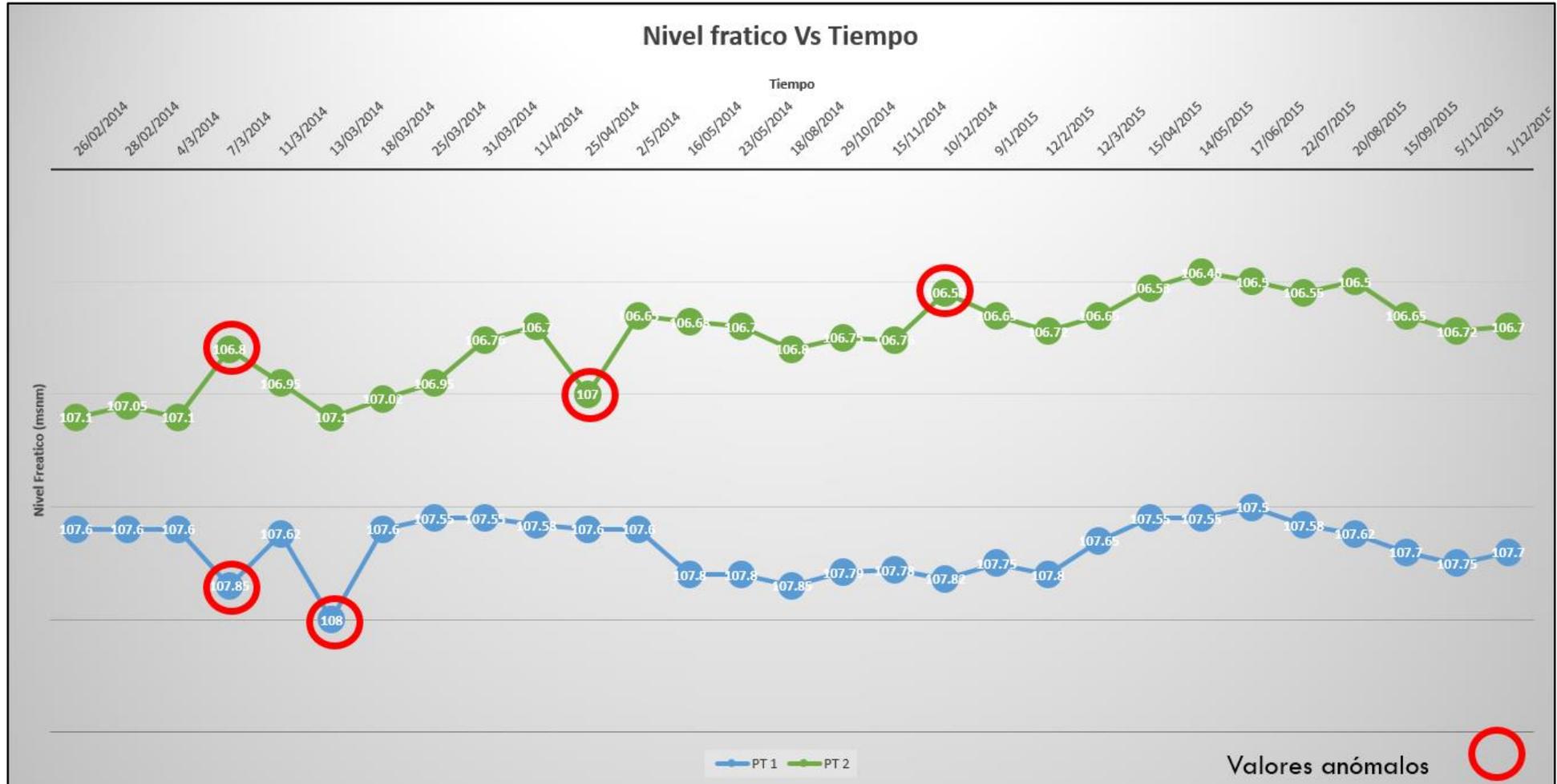
Figura 6-5: Nivel Freático en el tiempo (msnm)



Fuente: Elaboración Propia.

*Valores anómalos; debido posiblemente a variaciones puntuales o errores de personal,

Figura 6-6: Nivel Freático en el tiempo (msnm)



Fuente: Elaboración Propia.

*Valores anómalos; debido posiblemente a variaciones puntuales o errores de personal,

CAPITULO VII

7 PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

7.1 INTRODUCCIÓN

La Geofísica es la física de la Tierra y su ambiente en el espacio; lo mismo que el estudio de la Tierra usando métodos geofísicos. Ésta es usada generalmente para las necesidades de la sociedad, como la búsqueda de recursos minerales, la mitigación de peligros naturales y la protección ambiental. Los datos geofísicos suelen ser usados para analizar los potenciales reservorios de petróleo, localizar agua subterránea, ubicar restos arqueológicos, determinar el espesor de los glaciares y suelos, además de estudiar lugares de remediación ambiental.

El alcance integrado de la geofísica para resolver problemas complicados de geología, hidrología y ambiente actualmente es usado ampliamente, constituyendo muchas veces la parte basal o de arranque de todos los estudios de caracterización de los terrenos. Dentro de todos los métodos geofísicos, los más comunes para explorar agua subterránea son las técnicas eléctricas y electromagnéticas debido a la relación estrecha entre la conductividad eléctrica y las propiedades hidrogeológicas del acuífero (p.e. porosidad, contenido de arcilla, mineralización del agua y grado de saturación del suelo).

Se desarrollaron trabajos de prospección geofísica con la finalidad de identificar la litoestratigrafía e hidroestratigrafía de su área de influencia, entendiendo la naturaleza geológica del lugar mediante datos de campo y la información obtenida de distintas fuentes (INGEMMET, etc.)

7.2 OBJETIVO

Determinar las características hidrogeológicas y las propiedades físicas de las rocas que

conforman el subsuelo, definiendo estructuras y anomalías presentes en el área a través del parámetro de la Resistividad Eléctrica.

Determinar las propiedades físicas que componen la capa subterránea del suelo, mediante la distribución de las velocidades sísmicas compresionales (Ondas “P”), que nos evidencien una mejor comprensión de la calidad y profundidad del posible basamento rocoso presente en el área.

7.3 ESPECIFICACIONES DE CAMPO

Los trabajos de campo se llevaron a cabo entre las fechas comprendidas entre el 25 al 30 de marzo, desarrollándose el método de:

- » Tomografía Geoelectrica (TGE)

Los mismos que se llevaron a cabo de acuerdo a la disposición, para el presente estudio de modelamiento hidrogeológico preliminar, los ensayos geoelectricos se desarrollaron en el área donde se proyecta la relavera 04 (Ver Figura 7-2), tal como se detallan a continuación:

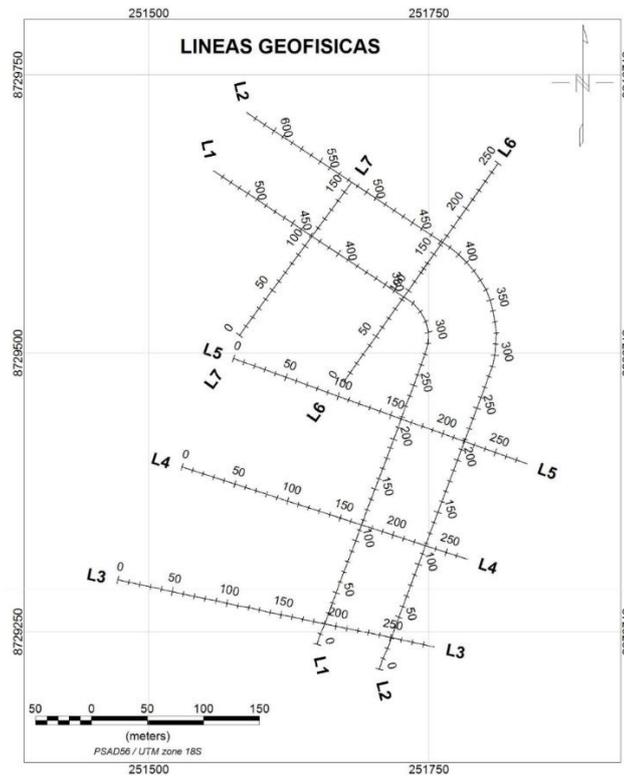
7.3.1 Líneas de Tomografía Geoelectrica

Tabla 7-1: Longitud total –Tomografía Geoelectrica

LINEA	INICIO	FIN	LONGITUD MEDIDA
L1	0	540	540
L2	0	630	630
L3	0	290	290
L4	0	270	270
L5	0	280	280
L6	0	260	260
L7	0	160	160
LONGITUD TOTAL			2.43

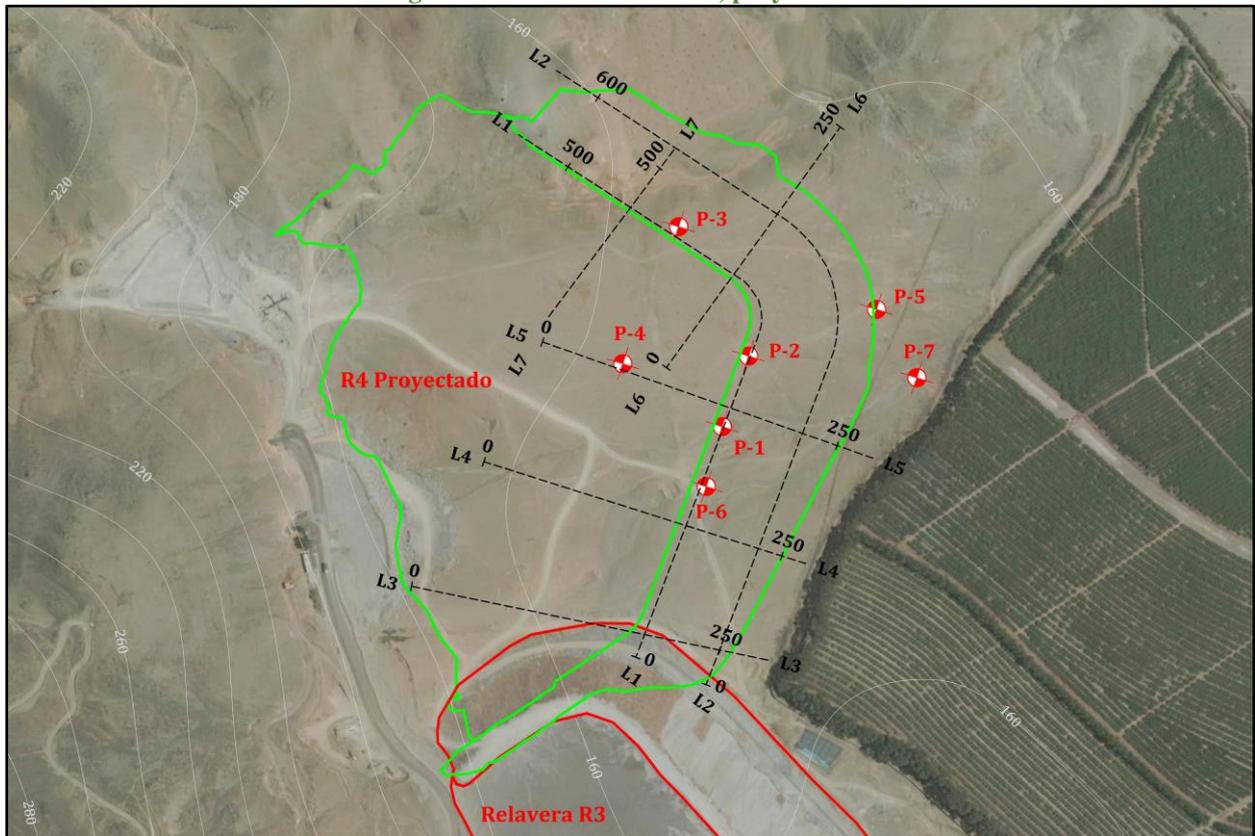
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7-1: Líneas Geofísicas, levantadas con los métodos de Tomografía Geoeléctrica



Fuente: Geoservice (2016)

Figura 7-2: Líneas Geofísicas, proyectadas



Fuente: Elaboración Propia.

7.4 DESCRIPCION DE LOS METODOS GEOFISICOS APLICADOS

Con el fin de obtener mayor información sobre las propiedades físicas del subsuelo e información vertical referente a los métodos a ser aplicados, se realizó un previo reconocimiento del área, para establecer un esquema de trabajo apropiado de acuerdo a los objetivos.

Durante la adquisición de los datos de campo, los responsables del estudio geofísico se encargaron de monitorear continuamente los datos de campo con el fin de garantizar una adecuada adquisición de los mismos, de manera que se pueda eliminar o corregir cualquier problema que pudiera presentarse, debido a factores geológicos, geofísicos o de instrumentación, así mismo para garantizar la calidad, precisión y veracidad de los datos se tomaron mediciones repetidas de forma regular.

Al final de cada día de las operaciones de campo, se realizó una verificación más detallada de los datos, utilizando programas para el control de calidad, verificación y procesamiento de los datos geofísicos.

Los métodos geofísicos aplicados se describen a continuación siendo estos:

- » La tomografía Geoelectrica

7.4.1 Tomografía Geoelectrica (Tge)

La tomografía geoelectrica nos brindan una comprensión de las características físicas de los suelos subterráneos a través de los parámetros físicos de resistividad de diferentes estructuras geológicas, que combinan diferentes variables físicas, como:

- » Porosidad
- » Nivel de saturación en agua

- » Grado de litificación y composición mineralógica

Lo que constituye una herramienta adecuada para definir características hidrogeológicas del terreno a lo largo de las secciones geoelectricas. El resultado final es una imagen en 2D Distancia-Profundidad, que muestra la resistividad real del subsuelo y que, puede ser interpretado en términos geológicos

- » Especificaciones del levantamiento

El levantamiento se realizó a lo largo de 09 líneas, que cubrió con un total de 2.43 Km lineales, distribuidas en 07 Líneas, tal como se aprecia en la Tabla 6-1.

- » Parámetros Técnicos del levantamiento

7.4.1.1 Parámetros de adquisición:

Mediciones: Dominio de tiempo

Configuración : Polo-Dipolo

Extensión del dipolo (a) : 10 metros

Niveles de lectura : N10

Salida de energía : 7.2 Kw.

Salida de Intensidad de corriente : 1 – 3 Amperios Resistencia de contacto: 1.0 – 2.0 KOhm.

Ciclo operativo : 2.0 segundos

Ventanas de medición : 20 ventanas de 80 miliseg.

Modo de integración : Semi-logarítmico.

Tiempo de Retardo (Mv/v) : 240 miliseg.

Software de Procesamiento : Oasis Montaj.

Software de Inversión : DCIP2D (University of British Columbia-UBC-Canadá)

Equipos:

Receptor : IRIS ELREC - PRO

Transmisor : GDD de 7.2 Kw. – Modelo TX II

Motor Generador : HONDA 6500 CSX

Accesorios : Electrodo impolarizables, cables, radios.

Figura 7-3: Equipos de Adquisición y transmisión Empleados (Receptor Iris ElRec Pro y Transmisor GDD, respectivamente) en Tomografía Geoelectrica.



Fuente: Geoservice (2016)

7.5 INTERPRETACION

7.5.1 Tomografía Geoelectrica (Tge)

La interpretación fue hecha mediante el análisis de las diferentes secciones Geoelectricas obtenidas, generándose también un modelo de iso-resistividades en 3-D con el que se infiere la orientación y dirección de las principales zonas Conductivas las que se encuentran a diferentes profundidades, así como la presencia de un casquete menos saturado de mayor resistividad en superficie. Las resistividades en el área de estudio, varía desde los 5 Ohm-m, alcanzando valores que superan los 180 Ohm-m, lo cual es indicativo de un ambiente geológico

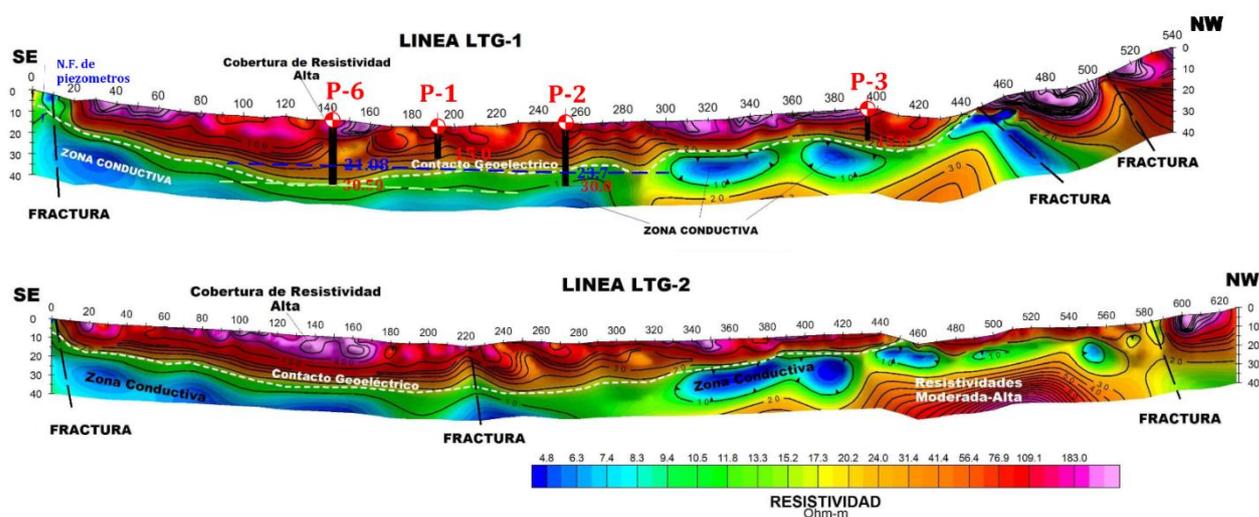
complejo conductivo.

Se ha podido distinguir y diferenciar zonas saturadas, que se caracteriza por presentar resistividades muy bajas debido a su mayor porosidad, menor grado de litificación y mayor saturación en relación con la zona de resistividades altas relacionadas a una mayor concentración de arcillas que presentan alta concentración de sales disueltas en su constitución.

Las secciones que se describen a continuación, han sido determinadas mediante la aplicación de los programas de inversión DCIP2D y OASIS MONTAJ, cuyo objetivo es encontrar un modelo de distribución de resistividades verdaderas en el subsuelo a partir de métodos de elementos finitos o diferencias finitas, pudiendo definirse, materiales permeables e impermeables a lo largo de estas secciones.

En primera instancia se hará una descripción de las secciones levantadas en términos cualitativos y cuantitativos, diferenciando las principales zonas de saturación, debido a su baja resistividad como respuesta a una mayor concentración de sales disueltas, fuerte fracturamiento y/o mayor grado de alteración de la roca, diferenciándolos de zonas menos saturadas, de mayores resistividades.

Figura 7-4: Líneas de Tomografía LTG-1 y LTG-2,

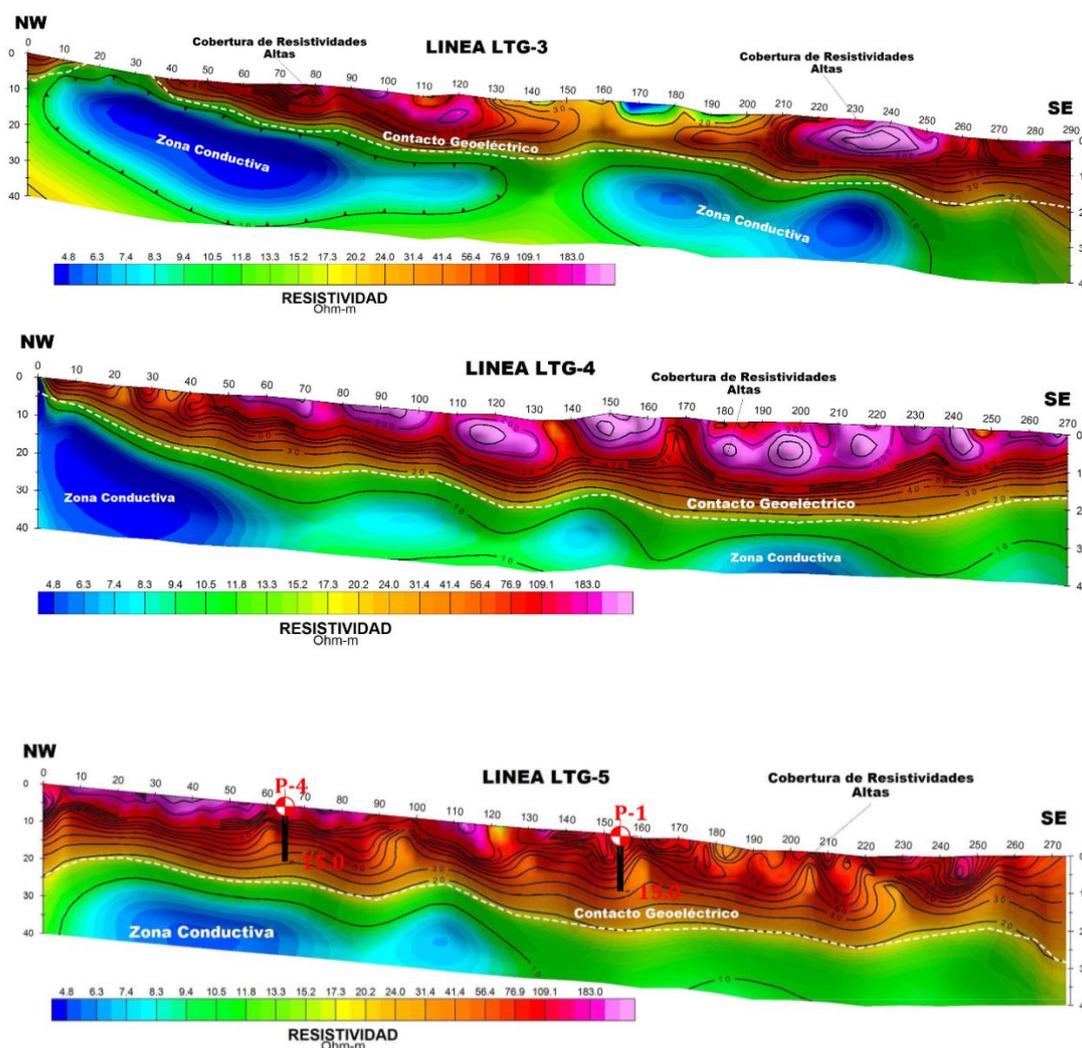


Fuente: Geoservice (2016)

Se presenta un casquete en superficie (Cobertura) con profundidades variables, que van entre 8m y 20m con resistividades mayores a 30 Ohm-m, alcanzando en ciertas áreas valores que superan los 100 Ohm-m, Este casquete sobreyace a una zona de alta conductividad con resistividades menores a 10 Ohm-m., que evidencia la posible presencia de arcillas saturadas con alto contenido de sales disueltas.

Al NW en profundidad se definen resistividades Moderadas-Altas, que pueden estar indicando la presencia de basamento rocoso menos fracturado con menor grado de saturación.

Figura 7-5: Líneas de Tomografía LTG-3, LTG-4 y LTG-5

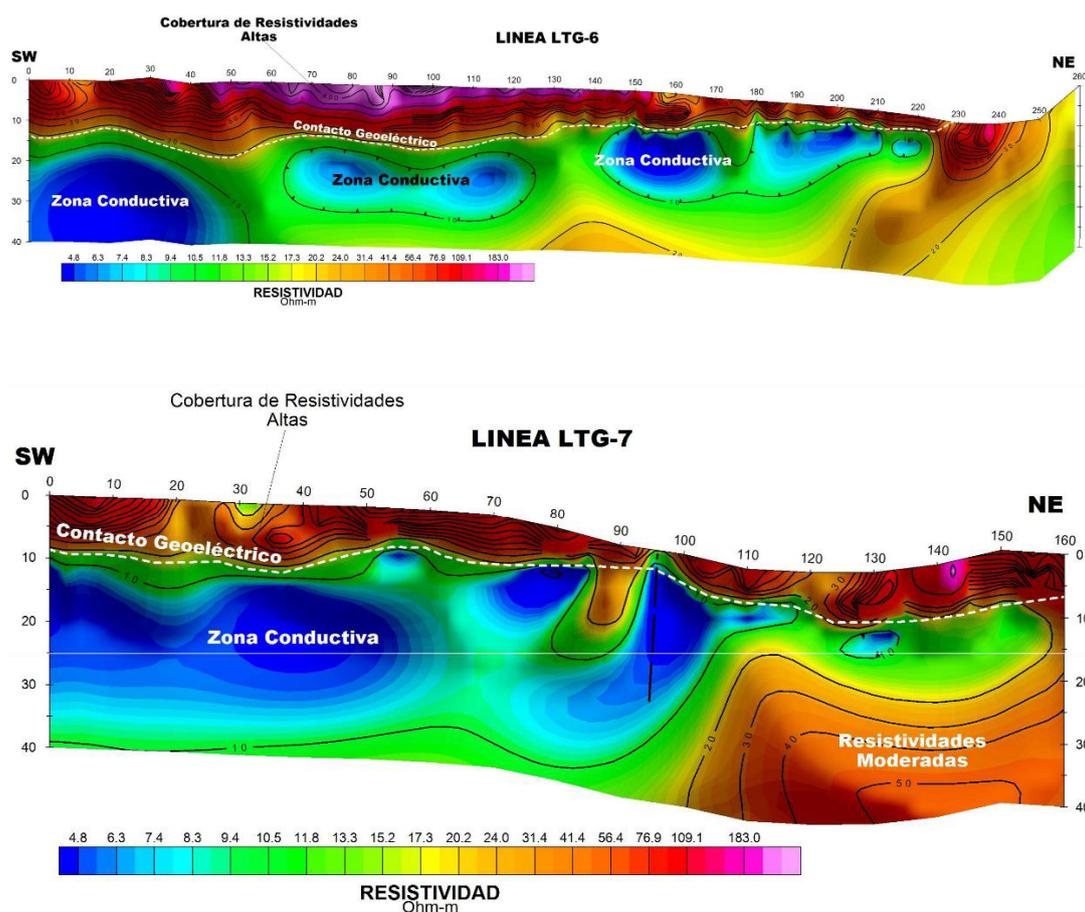


Fuente: Geoservice (2016)

Se caracterizan por presentar en superficie un casquete de Resistividades altas relacionadas

a material no consolidados poco saturados, que sobreyace a un estrato de material conductivo con resistividades menores a 30 Ohm-m, donde resaltan zonas de alta conductividad relacionadas a material arcilloso con mayor concentración de sales disueltas.

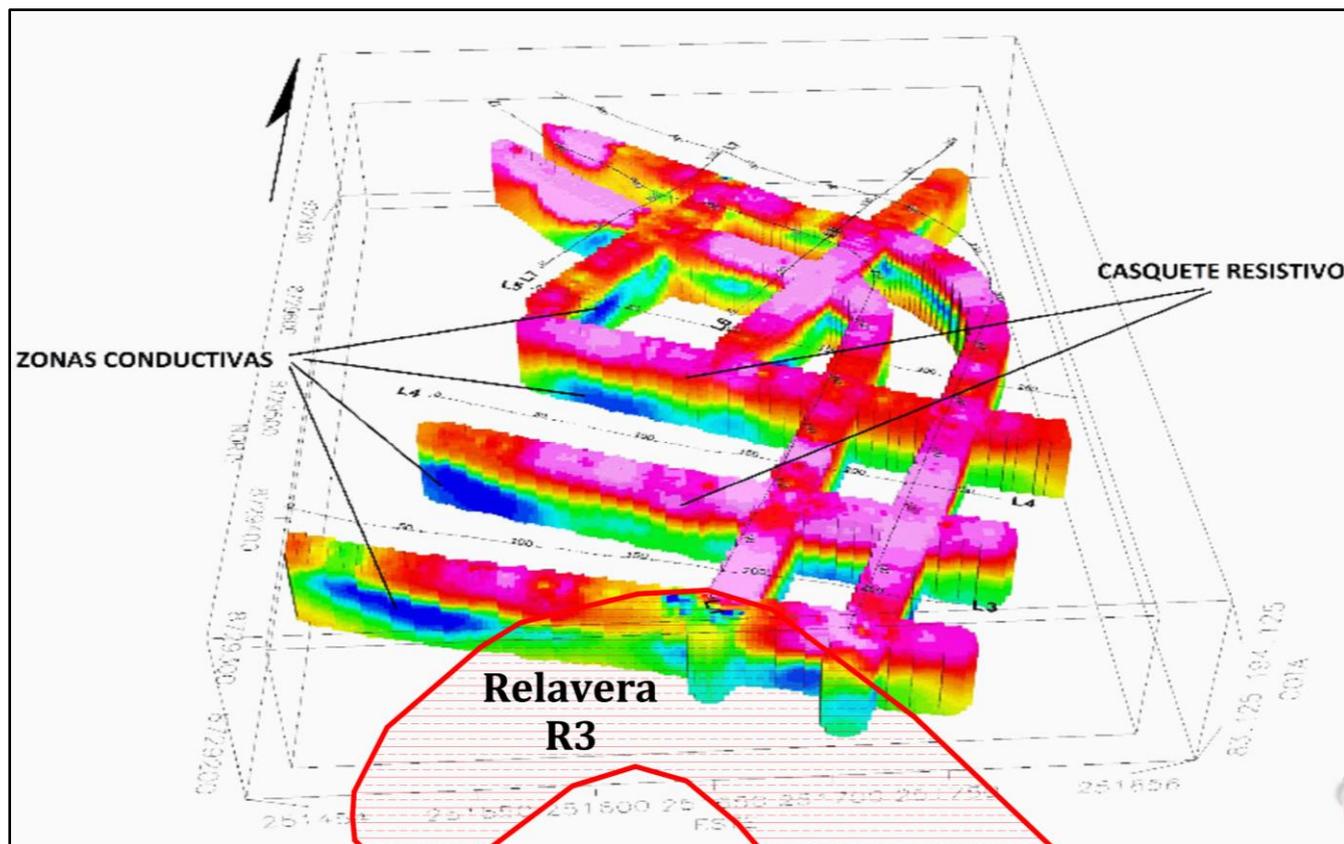
Figura 7-6: Líneas de Tomografía Geoeléctrica LTG-6 y LTG-7



Fuente: Geoservice (2016)

Con características similares a las anteriores con presencia de resistividades moderadas en profundidad, al NE de estas, desde las estaciones 230 y 110 respectivamente, relacionadas posiblemente a la presencia de basamento rocoso fracturado, moderadamente saturado.

Figura 7-7: Vistas en 3-D de TGE



Fuente: Geoservice (2016)

Donde se pueden apreciar zonas de alta conductividad con orientación SW-NE, presentes en las líneas LTG-3, LTG4 y LTG-5 al inicio de las mismas (Fig. Superior e Inferior) y otras con orientación SE- NW entre las líneas LTG- 6 y LTG-7.

En estas se evidencia la presencia de un estrato en superficie con resistividades altas (Zonas conductivas; las cuales nos indican una posible dirección de pluma contaminante).

CAPITULO VIII

8 DISEÑO CIVIL DE LA REALAVERA

8.1 INTRODUCCIÓN

La construcción de nuevo depósito de relaves Proyectoado, será llevado a cabo en 4 etapas, considerando la primera de ellas la implementación de un dique de arranque.

La sobreelevación del depósito de relaves proyectado será llevada a cabo mediante el método de línea central, utilizando los relaves gruesos producto del proceso de cicloneado de la pulpa de relaves.

El volumen de almacenamiento adicional netamente del depósito será de aproximadamente 1 877 615 m³, lo que permitirá una vida útil de aproximadamente 07 años.

8.2 OBJETIVO

El objetivo del Capítulo es de dar los alcances sobre diseño de la Relavera Proyectoada, presentar las consideraciones técnicas y cálculos justificativos necesarios que garanticen su funcionalidad durante su periodo de vida útil.

En el presente acápite se presenta los criterios de diseño aplicados para el proyecto. Los criterios de diseño están sustentados por investigaciones y estudios.

Presentar las características técnicas que se tomara para impermeabilizar el vaso del Depósito de Relaves Proyectoado. Para evitar una posible infiltración hacia las aguas subterráneas de la zona del proyecto.

8.3 CRITERIOS DE DISEÑO

El Depósito de Relaves Proyectoado tendrá como cota máxima final 168 msnm, siendo su

cota de terreno de 133 msnm, para un volumen final de 1,877,615.00 m³ de relave fino.

A continuación, se presentan los criterios de diseño considerado para las principales obras componentes para la construcción del nuevo depósito de relaves N° 4.

Tabla 8-1: Criterios de Generales

Item	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
1.01	Ubicación del área de estudio	Distrito de Huaral, provincia de Huaral y departamento de Lima
1.02	Mineral extraído	Cu, Pb y Zn
1.03	Topografía actualizada de la zona de estudio	Curvas de nivel a cada 1.0 m
1.04	Objetivo del estudio	Construcción del nuevo depósito de relaves N° 4
1.05	Tipo de presa	Presa de arena de relaves gruesos con dique de arranque interior con material de préstamo
1.06	Sistema constructivo	Línea central
1.07	Propósito del recrecimiento de la presa	Almacenamiento de relaves Cota 168 msnm (1 877 615 m ³)
1.08	Cota de terreno	133 msnm
1.09	Cota de corona de dique de arranque	137 msnm
1.1	Cota máxima de recrecimiento de la presa	168 msnm
1.11	Producción diaria de relave fino (volumen)	835.22 m ³
1.12	Producción diaria de relave grueso (volumen)	596.92 m ³
1.13	Volumen de relave fino a ser depositado en el embalse	1,877,615.00
1.14	Volumen adicional de relave grueso a ser depositado en la presa	1,251,743.33
1.15	Vida útil adicional de la presa	7 años

Tabla 8-2: Criterios de Geométricos de la presa (Dique)

Ítem	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
2.01	Altura total	38 m (130 msnm a 168 msnm)
2.02	Borde libre	1.00 m (167 msnm)
2.03	Talud aguas abajo	2.0 H : 1.0 V y 2.5 H : 1.0 V
2.04	Talud aguas arriba	1.0 H : 1.0 V

2.05	Ancho de la corona	6.0 m.
2.06	Longitud de corona (Etapa Final)	750

Fuente: Minera Colquisiri (2016)

Tabla 8-3: Criterios de las características de los Relaves

Ítem	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
3.10	Overflow	
3.1.1	Porcentaje de relaves finos con respecto al relave total	58.32%
3.1.2	Densidad Seca del relave fino	1.114 t/m ³
3.1.3	Contenido de solidos	15.35%
3.1.4	Gravedad específica	3.00
3.20	Underflow	
3.2.1	Porcentaje de relaves gruesos con respecto al relave total	41.68%
3.2.2	Densidad de la pulpa	2.125 t/m ³
3.2.3	Contenido de solidos	77.01%
3.2.4	Gravedad específica	3.20

Fuente: Minera Colquisiri (2016)

8.4 MÉTODO DE SOBREELEVACIÓN

La sobreelevación del depósito de relaves N° 4 será ejecutada mediante el método de línea central.

Este procedimiento de sobreelevación de presa permitirá mantener rangos aceptables de relaves gruesos para la conformación de la presa, evitando la utilización de grandes cantidades de material de préstamo para la conformación del dique.

Sin embargo, el inicio de la operación del depósito N° 4 requerirá de un dique de arranque evitando el derrame de los relaves finos vertidos en el depósito en los primeros meses de operación.

8.5 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

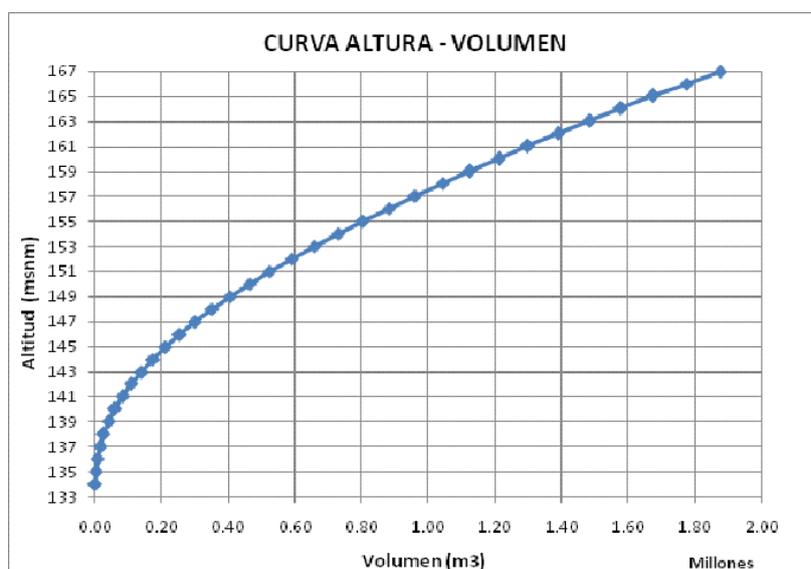
El depósito de relaves N° 4 tendrá una altura total de 35 metros, desde la cota 133 hasta la cota 168 msnm. A continuación, se presenta la curva Altura – Volumen:

Tabla 8-4: Altura - Volumen

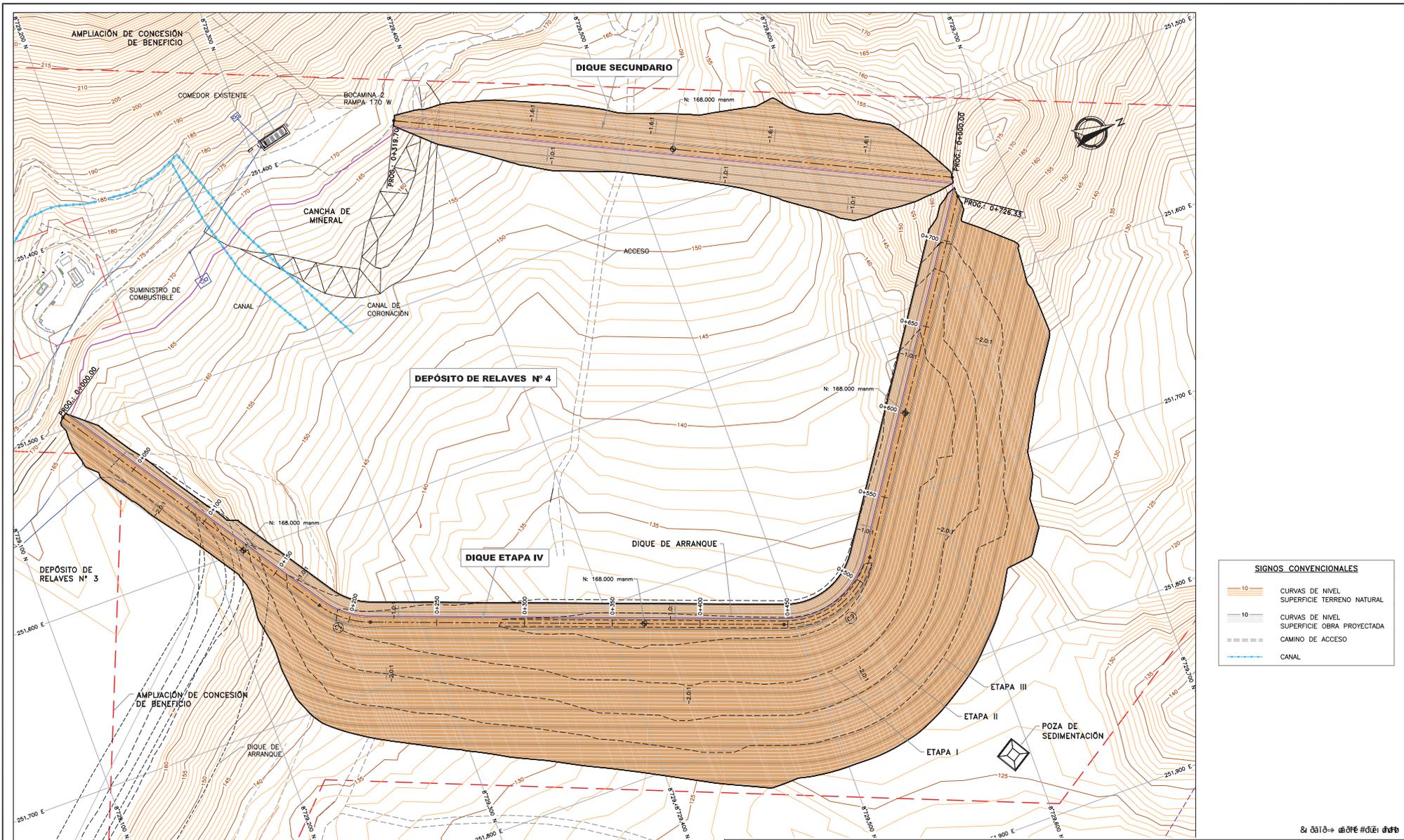
COTA	ÁREA	V. PARCIAL	C. ACUMULADO
133	242.42		
134	1,373.73	808.08	808.08
135	3,552.90	2,463.32	3,271.40
136	6,187.86	4,870.38	8,141.78
137	9,046.67	7,617.26	15,759.04
138	12,293.88	10,670.28	26,429.31
139	16,586.94	14,440.41	40,869.72
140	20,867.74	18,727.34	59,597.06
141	24,910.47	22,889.10	82,486.17
142	28,739.93	26,825.20	109,311.37
143	32,423.28	30,581.61	139,892.97
144	36,032.88	34,228.08	174,121.05
145	40,410.40	38,221.64	212,342.69
146	44,411.26	42,410.83	254,753.52
147	48,262.49	46,336.87	301,090.40
148	52,052.39	50,157.44	351,247.84
149	55,746.48	53,899.43	405,147.27
150	59,591.26	57,668.87	462,816.14
151	63,234.53	61,412.89	524,229.03
152	67,020.18	65,127.36	589,356.39
153	70,454.76	68,737.47	658,093.86
154	73,363.27	71,909.01	730,002.88
155	75,756.03	74,559.65	804,562.53
156	78,042.41	76,899.22	881,461.75
157	80,311.89	79,177.15	960,638.90
158	82,519.96	81,415.92	1,042,054.82
159	84,708.90	83,614.43	1,125,669.25
160	86,897.48	85,803.19	1,211,472.44
161	89,298.83	88,098.16	1,299,570.60
162	91,562.93	90,430.88	1,390,001.48
163	94,017.51	92,790.22	1,482,791.70
164	96,456.16	95,236.84	1,578,028.53
165	98,719.77	97,587.97	1,675,616.50
166	100,996.12	99,857.95	1,775,474.44
167	103,285.82	102,140.97	1,877,615.42

Fuente: Minera Colquisiri (2016)

Figura 8-1: Curva Altura vs Volumen



Fuente: Minera Colquisiri (2016)



8 2 0 1 0 2 0 3 0 4 0 5 0 6 0 7 0 8 0 9 0 1 0 0



PLANTA
Esc.: 1/1,000

Tesis:
**ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL
PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA -
HUARAL**

Titular:



E Q Ingeniería Geologica

Autor:
Bach. Johnnie H. Ramos Ayala

Aesor:
Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra

Información Geográfica:
Proyección: UTM
Datum: WGS 84
Zona: 18s

Ubicación:
Distritos : Chancy-Huaral
Provincia : Huaral
Departamento : Lima



UNMSM

Fecha:
Abril 2021

Escala:
1:1000

Plano:
DISEÑO DE RELAVERA N°4

Lamina:
Figura 8-2

CAPITULO IX

9 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

9.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo contiene la descripción de las características hidrogeológicas del reservorio acuífero presente en el entorno de trabajo donde será emplazado el Depósito de Relaves Proyectado.

Dentro del área del proyecto no existe presencia de flujo de agua Superficial u afloramiento de agua subterránea por encontrarse sobre un basamento rocoso impermeable conformado por rocas volcánicas (Acuitardo Volcánico) de la Formación Quilmana e Huarangal y en menor extensión rocas intrusivas (Acuifugo) de composición Granodiorita-Tonalitas, granodiorita y Tonalita-Diorita pertenecientes al complejo de Santa Rosa y Granito Jecuan en la zona alta del cerro La Mina.

El sistema de recarga es el que se produce por la lenta infiltración de la lluvia desde la superficie, es decir la infiltración que se produce a través de los materiales del cuaternario no consolidados o parcialmente consolidados o entornos fracturados en las intercuenca dentro de la región hidrográfica del Pacífico.

El reservorio acuífero en la zona de estudio se encuentra dividido en cuatro zonas importantes; la primera de ellas constituida por el Acuífero Superficial Poroso no Consolidado, representados por depósitos aluviales; el segundo por Acuífero Poroso no Consolidado, representados por depósitos Coluviales-eólicos, el tercero Acuitardo Volcánico constituido por rocas de origen volcánico y Acuifugo conformado por rocas de origen plutónico.

El reservorio acuífero en la zona de estudio es libre, cuyos límites laterales y en profundidad lo determinan las rocas de baja permeabilidad que conforman la cubeta donde albergan los

depósitos sedimentarios.

Mediante la descripción del presente capítulo y los siguientes capítulos, definirán el origen, comportamiento del movimiento de flujo, la interrelación agua superficial – agua subterránea que atraviesa el medio detrítico.

9.2 GEOMETRÍA DEL RESERVORIO ACUÍFERO

9.2.1 Formas y límites

La geometría del reservorio acuífero de la zona de estudio, es de forma poligonal irregular con flancos moderadamente empinados; de tipo libre conformado por los depósitos de materiales no consolidados; delimitado lateralmente y en profundidad rocas volcánicas (Acuitardo Volcánico) y por rocas ígneas (Acuífugo) representando el basamento impermeable conformado por rocas de composición tonalitas-granodioritas y tonalitas-dioritas.

9.2.2 Caracterización Geológica

9.2.2.1 Características litológicas

Basándose en los resultados de los estudios geológicos realizados para el presente estudio, así como del análisis de algunas cartas geológicas, investigaciones hidrogeológicas de la zona de estudio y de la investigación geofísica realizada; ha sido posible determinar la litología del acuífero.

- » **Rocas Volcánicas.** - Derrames andesíticos masivos de textura porfírica.
- » **Rocas Intrusivas.** - Materiales rocosos de origen plutónico, de composición tonalitas-granodiorita, y tonalitas-dioritas.
- » **Deposito coluviales - eólico.** - Capas de de arenas de grano fino y material suelto.

- » **Depósitos Aluviales.** - Se depositan en las laderas y cauce de las quebradas secas. Están compuestas litológicamente por arena suelta semiconsolidada, rodados y gravas.

9.3 HIDROESTRATIGRAFÍA

Los materiales que de preferencia son propicios como medios permeables son los depósitos sedimentarios aluviales, coluviales y eólicos presentes en el entorno del proyecto. La permeabilidad de éstos depende básicamente de la cantidad de arcilla que se presente dentro de la composición de los suelos y del grado de compactación y cementación que tengan.

Una unidad hidroestratigráfica se caracteriza por el grado variable de almacenar y transmitir agua; bajo este punto de vista la terminología aplicada a cada unidad hidrogeológica será la siguiente:

9.3.1 Acuíferos

- » Acuífero Poroso No Consolidado

Se restringe a los materiales cuaternarios, las cuales están situadas en las quebradas secas del área del proyecto, materiales aluviales y coluviales.

Se trata de acumulaciones de material de algunos metros de espesor máximo que se comportarán como un acuífero propiamente dicho favoreciendo el flujo horizontal a través de las capas sedimentarias de permeabilidad diferencial que los conforman.

- » ACUITARDO

Son unidades hidrogeológicas que contienen agua y la transmiten muy lentamente. Los Acuitardos representan otras unidades hidrogeológicas muy diferenciables en la zona de estudio. Se caracterizan por ser poco productores de agua y que, al ser estratos poco permeables, controlan la descarga y el flujo de las aguas subterráneas.

La acumulación y descarga de aguas subterráneas en este tipo de rocas es local, pero debido a su poca capacidad de almacenamiento, localmente pueden tener cierta importancia en aquellas zonas fracturadas.

En el área de estudio la conforman las rocas volcánicas (Formación quilmana y huarangal) compuesta por derrame andesíticos masivos de textura porfírica y en menor doleríticas y diabasas.

» ACUIFUGO

Esta unidad hidrogeológica no posee capacidad de circulación ni de retención de agua subterránea. Comportamiento propio de roca fresca no alterada ni fracturada. Son rocas totalmente impermeables y se comportan como sello, es decir, condicionan el almacenamiento en otras unidades rocosas permeables. En el área de estudio está conformado por las rocas intrusivas de composición granodiorítica-tonalítica y tonalitas-dioríticas del complejo de Santa Rosa y granodioritas del granito de Jecuan. (Ver Figura 9-1)

Localmente la percolación es casi nula, tanto en época seca como época húmeda; debido a la poca precipitación anual y la alta evapotranspiración presente en la zona del proyecto

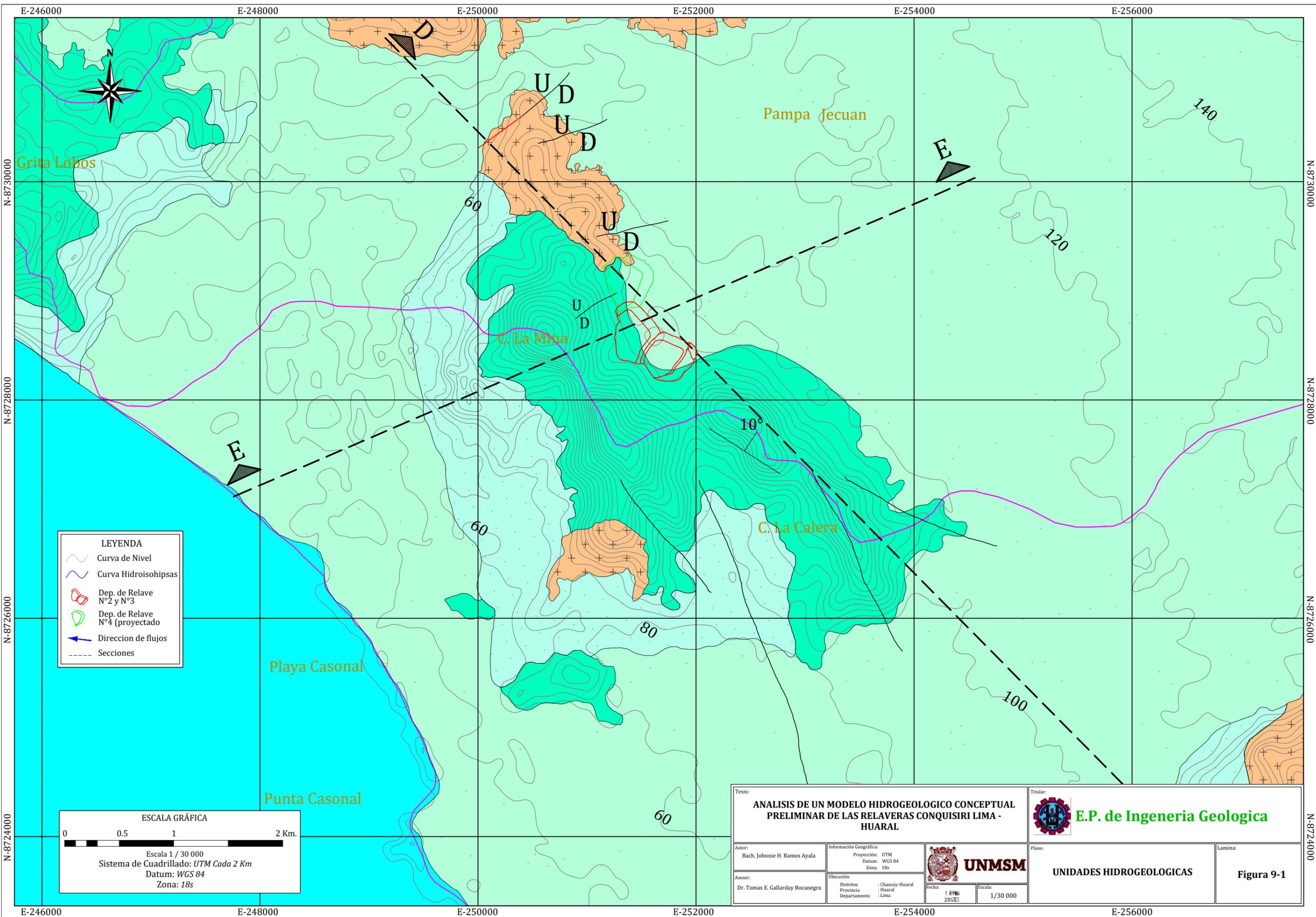


Tabla 9-1: Clasificación de Unidades Hidrogeológicas

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO						
Unidades Hidro estratigráficas	Conductividad		Espesor (m)	Porosidad Total *	Porosidad Eficaz *	Clasificación
	Hidráulica	(m/s)				
ACUÍFEROS POROSO NO CONSOLIDADO						
DEPÓSITO Eólico, Coluvial	7.1x10 ⁻³ - 7.1x10 ⁻⁴ (**)	1 a 3 (**)	20 - 50	10 - 28		Acuífero libre, material suelto no consolidado, arenas de grano fino.
DEPÓSITO ALUVIAL	1.6x10 ⁻⁴ - 1.6x10 ⁻⁵ (**)	10 a 30 (**)	21 - 50	13 - 26		Acuífero libre, con porosidad granular, gravas angulosas a sub redondeada, grava limosa.
ROCAS						
UNIDADES VOLCÁNICAS (Fracturado)	Formación Quilma y Huarangal	2.75x10 ⁻⁶ - 6.338x10 ⁻⁶ (**)	25-30 (**)	08 - 15	0,005	Acuífero Fisurado (roca de tipo andesita alterada y fragmentada)
UNIDADES VOLCÁNICAS (competente)	Formación Quilma y Huarangal	6.865x10 ⁻⁶ - 1.56x10 ⁻⁷ (**)	200 - 300 (***)	1 - 10	0,0005	Acuitardo en Roca Volcánica (tobas dacítico- riolíticas con intercalaciones de areniscas y brechas andesíticas)
UNIDADES INTRUSIVAS	Granito Jecuan y Complejo de santa Rosa	3.2x10 ⁻⁷ - 3.2x10 ⁻⁸	>500 (***)	0,01-1	0,00005- 0,01	Acuífero Intrusivo, granodiorita-tonalita,

Fuente: Elaboración Propia.

*Valores estimados de porosidad (%), según Sanders (1998)

** Valores obtenidos de ensayos de perforaciones diamantinas (2015)

*** Valores referenciales del boletín geológico ingemmet (A26, 1973)

9.3.2 Tipo de acuífero

El acuífero jecuan, ubicado en el área de la zona de investigación, es de tipo libre este se encuentra definido por los depósitos no consolidados, depósitos aluviales, los cuales se encuentran subyacidos por material poco permeable comprendido por las rocas Volcánicas de la Formación Huarangal y Quilmana del grupo Casma en la zona baja de la intercuenca de estudio y además por materiales impermeables comprendidos por derrames andesíticos, y rocas intrusivas de composición por tonalitas-granodiorita y tonalita-diorita; como muestran las

investigaciones hidrogeológicas y geofísicas realizadas en la etapa de campo.

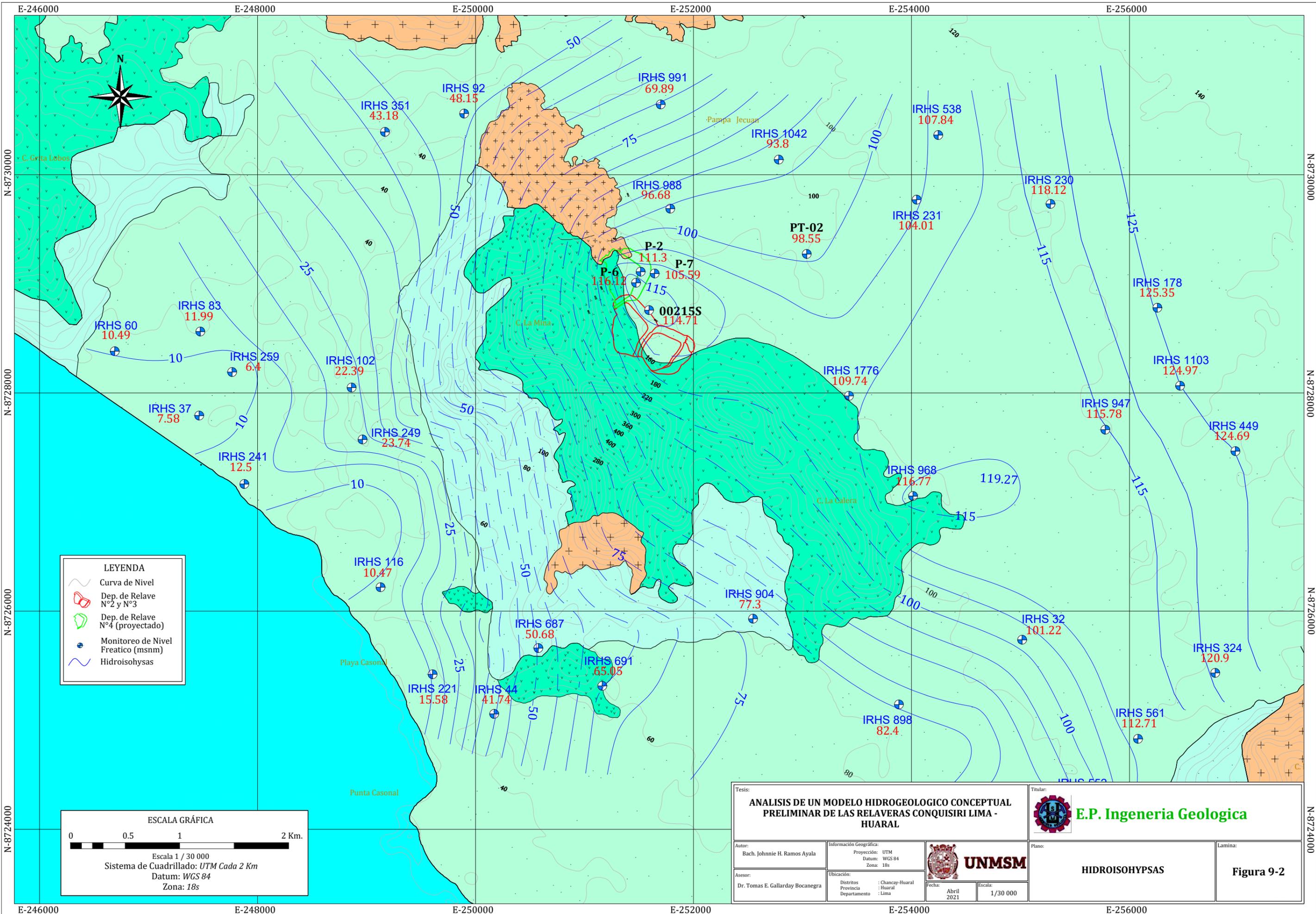
9.3.3 Nivel Freático

En el área de estudio se ha identificado el nivel freático ubicado en el depósito aluvial compuesto por material de arenas y gravas encontrándose a profundidades variables de 16 metros hasta 23 metros de profundidad con respecto a la superficie, regido por un basamento impermeable compuesto por rocas volcánicas de la Formación Quilmana y Formación Huarangal pertenecientes al grupo Casma.

Además de los monitoreos de N.F realizados en la minera, se ha obtenido los monitoreos de nivel freático tomados por el ALA de Huaral, que abarca la extensión de la denominada acuífero Jecuan.

En la siguiente Figura 9-2, se muestra la ubicación de los monitoreos de nivel freático , con la información del monitoreo del nivel del agua subterránea, se ha preparado el mapa de hidroisohipsas del área de estudio.

Igualmente, en la siguiente Figura 9-2 se muestra las hidroisohipsas del área de estudio.



LEYENDA

- Curva de Nivel
- Dep. de Relave N°2 y N°3
- Dep. de Relave N°4 (proyectado)
- Monitoreo de Nivel Freatico (msnm)
- Hidroisohypsas

ESCALA GRÁFICA

0 0.5 1 2 Km.

Escala 1 / 30 000
 Sistema de Cuadrillado: UTM Cada 2 Km
 Datum: WGS 84
 Zona: 18s

Tesis: ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL		Titular: E.P. Ingeniería Geológica	
Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala	Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s	UNMSM	
Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra	Ubicación: : Chancay-Huaral : Huaral : Lima		
		Fecha: Abril 2021	Escala: 1/30 000
		Plano: HIDROISOHYPASAS	
		Lamina: Figura 9-2	

CAPITULO IX

10 PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS

10.1 INTRODUCCIÓN

En el caso de los estudios hidrogeológicos, un punto fundamental en las investigaciones a tener en cuenta son las propiedades hidráulicas, esto con el fin de poder determinar su movilidad, almacenamiento y índice de rapidez de percolación de las aguas subterráneas.

10.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO

Con la finalidad de determinar las condiciones hidrogeológicas que imperan en el área de estudio, se realizaron las siguientes investigaciones de campo:

10.2.1 Perforaciones Diamantinas

Estas investigaciones tuvieron por finalidad:

- » Determinar el perfil estratigráfico del subsuelo de la zona de interés y sus valores de permeabilidad

En las 7 perforaciones se instalaron piezómetros hidráulicos con el fin de monitorear las variaciones del nivel de las aguas subterráneas.

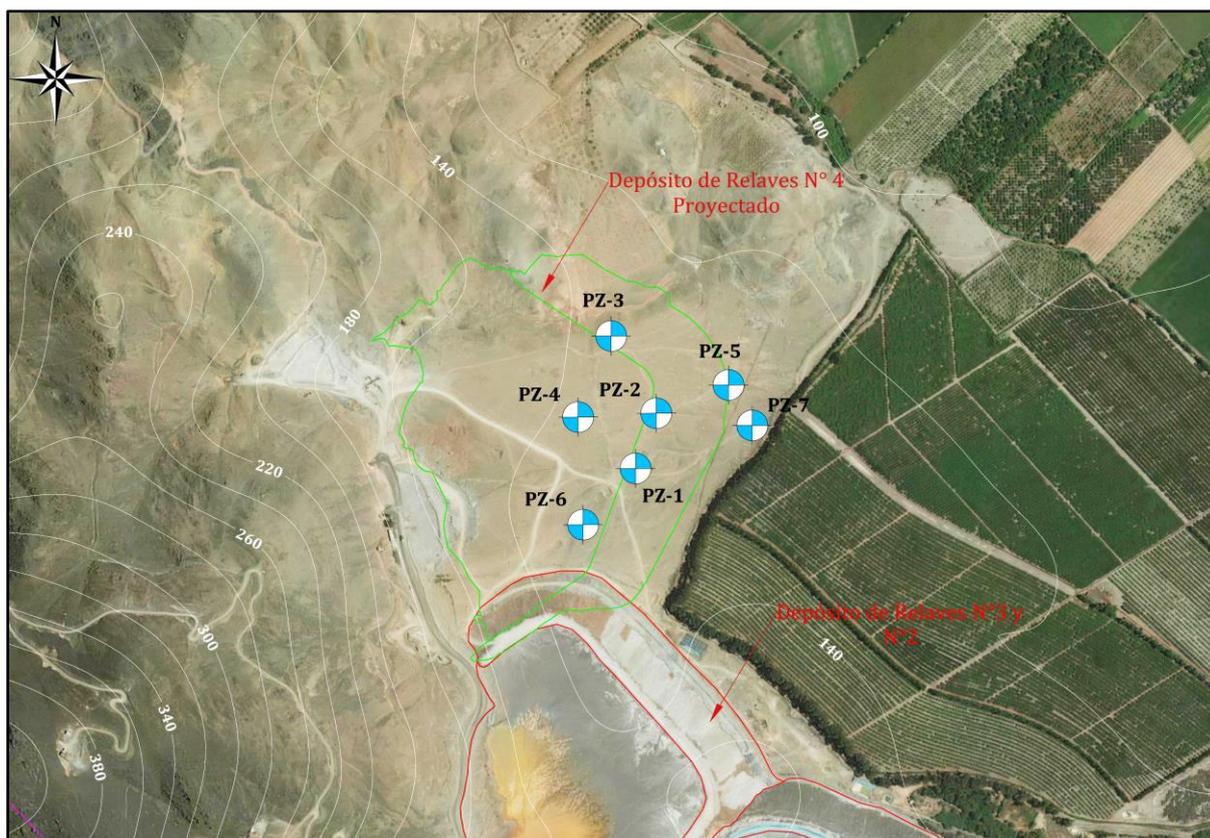
Tabla 10-1: Ubicación de Perforaciones diamantinas

Perforación	Coordenadas		Cota (msnm)	Profundidad Alcanzada (m)	Número de ensayos de permeabilidad
	Norte	Este			
P-1	8729036.690	251486.970	133.8	15.00	3
P-2	8729110.993	251514.632	131.2	30.00	6
P-3	8729214.975	251454.464	135.5	15.00	3
P-4	8729105.811	251410.293	138.5	15.00	3
P-5	8729149.085	251611.037	126.5	15.00	3
P-6	8729009.610	251471.960	135.0	50.00	10

Perforación	Coordenadas		Cota (msnm)	Profundidad Alcanzada (m)	Número de ensayos de permeabilidad
	Norte	Este			
P-7	8729094.610	251642.970	127.0	50.00	10
Total				190.00	38

Fuente: Geoservice, 2016

Figura 10-1: Ubicación de Piezómetros



Fuente: Elaboración Propia

10.2.2 Perfil estratigráfico del subsuelo

En los siguientes cuadros, se presentan en forma resumida los perfiles estratigráficos de los materiales geológicos atravesados por las perforaciones

Tabla 10-2: Registro de Perforación Diamantina P-1

Profundidad (m)	Descripción
00.0-2.00	Depósito aluvial: arenas limosas

Profundidad (m)	Descripción
2.00-3.30	Depósito aluvial: arena mal graduada
3.30-4.00	Depósito aluvial: arenas limosas
4.00-10.70	Depósito aluvial: arena mal graduada
10.70-15.0	Depósito aluvial: grava mal graduada con arena

Fuente: Geoservice, 2016

Tabla 10-3: Registro de Perforación Diamantina P-2

Profundidad (m)	Descripción
0.0-4.40	Depósito aluvial: Gravas limosas
4.40-30.00	Depósito aluvial: gravas mal graduadas con arenas

Fuente: Geoservice, 2016

Tabla 10-4: Registro de Perforación Diamantina P-3

Profundidad (m)	Descripción
0.00-3.40	Depósito aluvial: Gravas Limosas
3.40-5.00	Depósito aluvial: gravas mal graduadas
5.00-10.00	Depósito aluvial: gravas mal graduadas limosas
10.0-10.60	Depósito aluvial: gravas mal graduadas
10.60-12.20	Depósito aluvial: gravas mal graduadas
12.20-13.60	Depósito aluvial: gravas mal graduadas
13.60-14.00	Depósito aluvial: gravas limosas
14.00-15.00	Depósito aluvial: gravas mal graduadas

Fuente: Geoservice, 2016

Tabla 10-5: Registro de Perforación Diamantina P-4

Profundidad (m)	Descripción
0.0-1.0	Depósito aluvial: gravas limosas
1.0-2.20	Depósito aluvial: gravas mal graduadas
2.20-6.00	Depósito aluvial: gravas limosas mal graduadas
6.00-10.00	Depósito aluvial: gravas mal graduadas
10.0-14.0	Depósito aluvial: gravas limosas
14.0-15.0	Depósito aluvial: gravas limosas

Fuente: Geoservice, 2016

Tabla 10-6: Registro de Perforación Diamantina P-5

Profundidad (m)	Descripción
0.00-1.60	Depósito aluvial: arenas limosas
1.60-5.00	Depósito aluvial: gravas mal graduadas con arenas
5.00-8.40	Depósito aluvial: arenas limosas con gravas
8.40-10.70	Depósito aluvial: arenas mal graduadas con gravas
10.70-15.0	Depósito aluvial: arenas mal graduadas

Fuente: Geoservice, 2016

Tabla 10-7: Registro de Perforación Diamantina P-6

Profundidad (m)	Descripción
0.00-11.40	Depósito aluvial: arenas gravosas con algo de limos
11.40-21.60	Depósito aluvial: Gravas arenosa con algo de limos
21.60-23.70	Depósito aluvial: Gravas arenosa limosa
23..70-30.50	Depósito aluvial: Gravas limosa algo arenosa
30.50-50.00	Roca volcánica

Fuente: Geoservice, 2016

Tabla 10-8: Registro de Perforación Diamantina P-7

Profundidad m(m)	Descripción
0.00-18.70	Depósito aluvial: arenas gravosas con algo de limos
18.70-18.85	Depósito Aluvial: Pequeño horizonte de arena limosa
18.85-50.00	Roca volcánica

Fuente: Geoservice, 2016

10.2.3 Pruebas de permeabilidad

Para conocer el comportamiento hidráulico de los materiales geológicos del subsuelo atravesado por las perforaciones diamantinas, se ejecutaron ensayos de permeabilidad de tipo Lefranc, los cuales se describen en el siguiente cuadro.

Tabla 10-9: Ensayos de Permeabilidad

PERFORACIÓN P-1				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coefficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.50-5.00	Lefranc, nivel constante	3.846x10-3	Arenas mal graduadas	Media
9.50-10.00	Lefranc, nivel constante	3.853x10-3	Arenas mal graduadas	Media
14.50-15.00	Lefranc, nivel constante	2.490x10-3	Gravas arenosas	Media
PERFORACION P-2				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coefficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.50-5.00	Lefranc, nivel constante	6.029x10-3	Gravas arenosas mal gravadas	Media
9.50-10.00	Lefranc, nivel constante	3.074x10-3	GP arenosa	Media
14.50-15.00	Lefranc, nivel constante	1.270x10-3	GP arenosa	Media
19.50-20.0	Lefranc, nivel constante	4.300x10-3	GP arenosa	Media
24.50-25.0	Lefranc, nivel constante	3.880x10-3	GP arenosa	Media
25.0-30.0	Lefranc, nivel constante	2.108x10-3	GP arenosa	Media
PERFORACION P-3				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coefficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.50-5.00	Lefranc, nivel constante	2.186x10-3	Boloneria	Media
9.50-10.00	Lefranc, nivel constante	4.488x10-3	Grava limosa	Media
14.50-15.00	Lefranc, nivel constante	1.919x10-3	Grava mal graduada	Media
PERFORACION P-4				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coefficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.50-5.00	Lefranc, nivel constante	1.576x10-3	Grava mal Graduada con limos	Media
9.50-10.00	Lefranc, nivel constante	4.107x10-3	Gravas mal graduadas	Media
14.50-15.00	Lefranc, nivel constante	4.234x10-4	Gravas limosas	Baja
PERFORACION P-5				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coefficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad

4.50-5.00	Lefranc, nivel constante	3.831x10 ⁻³	GRva mal graduada arenosa	Media
9.50-10.00	Lefranc, nivel constante	3.397x10 ⁻³	Arena limos	Media
14.50-15.00	Lefranc, nivel constante	2.739x10 ⁻³	Grava mal graduada con arena	Media
PERFORACION P-6				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.00-5.00	Lefranc, nivel constante	1.865x10 ⁻³	Arena gravosa	Media
9.00-10.00	Lefranc, nivel constante	6.836x10 ⁻⁴	Arena gravosa	Bajo
14.00-15.00	Lefranc, nivel constante	1.449x10 ⁻³	Grava arenosa	Media
19.00-20.00	Lefranc, nivel constante	4.936x10 ⁻⁴	Grava arenosa	Bajo
24.00-25.00	Lefranc, nivel constante	2.694x10 ⁻⁴	Grava arenosa	Bajo
29.00-30.00	Lefranc, nivel constante	1.591x10 ⁻⁴	Grava limosa	Bajo
34.00-35.00	Lefranc, nivel constante	1.347x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
39.00-40.00	Lefranc, nivel constante	1.702x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
44.00-45.00	Lefranc, nivel constante	2.475x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
49.00-50.00	Lefranc, nivel constante	1.125x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
PERFORACION P-7				
Tramo Ensayo (m)	Tipo de Ensayo	Coficiente de Permeabilidad K (cm/seg)	Descripción	Grado de Permeabilidad
4.00-5.00	Lefranc, nivel constante	1.467x10 ⁻³	Arena gravosa	Media
9.00-10.00	Lefranc, nivel constante	1.729x10 ⁻³	Arena gravosa	Media
14.00-15.00	Lefranc, nivel constante	1.309x10 ⁻³	Arena gravosa	Media
19.00-20.00	Lefranc, nivel constante	4.535x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
24.00-25.00	Lefranc, nivel constante	4.956x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
29.00-30.00	Lefranc, nivel constante	5.615x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
34.00-35.00	Lefranc, nivel constante	5.780x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
39.00-40.00	Lefranc, nivel constante	6.250x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
44.00-45.00	Lefranc, nivel constante	6.638x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo
49.00-50.00	Lefranc, nivel constante	6.865x10 ⁻⁴	Roca volcánica	Bajo

Fuente: Geoservice, 2016

10.2.4 Monitoreo de niveles de agua subterránea en piezómetros hidráulicos instalados

Se llevó a cabo el monitoreo de los niveles freáticos cuyo resultado se muestra en el siguiente cuadro:

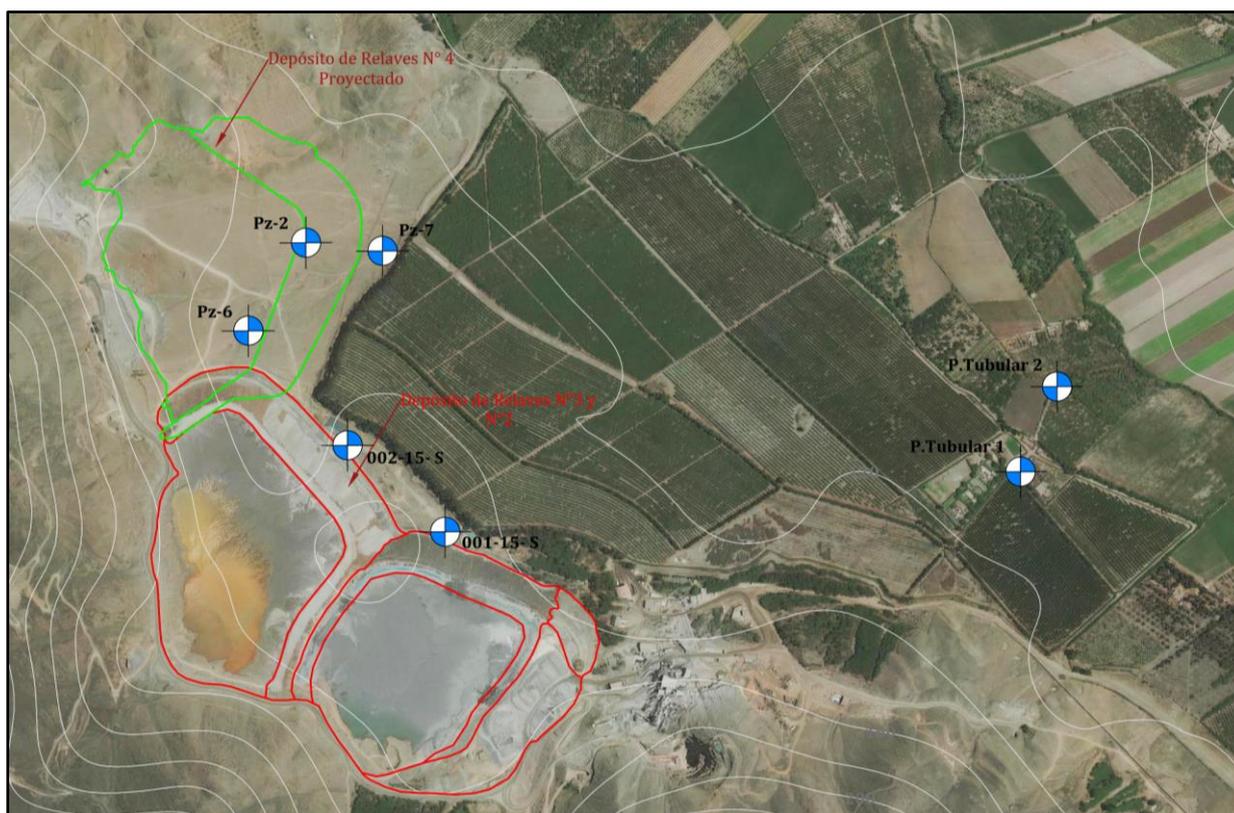
Tabla 10-10: Monitoreo de Niveles freáticos

FECHA DE MONITOREO	Piezómetro	Piezómetro	Piezómetro	Pozo	Pozo	001-15S	002-15s
	P-2 Prof. 30 (m)	P-6 Prof. 50 (m)	P-7 Prof. 50 (m)	Tubular 1 Prof. 46 (m)	Tubular 2 Prof. 46 (m)	Prof. 501 (m)	Prof. 451.5 (m)
26/02/2014	24	-	-	6.4	1.9	-	-
28/02/2014	23.98	-	-	6.4	1.95	-	-
04/03/2014	23.99	-	-	6.4	1.9	-	-
07/03/2014	24	-	-	6.15	2.2	-	-
11/03/2014	24.02	-	-	6.38	2.05	-	-
13/03/2014	23.99	-	-	6	1.9	-	-
18/03/2014	23.98	-	-	6.4	1.98	-	-
25/03/2014	24	21.25	16.81	6.45	2.05	-	-
31/03/2014	24	21.32	16.9	6.45	2.24	-	-
11/04/2014	24	21.32	16.92	6.42	2.3	-	-
25/04/2014	23.99	21.3	17.09	6.4	2	-	-
02/05/2014	23.95	21.39	17.19	6.4	2.35	-	-
16/05/2014	23.48	21.41	17.17	6.2	2.32	-	-
23/05/2014	23.5	22.43	17.27	6.2	2.3	-	-
18/08/2014	23.53	21.33	18.36	6.15	2.2	-	-
29/10/2014	23.56	21.25	17.57	6.21	2.25	-	-
15/11/2014	23.59	21.23	18.31	6.22	2.24	-	-
10/12/2014	23.61	21.32	18.18	6.18	2.45	-	-
09/01/2015	23.59	21.3	18.09	6.25	2.35	-	-
12/02/2015	23.58	21.32	18.14	6.2	2.28	-	-
12/03/2015	24.06	21.91	17.84	6.35	2.35	-	-
15/04/2015	23.54	21.32	18.14	6.45	2.47	-	-

FECHA DE MONITOREO	Piezómetro P-2 Prof. 30 (m)	Piezómetro P-6 Prof. 50 (m)	Piezómetro P-7 Prof. 50 (m)	Pozo Tubular 1 Prof. 46 (m)	Pozo Tubular 2 Prof. 46 (m)	001-15S Prof. 501 (m)	002-15s Prof. 451.5 (m)
14/05/2015	23.5	21.78	17.27	6.45	2.54	-	-
17/06/2015	23.48	20.55	17.17	6.5	2.5	-	-
22/07/2015	23.64	20.35	17.17	6.42	2.45	-	-
20/08/2015	23.69	18.95	17.17	6.38	2.5	-	-
15/09/2015	23.74	18.55	17.17	6.3	2.35	-	-
05/11/2015	24.04	19.05	16.54	6.25	2.28	20.2	25.4
01/12/2015	23.57	21.34	16.8	6.3	2.3	20.3	25.33

Fuente: Geoservice, 2016

Figura 10-2: Ubicación de Monitoreos de Nivel freático



Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO XI

11 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR

11.1 RECARGA DEL ACUÍFERO

La recarga se produce en las partes altas e intermedias (ver figura 10-1 y 10-2) de la Cuenca Chancay-Huaral y Cuenca Huara que recargan a los acuíferos de la Intercuenca, en la zona denominada Intercuenca Seca, en las unidades geomorfológicas de estribaciones andinas, en estos sectores se producen los mayores procesos de precipitación, abarcando áreas que superficialmente superan los 1500 Km².

Las fluctuaciones topográficas influyen significativamente en la recarga de acuíferos, favoreciendo la infiltración producto de las precipitaciones. Esta infiltración ocurre en las áreas superiores de la cuenca del río Chancay, excluyendo solo aquellos puntos donde el agua subterránea se descarga a la superficie. Usualmente la percolación del agua superficial (precipitación que no se pierde por evaporación o escorrentía superficial) se direcciona hasta descargar en cuerpos de aguas a menos altitud; sin embargo, en el caso de esta investigación la percolación es casi nula o nula.

La recarga de las aguas subterráneas provenientes de subcuencas y microcuencas aledañas es producida por fallas geológicas emplazadas en la cuenca y por pendientes piezométricas favorables.

A nivel local, la tasa de recarga en el área de estudio es nula debido a la precipitación escasa de la zona, ya que de acuerdo con la clasificación climática del Perú la zona de estudio se encuentra en una zona Árido y Seco con deficiencia de precipitaciones; la precipitación asciende a 17.55 mm /año, siendo esta insuficiente como para generar una recarga en la zona del proyecto, aunado esto a las altas tasas de evapotranspiración que se tiene con 855.765 mm

/año respectivamente.

11.1.1 Recarga del acuífero a partir de la precipitación

Como se acota en el capítulo de caracterización hidrológica, localmente la precipitación anual es insuficiente para generar una recarga al reservorio acuífero, además de presentar altas tasas de evapotranspiración propios del régimen climático existente en la zona.

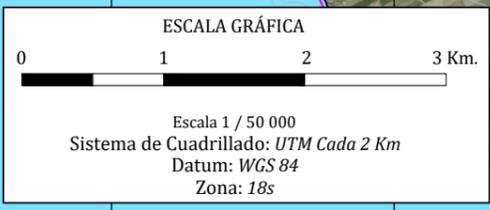
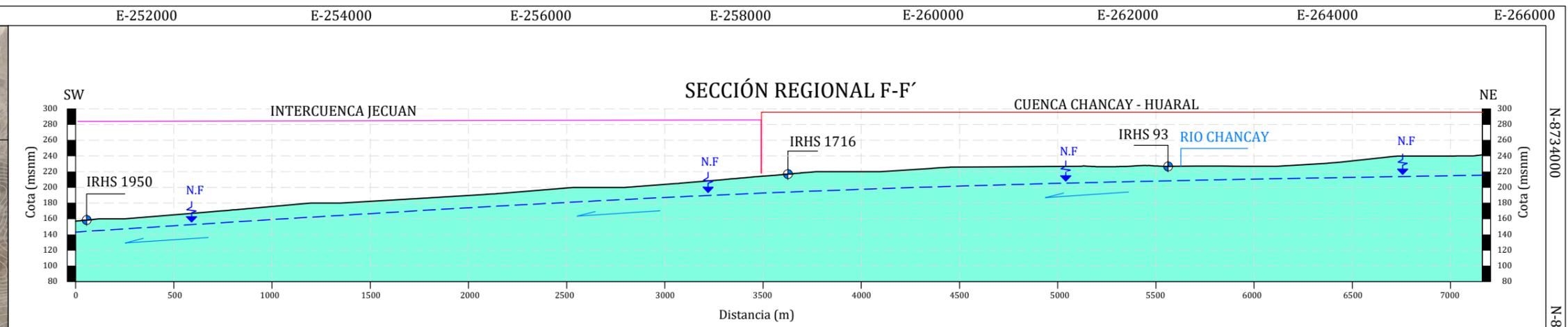
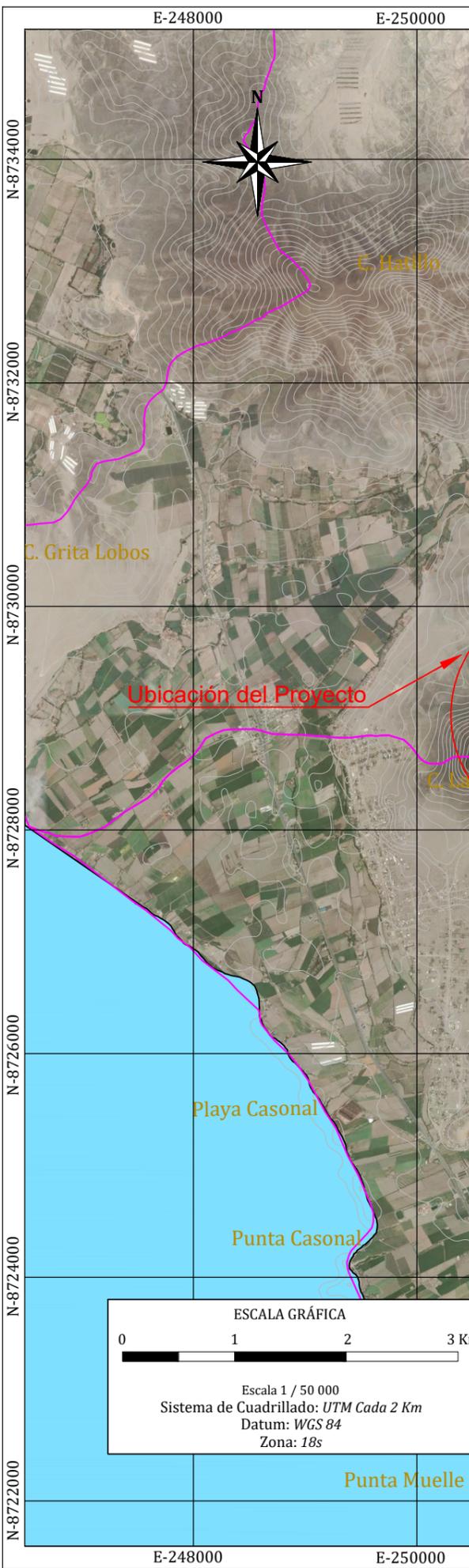
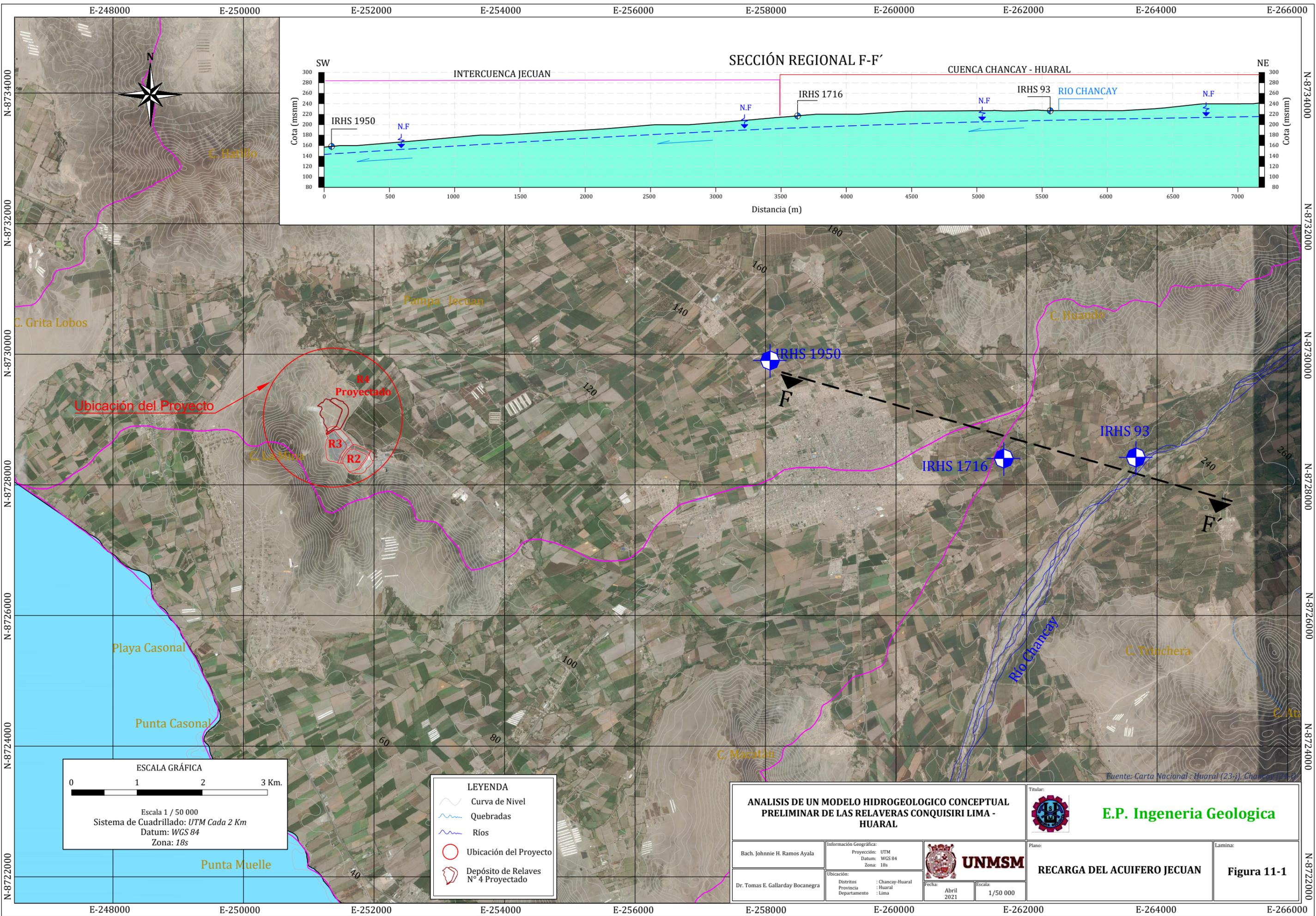
Según el análisis realizado en el balance hídrico de suelos se estimó una recarga de 0.0 mm/año, con una precipitación total anual de 17.55 mm /año en la intercuenca del estudio y una tasa de evapotranspiración de 855.765 mm /año respectivamente.

11.1.2 Recarga del acuífero a partir de otras cuencas aledañas

La intercuenca del estudio, se encuentra adyacente de dos (02) cuencas importantes, las cuales son la cuenca Chancay-Huaral y la cuenca Huara, de acuerdo a los indicios y investigación de la característica de la cuenca se asume que por lo menos la cuenca mencionada “Cuenca Chancay – Huaral” es la que aporta a la recarga de las aguas a la intercuenca de estudio, por lo cual el acuífero Jecuan obtiene su recarga por parte de la Cuenca Chancay - Huaral.

En la siguiente Figura 11-1, se muestra la sección F-F', con el fin de demostrar el aporte que obtiene el acuífero Jecuan por la cuenca adyacente.

La sección es realizada entre la frontera de la cuenca Chancay-Huaral con la intercuenca de estudio. (Ver Figura 11-1)



LEYENDA	
	Curva de Nivel
	Quebradas
	Ríos
	Ubicación del Proyecto
	Depósito de Relaves N° 4 Proyecto

ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL			E.P. Ingeniería Geológica
Bach. Johnnie H. Ramos Ayala			
Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra		Plano:	Lamina:
Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s		UNMSM Distrito: Chancay-Huaral Provincia: Huaral Departamento: Lima	
Fecha: Abril 2021		Escala: 1/50 000	
RECARGA DEL ACUIFERO JECUAN Figura 11-1			

Se puede visualizar en la sección F-F', Figura 11-2, que la gradiente del nivel freático es a favor de la intercuena de estudio, siendo esta zona unas de las potenciales recargas del acuífero Jecuan.

11.2 DESCARGA DEL ACUÍFERO

A nivel regional las zonas de descarga del acuífero Jecuan, es el océano Pacífico.

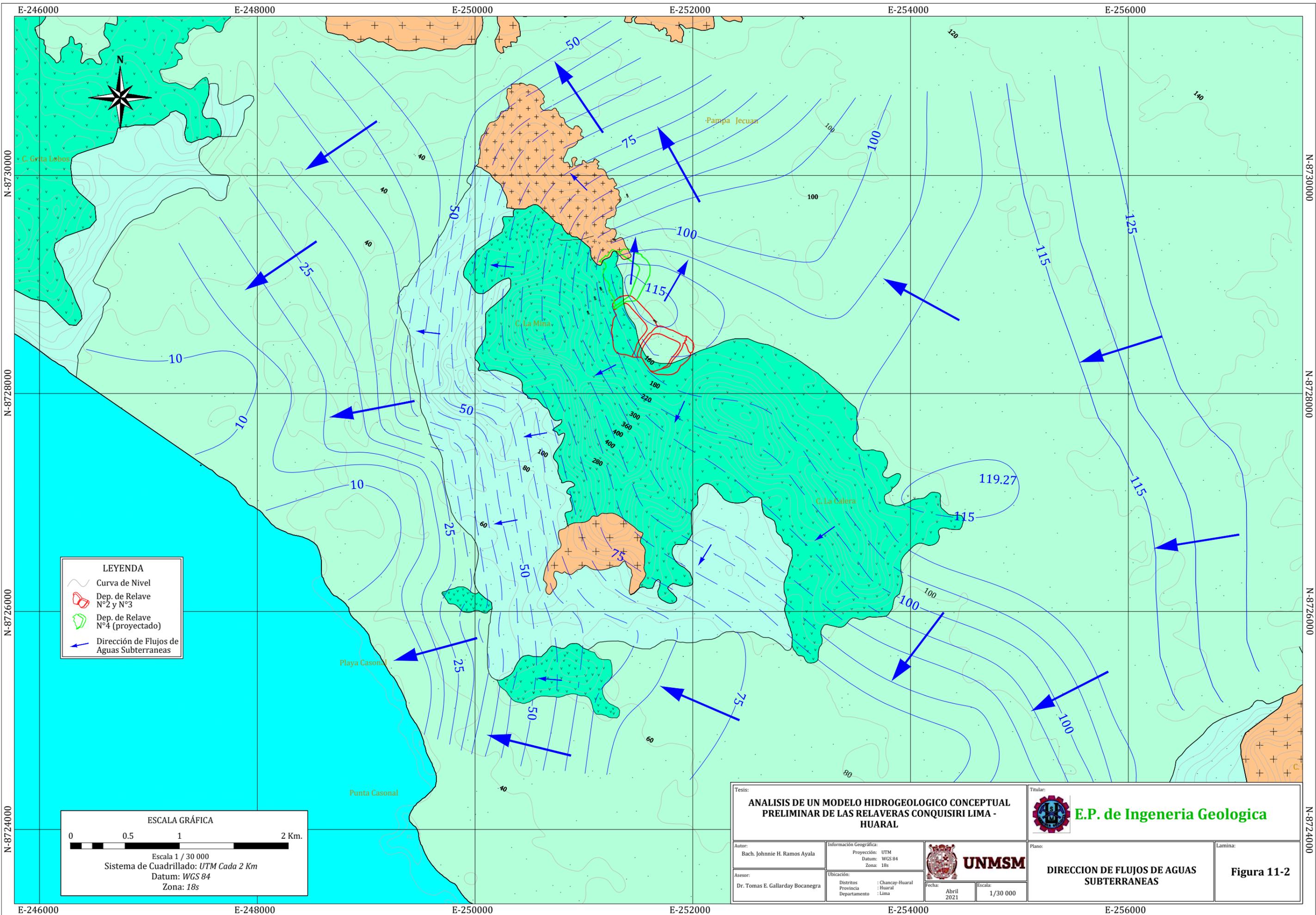
11.2.1 Descarga de Flujos Locales de poca Profundidad

Localmente las zonas de descarga del acuífero Jecuan son pozos tubulares, canales arteriales y el océano Pacífico.

11.3 DIRECCIÓN DE FLUJO

Las direcciones de flujo subterráneo son de Noreste a Suroeste, localmente en el afloramiento rocoso del cerro la mina, los flujos cambian de dirección de sureste a Noroeste para después volver a su dirección de Noreste a Sureste. (Ver Figura 11-2)

Las direcciones de flujo de las aguas subterráneas, tienen su recorrido hasta el océano pacífico como se presenta en la figura 10-3.



LEYENDA

- Curva de Nivel
- Dep. de Relave N°2 y N°3
- Dep. de Relave N°4 (proyectado)
- Dirección de Flujos de Aguas Subterráneas

ESCALA GRÁFICA

0 0.5 1 2 Km.

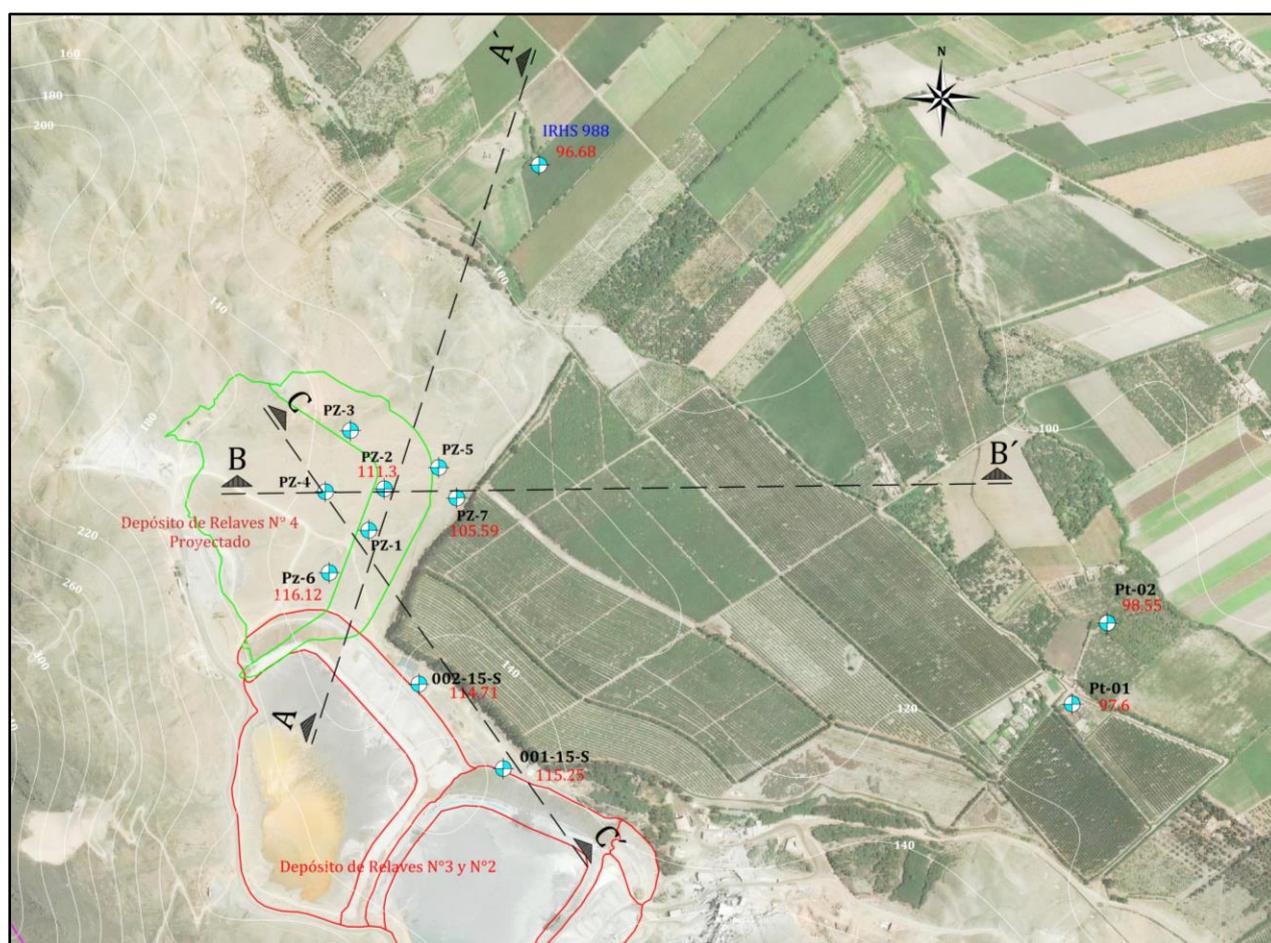
Escala 1 / 30 000
 Sistema de Cuadrillado: UTM Cada 2 Km
 Datum: WGS 84
 Zona: 18s

Tesis: ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL		Titular: E.P. de Ingeniería Geológica	
Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala	Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s	UNMSM	
Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra	Ubicación: : Chancay-Huaral : Huaral : Lima		
		Fecha: Abril 2021	Escala: 1/30 000
		Plano: DIRECCION DE FLUJOS DE AGUAS SUBTERRANEAS	
		Lamina: Figura 11-2	

11.4 SECCIONES HIDROGEOLÓGICAS

Se realizaron tres (03) secciones hidrogeológicas locales con el fin de poder entender el movimiento y disposición de las aguas subterráneas con respecto a las unidades hidrogeológicas, esto con ayuda de información de los piezómetros existentes ubicados en la zona de las relaveras.

Figura 11-3: Sección Hidrogeológicas Locales



Fuente: Elaboración Propia

11.4.1 Sección Hidrogeológica A – A'

En el perfil hidrogeológico A-A' (Ver Figura 11-4) se delimita por tres unidades hidrogeológicas.

La Sección Hidrogeológica Tiene una longitud de la sección es de 1300 m aproximadamente

y su orientación es SW-NE.

En la parte superior de la sección se encuentra la unidad hidrogeológica acuífero poroso semi consolidado compuesto por los depósitos aluviales de sedimentos detríticos de dimensiones variables.

Las unidades hidrogeológicas de baja transmisión de flujos se encuentran caracterizadas por una unidad, la unidad hidrogeológica acuitardo en roca volcánica compuesta por derrames andesíticos, la cual cuenta con un fracturamiento. Así mismo se encuentra intruido por la unidad hidrogeológica acuífugo intrusivo de composición granodiorítica-tonalita.

11.4.2 Sección Hidrogeológica B – B'

En el perfil hidrogeológico B-B' (Ver Figura 11-4) se delimita por dos unidades hidrogeológicas.

La Sección Hidrogeológica Tiene una longitud de la sección es de 1400 m aproximadamente y su orientación es W-E.

En la parte superior de la sección se encuentra la unidad hidrogeológica acuífero poroso semi consolidado donde se presenta el nivel freático (N.F), además presenta espesores variables desde 10 m a 30m.

Las unidades hidrogeológicas Volcánica presenta un posible movimiento a la altura del P2, esto debido probablemente por una falla inversa.

11.4.3 Sección Hidrogeológica C – C'

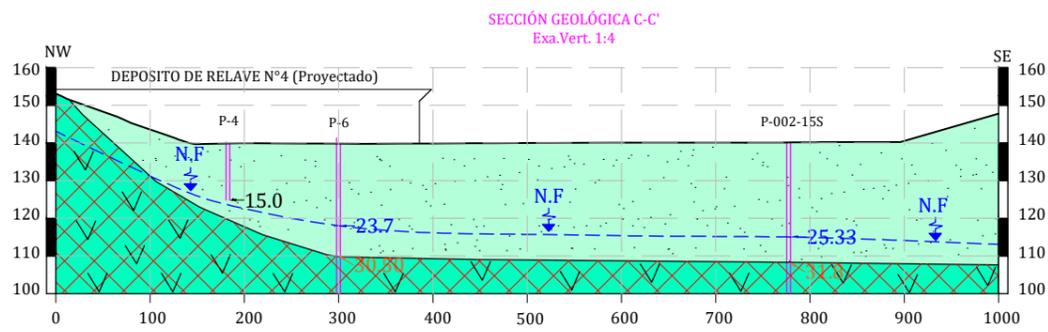
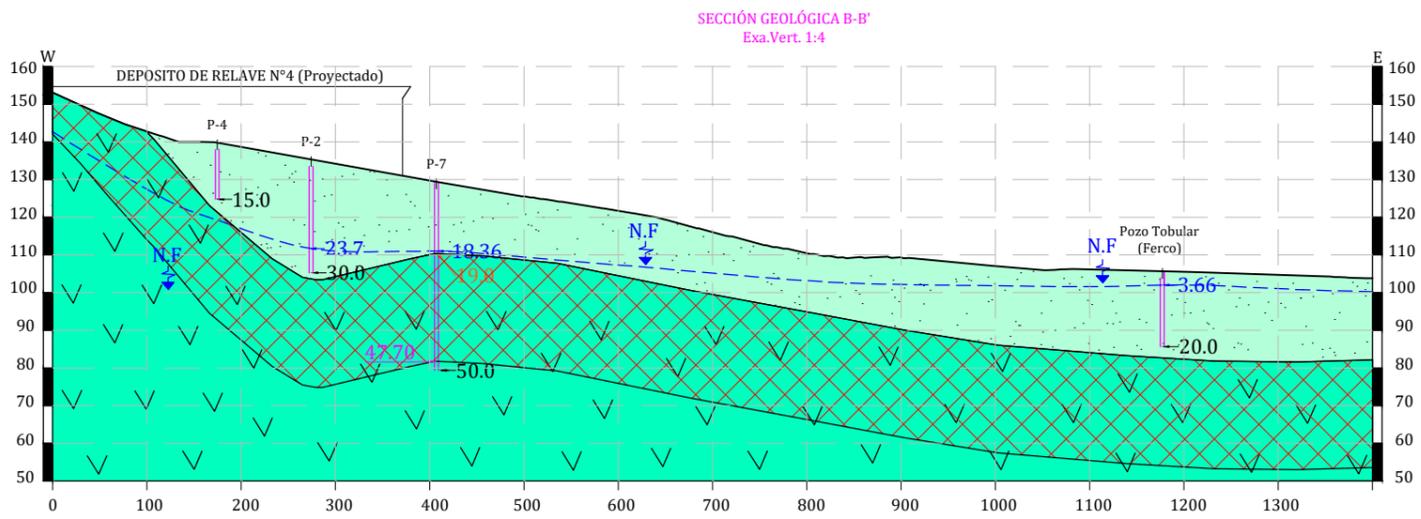
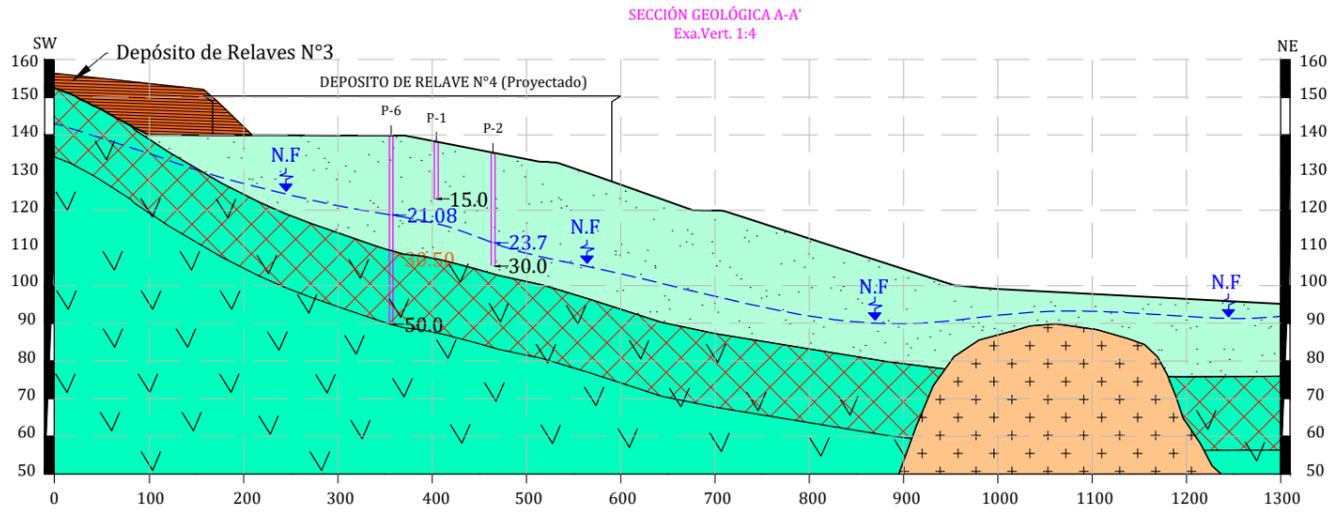
En el perfil hidrogeológico C-C' (Ver Figura 11-4) se delimita por dos unidades hidrogeológicas.

La Sección Hidrogeológica Tiene una longitud de la sección es de 1000 m aproximadamente

y su orientación es NW-SE.

En la parte superior de la sección se encuentra la unidad hidrogeológica acuífero poroso semi consolidado, la cual se encuentra con un nivel freático en sus materiales, teniendo una profundidad de 23 a 25 metros desde la superficie.

La unidad hidrogeológica acuífero fisurado, se asume que se encuentra saturado por lo cual es un medio de desplazamiento del acuífero, sin embargo, solo se evidencia un espesor de 25 a 30 m, por ser superficial el fracturamiento.



UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	
Acuífero Poroso semi consolidado	
Acuitardo Volcánico	
Acuífugo Intrusivo	

Tesis: ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL		Titular: E.P. de Ingeniería Geológica	
Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala	Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s	UNMSM	Plano: PERFILES HIDROGEOLOGICAS LOCALES
Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra	Ubicación: Distrito: Chancay-Huaral Provincia: Huaral Departamento: Lima		Fecha: Abril 2021
			Lamina: Figura 11-4

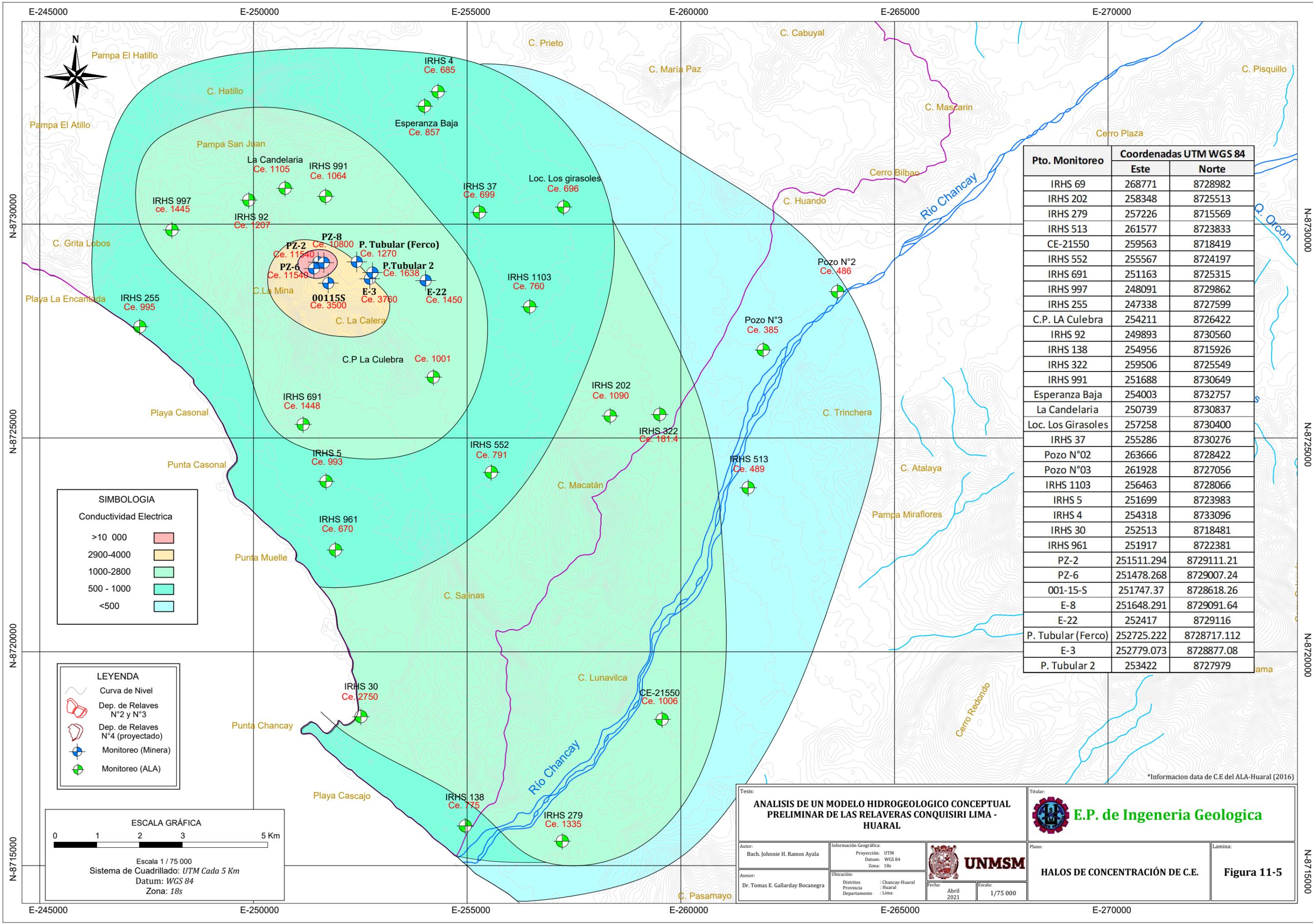
11.5 ISOVALORES DE LAS CONDUCTIVIDADES ELECTRICAS

Se tomaron valores de Conductividades eléctricas (C.E.) en los cuerpos de aguas existentes, pozos tubulares y piezómetros, perteneciente a la minera; sin embargo, por parte del ALA de Huaral se recogió información del inventario y toma de muestreo de los pozos pertenecientes a su jurisdicción, los cuales nos dan un mejor entendimiento de un área regional. (Ver Figura 11-5)

En la siguiente tabla se indica los puntos de Conductividad eléctrica, tomadas en el área de minera y recogida del organismo del ALA –Huaral:

En base al muestreo de las conductividades eléctricas, plano de dispersión con el propósito de poder crear halos de dispersión y determinar la tendencia de las conductividades eléctricas en la zona del proyecto.

En la conceptualización de halos de dispersión de conductividad eléctrica, se puede apreciar una tendencia de un incremento de la conductividad eléctrica mientras más cerca se encuentra el proyecto minero. Este mayor nivel de Conductividad eléctrica en el proyecto minero puede ser por efectos naturales y/o artificiales las cuales superan los 10 000 ohm.m y las áreas más lejanas de valores menores a 500 ohm.m. (Ver Figura 11-5)



Pto. Monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84	
	Este	Norte
IRHS 69	268771	8728982
IRHS 202	258348	8725513
IRHS 279	257226	8715569
IRHS 513	261577	8723833
CE-21550	259563	8718419
IRHS 552	255567	8724197
IRHS 691	251163	8725315
IRHS 997	248091	8729862
IRHS 255	247338	8727599
C.P. LA Culebra	254211	8726422
IRHS 92	249893	8730560
IRHS 138	254956	8715926
IRHS 322	259506	8725549
IRHS 991	251688	8730649
Esperanza Baja	254003	8732757
La Candelaria	250739	8730837
Loc. Los Girasoles	257258	8730400
IRHS 37	255286	8730276
Pozo N°02	263666	8728422
Pozo N°03	261928	8727056
IRHS 1103	256463	8728066
IRHS 5	251699	8723983
IRHS 4	254318	8733096
IRHS 30	252513	8718481
IRHS 961	251917	8722381
PZ-2	251511.294	8729111.21
PZ-6	251478.268	8729007.24
001-15-S	251747.37	8728618.26
E-8	251648.291	8729091.64
E-22	252417	8729116
P. Tubular (Ferco)	252725.222	8728717.112
E-3	252779.073	8728877.08
P. Tubular 2	253422	8727979

Tesis: **ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL**

Titular: **E.P. de Ingeniería Geológica**

Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala

Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra

Información Geográfica: Proyección: UTM, Datum: WGS 84, Zona: 18s

Ubicación: Distrito: Chancay-Hualar, Provincia: Hualar, Departamento: Lima

Fecha: Abril 2021

Escala: 1/75 000

Plano: **HALOS DE CONCENTRACIÓN DE C.E.**

Lamina: **Figura 11-5**

Logo: UNMSM

*Información data de C.E del ALA-Hualar (2016)

11.6 CALCULO DE CAUDALES DEL ACUIFERO

Con el fin de determinar la dirección predominante de aporte del acuífero hacia la parte de baja del área de estudio, se optó por calcular el caudal del acuífero, basándose en la ley de Darcy

11.6.1 Ley de Darcy

A través de la ley establecida por Darcy, postulada en la siguiente ecuación, se determinó el caudal aproximado que circula por el acuífero en un punto determinado.

$$Q = A \cdot K \cdot \Delta h / \Delta l$$

Q= caudal circulante

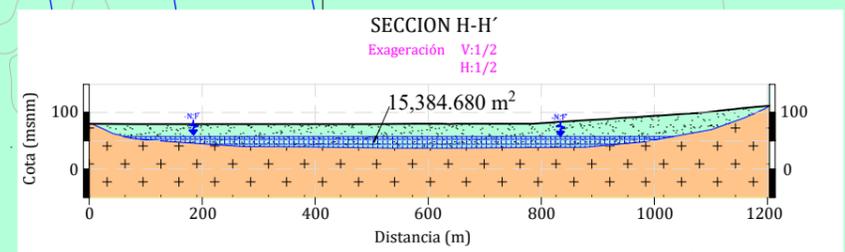
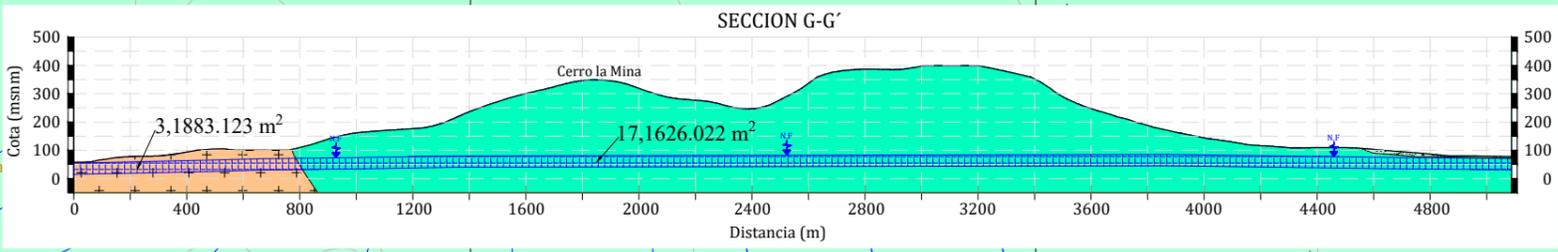
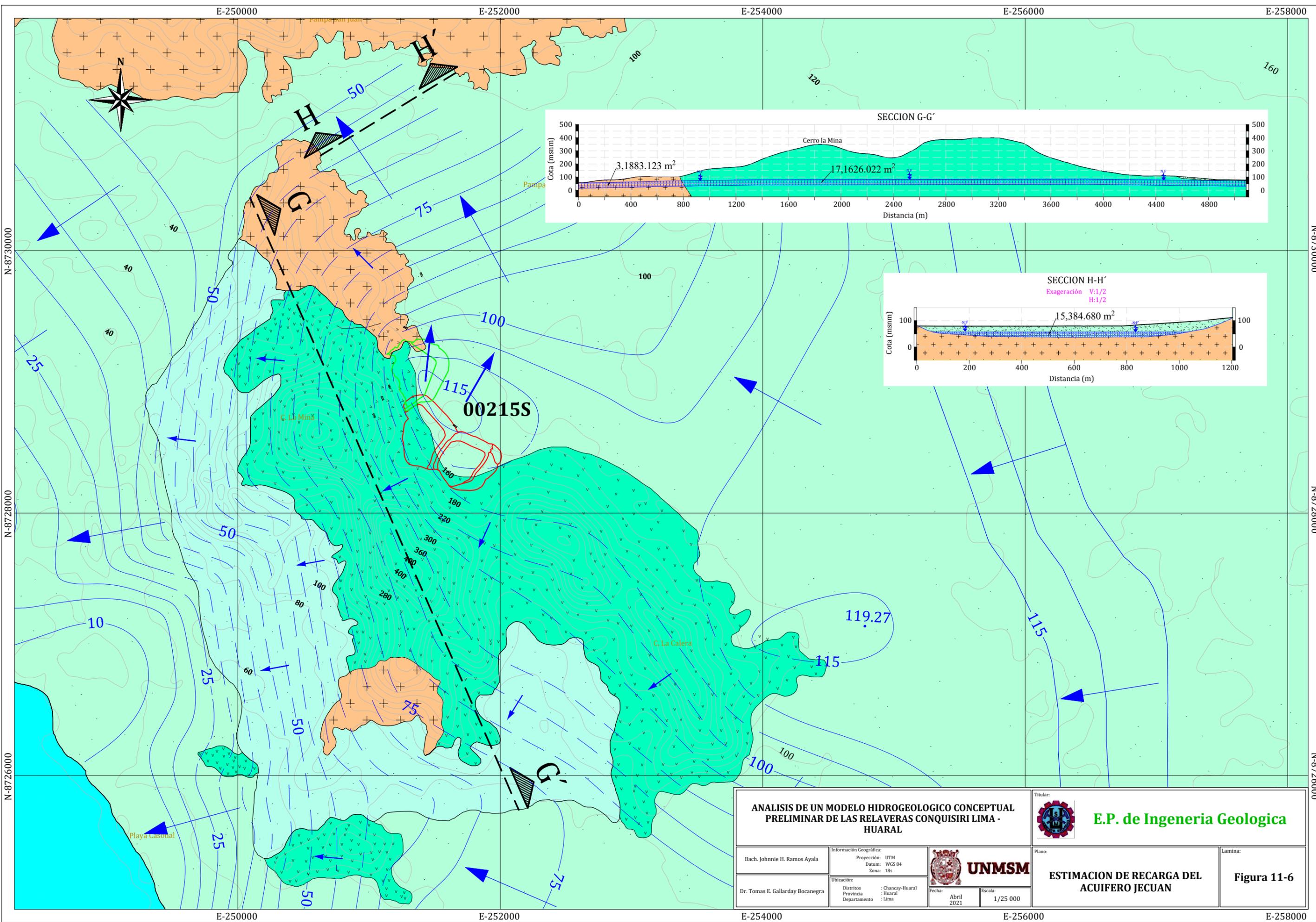
A= sección del tubo normal al flujo subterráneo

K= conductividad hidráulica

Δh = pérdida de energía que experimenta el agua

Δl = distancia recorrida por el agua a través del medio

$\Delta h / \Delta l = i$, se denomina gradiente hidráulico,



<p>ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL</p>		<p>E.P. de Ingeniería Geológica</p>
<p>Bach. Johnnie H. Ramos Ayala</p>	<p>Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s</p>	<p>UNMSM</p>
<p>Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra</p>	<p>Ubicación: Distritos : Chancay-Huaral Provincia : Huaral Departamento : Lima</p>	
<p>Fecha: Abril 2021</p>		<p>Plano: ESTIMACION DE RECARGA DEL ACUIFERO JECUAN</p>
<p>Escala: 1/25 000</p>		<p>Lamina: Figura 11-6</p>

La sección G-G', tiene una distancia de 5000 metros aproximadamente, cruza por las unidades hidrogeológicas acuitardo volcánico y acuífugo intrusivo, Se ha asumido un espesor de 50 metros del acuífero. (Ver Figura 11-6)

La permeabilidad tomada para el cálculo de caudal del acuífero son las referenciadas de la tabla 8.1. del presente estudio

Tabla 11-1: Calculo caudal del acuífero en la sección G-G'

SECCION G-G'							
Tipo de acuífero	Área (m2)	Permeabilidad (m/s)	Gradiente hidráulico			Q (m3/s)	Q (l/s)
			Dif. Cota (m)	Dist. (m)	Hoz.		
Intrusivo	31,883.123	3.20E-08	6.25	200		3.18831E-05	0.031883123
volcanico	17,1626.022	1.56E-07	6.25	200		0.000836677	0.836676857
Q Total						0.00086856	0.86855998

Fuente: Elaboración Propia

En la sección G-G' que pasa por los denominados unidades hidrogeológicas acuitardo volcánicos y los intrusivos acuíferos, se calcula un caudal de 0.869 l/s.

La sección G-G', tiene una distancia de 5000 metros aproximadamente, cruza por la unidad hidrogeológica acuífero poroso semi-consolidado, que tiene como límite del espesor del acuífero a la unidad hidrogeológica acuífugo intrusivo. (Ver Figura 11-6)

La permeabilidad tomada para el cálculo de caudal del acuífero son las referenciadas de la tabla 8.1. del presente estudio.

Tabla 11-2: Calculo caudal del acuífero en la sección H-H'

SECCION H-H'						
Tipo de acuífero	Área (m ²)	Permeabilidad (m/s)	Gradiente hidráulico		Q (m ³ /s)	Q (l/s)
			Dif. Cota (m)	Dist. Hoz. (m)		
Dep. Aluvial	15,384.68	8.80E-05	4.9	1123.789	0.00590313	5.9031313
				Q Total	0.00590313	5.9031313

Fuente: Elaboración Propia

En la sección H-H' que pasa por la denominada unidad hidrogeológica acuífero poroso semi consolidado, se calcula un caudal de 5.903 l/s.

De acuerdo al cálculo de caudal de acuífero, ensayado en las dos (02) secciones, se puede asumir que la dirección predominante del acuífero Jecuan (denominado por el estudio presente) es por la sección H-H', asimismo se caracteriza la zona de los afloramientos rocos volcánicos e intrusivos, por donde está la sección G-G, como una pantalla impermeable que limita el movimiento del acuífero Jecuan.

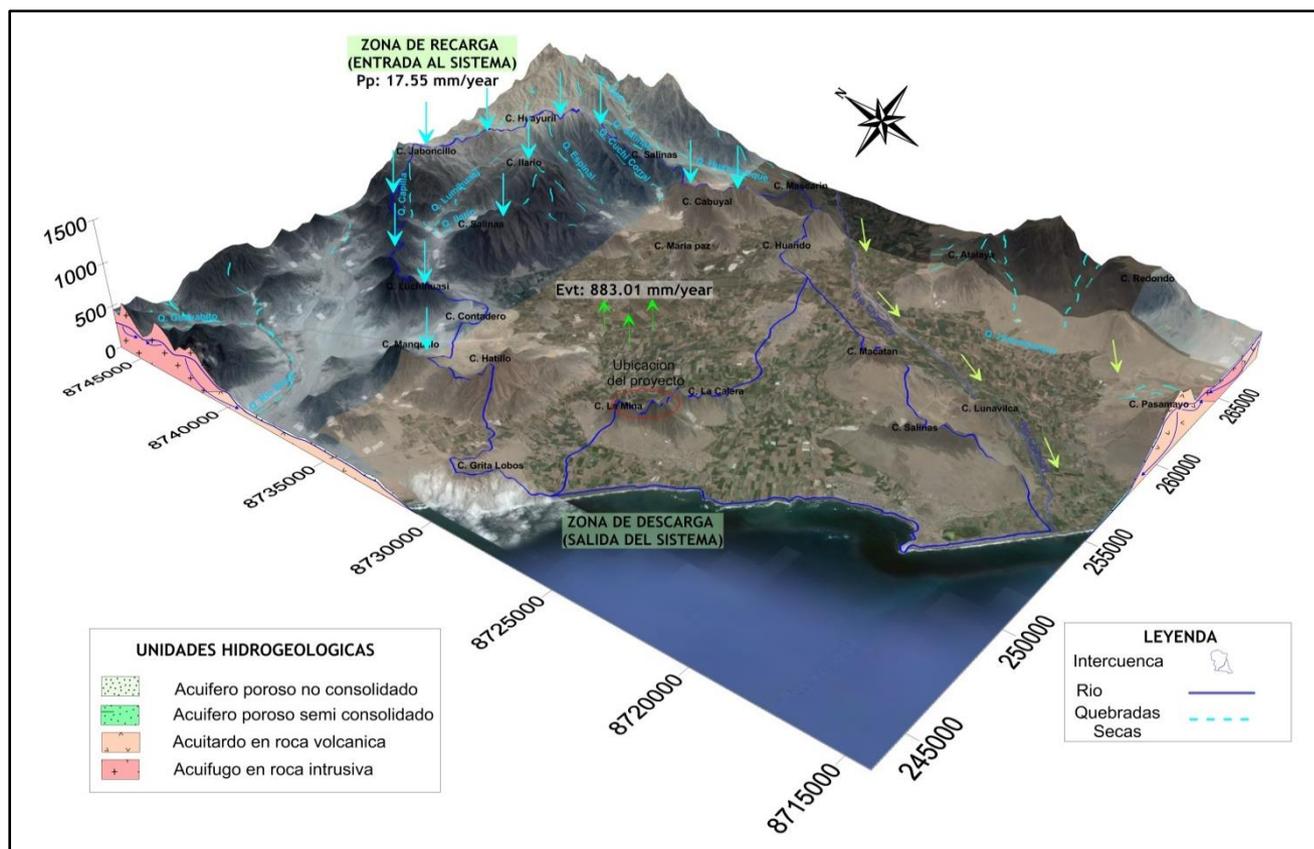
11.7 CONCEPTUALIZACION

En el área de estudio presenta numerosos pozos, estos usados para el rubro de agricultura, esta base de datos nos permite poder conceptualizar el movimiento y disposición del acuífero Jecuan (denominado por este estudio).

La zona de estudio presenta una pantalla impermeable (afloramiento rocoso Volcánico – ígneo) donde el flujo de agua es mucho menor y tiene un movimiento lento, por lo cual las direcciones de flujo se ven redireccionados en este punto.

Las conductividades eléctricas presentan una mayor elevación en la zona de proyecto minero.

Figura 11-7: Modelo Conceptual Hidrogeológico

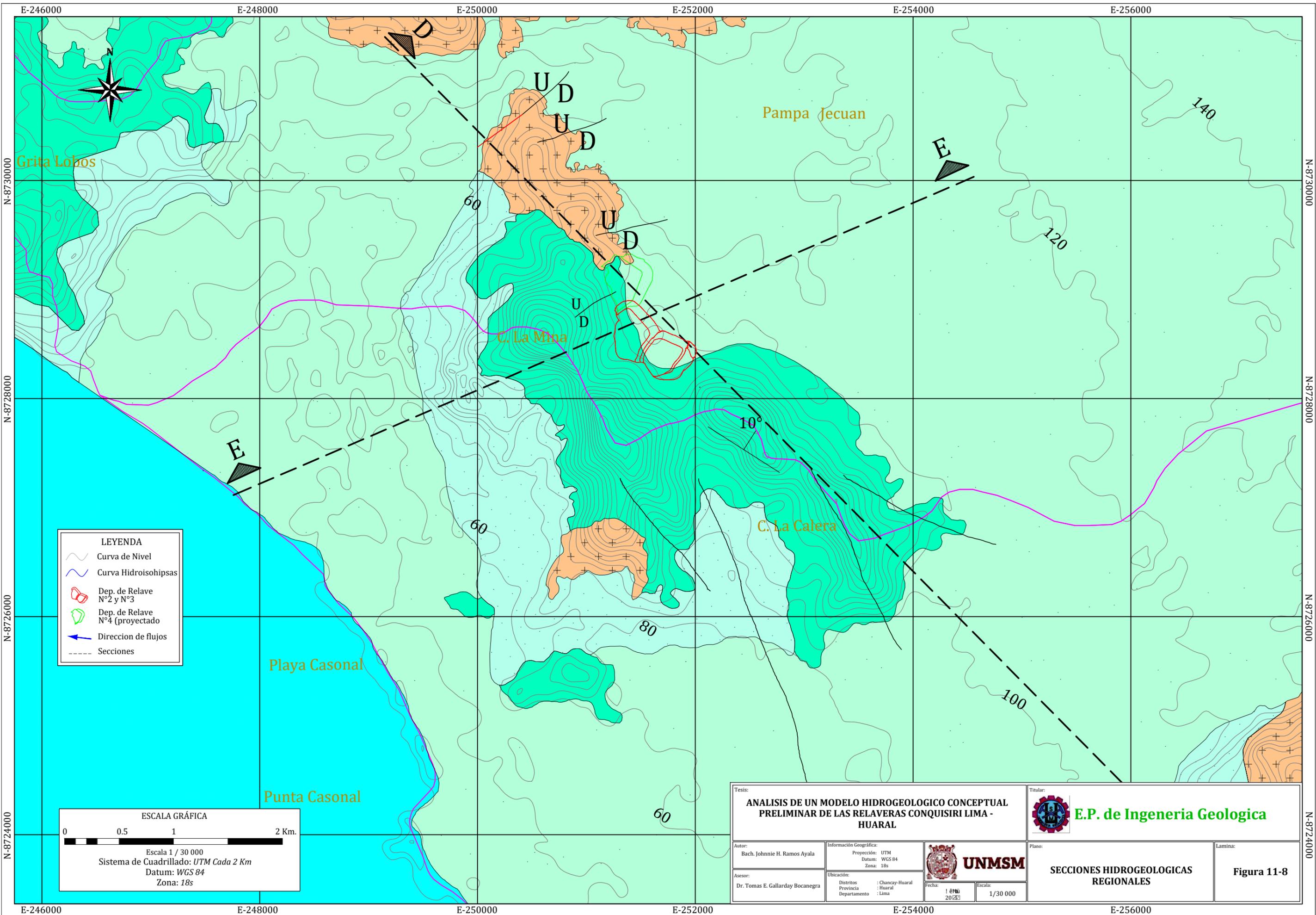


Fuente: Elaboración Propia

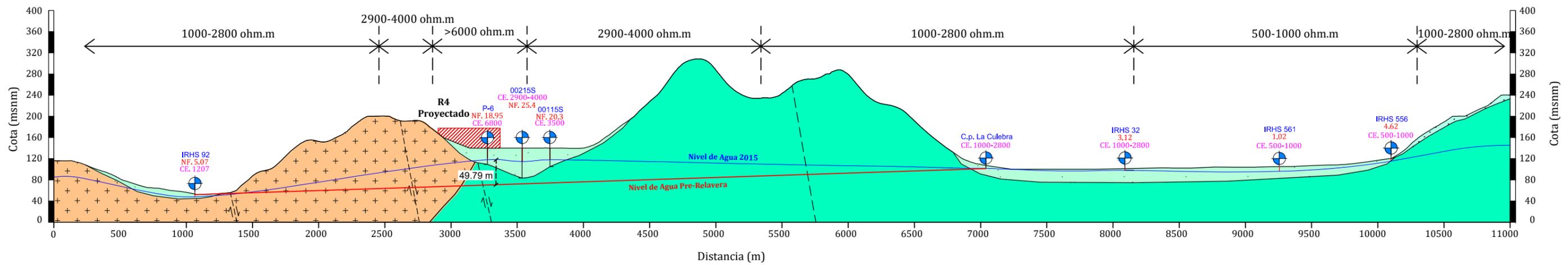
11.7.1 Secciones Hidrogeológicas Regionales

Con el fin de conceptualizar las características del acuífero Jecuan, se ha realizado dos secciones hidrogeológicas regionales, transversal y longitudinal del afloramiento rocoso.

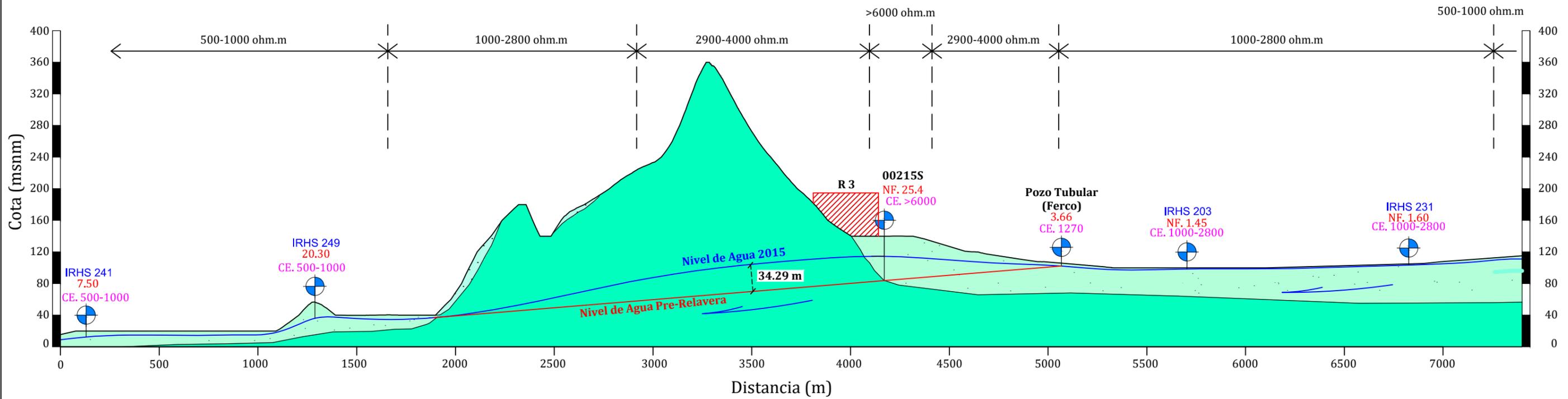
En la Figura 10-13, se presenta dos secciones hidrogeológicas regionales conceptualizando. (Ver Figura 11-9).



SECCIÓN D-D'
Exa.Vert. 1:4



SECCIÓN E-E'
Exa.Vert. 1:4



UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	
Acuífero Poroso no consolidado	
Acuífero Poroso semi consolidado	
Acuitardo Volcánico	
Acuífugo Intrusivo	

Tesis: ANÁLISIS DE UN MODELO HIDROGEOLOGICO CONCEPTUAL PRELIMINAR DE LAS RELAVERAS CONQUISIRI LIMA - HUARAL		Titular: E.P. de Ingeniería Geológica	
Autor: Bach. Johnnie H. Ramos Ayala	Información Geográfica: Proyección: UTM Datum: WGS 84 Zona: 18s	UNMSM	
Asesor: Dr. Tomas E. Gallarday Bocanegra	Ubicación: Distritos : Chancay-Huaral Provincia : Huaral Departamento : Lima	Fecha: 18 FEB 2023	Escala: La Indicada
Planos: PERFILES HIDROGEOLOGICOS REGIONALES		Lamina: Figura 11-9	

Las secciones hidrogeológicas regionales presentan el incremento de la conductividad eléctrica, según los halos de dispersión determinados anteriormente. (Ver Figura 11-9)

» Sección Hidrogeológica Regional D-D´

se presenta un corte longitudinal al afloramiento rocoso (pantalla impermeable). La sección pasa por las unidades hidrogeológicas acuífero poroso semiconsolidado, acuitardo volcánico y acuífugo ígneo.

El acuífero pasa por ser de tipo libre en el depósito semi-consolidado a confinado en el volcánico e intrusivo con un movimiento mucho más lento.

Se ha definido el nivel del agua según los monitoreos del nivel freático tanto en el proyecto minero y del ALA-Huaral, lo cual se ha comparado con un nivel de agua conceptual pre-relavera, dando conceptualmente una elevación de 49.79m.

» Sección Hidrogeológica Regional E-E´

se presenta un corte transversal al afloramiento rocoso (pantalla impermeable). La sección pasa por las unidades hidrogeológicas acuífero poroso semiconsolidado y acuitardo volcánico.

El acuífero pasa por ser de tipo libre en el depósito semi-consolidado a confinado en el volcánico e intrusivo con un movimiento mucho más lento.

Se ha definido el nivel del agua según los monitoreos del nivel freático tanto en el proyecto minero y del ALA-Huaral, lo cual se ha comparado con un nivel de agua conceptual pre-relavera, dando conceptualmente una elevación de 34.29m.

La elevación del nivel freático conceptualizado pre-relavera con el nivel de agua en base a los monitoreos actuales, se asume que puede ocurrir por varios factores, uno de ellos por infiltraciones de las relaveras que actúan como fuente de recargas.

12 CONCLUSIONES

- » De acuerdo los cálculos hidrológicos de las microcuencas del proyecto de estudio, las características climáticas reflejadas en el balance hídrico, indican que la recarga de las aguas subterráneas por aguas meteóricas es casi nula; debido a:
 - › El balance hídrico de la intercuenca 1375591, presenta la precipitación media anual es de 16.5 mm, la ETP alcanza un valor de 883.01 mm/año, Asimismo no se generará recarga entre los meses de enero a diciembre por considerarse una zona seca, su recarga estimada es de 0.0 mm/año.
 - › El balance hídrico de la cuenca 1375592, presenta la precipitación media anual es de 18.6 mm, la ETP alcanza un valor de 828.53 mm/año, Asimismo no se generará recarga entre los meses de enero a diciembre por considerarse una zona seca, su recarga estimada es de 0.0 mm/año.
- » De acuerdo con las investigaciones e información de niveles freáticos de pozos inventariados por el ALA de Huaral, se puede afirmar que el acuífero Jecuan (acuífero del área de estudio), mantiene una recarga de sus aguas por el acuífero de la cuenca del Rio Chancay; esto evidenciado de acuerdo a la Sección F-F' donde se presenta la gradiente del nivel freático a favor de la intercuenca de estudio.
- » Se ha detectado que las aguas subterráneas por debajo de los depósitos de relaves, se encuentran elevadas con respecto a un nivel freático teórico inferido, lo cual da indicios de posible filtración de los depósitos de relaves hacia las aguas subterráneas y por ende impacto.

- › La dispersión de Conductividad eléctrica, de los pozos y piezómetros, indican una anomalía de alto niveles elevados mientras más se acerca a la zona de los depósitos de relaves; pueden indicar una probable filtración de los relaves.
- › De acuerdo al análisis de cálculo de caudales del acuífero Jecuan, indica que el caudal predominante del acuífero se direcciona al NO de los depósitos de Relaves.

13 RECOMENDACIONES

- » La mina Colquisiri debería Instalar Piezómetros en la dirección de salida de la posible pluma contaminante conceptual preliminar para el control de monitoreo de calidad del agua subterránea.
- » La mina Colquisiri debe de realizar los monitoreos de nivel de agua subterránea de los piezómetros y pozos mensualmente, con el fin de poder analizar las fluctuaciones del nivel freático.
- » El ALA de Huaral debe proponer el monitoreo continuo de los pozos de sus administrados en toda la microcuenca, con el fin de proveer de información histórica, para futuras investigaciones y predicciones en las aguas subterráneas.
- » El ALA de Huaral debe complementar sus investigaciones de nivel freático con ensayos geofísicos (Tomografía eléctrica y refracción sísmica) para poder entender con más claridad el movimiento de las aguas subterráneas.
- » La mina Colquisiri debe realizar ensayos de trazadores en sus depósitos de relaves con el fin de detectar posible filtración hacia las aguas subterráneas.
- » Se recomienda realizar un estudio Hidrogeológico a detalle que abarque las dos épocas del año (Época Seca y húmeda)
- » Con la finalidad de mitigar los impactos al agua subterránea, se recomienda construir el nuevo depósito de relaves completamente revestido con geomembrana HDPE de 1.5 mm o 2.0 mm.

14 BIBLIOGRAFÍA

- » Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. México: Editorial Limusa S.A. de C. V. Grupo Noriega Editores.
- » Chow et al., V. T. (1988). *Applied Hydrology*. New York: McGraw-Hill Inc.
- » Guttman et al. (1993). *Regional precipitation quantile values for the continental US computed from L-moments*. *Journal of Climate* 6, 2326–2340.
- » Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima - Perú: Laboratorio DEE.
- » Mintegui Aguirre et al. (1993). *La restauración Hidrológica-Forestal en las cuencas hidrográficas de la vertiente mediterránea*. Andalucía - Granada.
- » Monsalve, S. G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. México.
- » Ruiz, J. D. (2001). *Hidrología; Evolución y visión sistemática, la morfología de cuencas con aplicación*. Barinas, Venezuela: Ediciones de la Universidad Nacional Experimental de los llanos Ezequiel Zamora.
- » Tukey, J. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Massachusetts - E.E.U.U.: Addison-Wesley.
- » Villón Béjar, M. (2012). *Hidroesta 2 - Cálculos Hidrológicos*. Costa Rica: Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico.
- » WMO. (1986). *Manual for estimation of probable maximum precipitation*. *Operational hydrology, Report.1, WMO-No.332*, 269.
- » *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. Reynolds J. John Wiley & Sons, 1998.
- » *Applied Geophysics*. Telford W. et al. Cambridge University Press, 1990.
- » *Applied Hydrogeology*. Fetter C.W. Prentice Hall. 2000.
- » *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*. Singhal B.B.S., Gupta R.P. 2010.