

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Metodología para la exploración de agua subterránea en la parte alta de la cuenca del río Valdivia - California mediante estudios hidrogeológicos y geofísicos en el sector Loma Alta, Santa Elena.

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

#### **Ingeniero en Geología**

Presentado por:

Carlos Xavier Benalcázar Aristega

Nicole Verónica Ramos Kanyat

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2022

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Miriam Aristega que siempre estuvo pendiente de mis avances a lo largo de mi preparación universitaria, a mi padre Juan Benalcázar por apoyarme en todas mis decisiones. Se la dedico a mis hermanas Jennifer y Keinna para quienes deseo ser su ejemplo a seguir. Finalmente dedico este trabajo a mi familia y amigos por quienes gracias a su apoyo pude llegar hasta esta etapa de mi vida.

Xavier Benalcázar

A mi madre, Verónica por ser mi apoyo incondicional en cada momento. A mi padre, Egberto por ser mi mayor ejemplo para seguir. A mi hermana, Meilin por ser mi soporte y ayuda en toda ocasión.

A Jean Pierre, por ser mi sustento emocional, profesional, académica y personalmente. Por último, pero no menos importante a mis amigos que han estado conmigo en esta etapa de mi vida, gracias por su apoyo.

Nicole Ramos

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos profundamente el apoyo recibido por nuestros tutores, el Dr. Paúl Carrión director de CIPAT, al M.Sc. Peter Olaya y a la Ing. María Fernanda Ramírez por sus guías, consejos y apoyos en la realización de este proyecto, igualmente a la M.Sc. Mishelle Muthre por la guía que nos dio. Agradecemos a la Ing. Ximena Quiñonez, a la Ing. Joselyne Solorzano, a la Ing. Emily Sánchez por responder nuestras dudas y darnos su apoyo en las salidas de campo. Finalmente agradecemos a Don Carlos, al presidente de la Comuna Loma Alta Don Wilson Tomalá y a todos sus habitantes por el buen trato y la ayuda brindada para poder realizar este trabajo.

Xavier Benalcázar y Nicole Ramos

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Benalcázar Aristega Carlos Xavier y Ramos Kanyat Nicole Verónica* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

*Carlos Benalcázar A.*

---

**Benalcázar Xavier**

*Nicole Ramos*

---

**Ramos Nicole**

# EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
**KEILA  
MISHELLE  
MUTHRE FREIRE**

-----  
**M.Sc. Mishelle Muthre**

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:  
**PAUL CESAR  
CARRION MERO**

-----  
**Dr. Paul Carrion**

PROFESOR TUTOR

ÚÖVÖÜÄVÖSÖ  
USÖYÖÖÜÖÜ

081 461 846 (\*) 081 100VÖÜÄVÖSÖÄ  
USÖYÖÖÜÖÜ  
081 461 846 (\*) 081 100VÖÜÄVÖSÖÄ  
081 461 846 (\*) 081 100VÖÜÄVÖSÖÄ

-----  
**M.Sc. Peter Olaya**

PROFESOR TUTOR



Firmado electrónicamente por:  
**MARIA FERNANDA  
RAMIREZ PARRALES**

-----  
**Ing. María Fernanda Ramirez**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La provincia de Santa Elena posee comunidades que aprovechan el uso de agua subterránea que extraen de los acuíferos a través de pozos de agua, siendo esta la única fuente de abastecimiento y desarrollo. En el noreste de la provincia se ubica el área de estudio, la comuna "Loma Alta", con una población de 3.471 habitantes, donde su principal sustento de esta población es la agricultura, no poseen un mayor volumen del recurso hídrico para las actividades laborales y consumo humano. Por eso este proyecto tiene como objetivo, explorar las aguas subterráneas de la cuenca alta, mediante estudios geofísicos, hidrogeológicos para la propuesta de la gestión integral de los recursos hídricos.

La metodología que se aplicó para la búsqueda de zonas de aprovechamiento se resume en las siguientes fases: I. Análisis hídrico (cálculo del balance hídrico), II. Análisis litológico (levantamiento litológico), III. Análisis geofísico (interpretación de sev's y tomografías geoeléctricas, IV. Análisis hidrogeológico (inventario de pozos, flujo de agua); así el conjunto de estas fases determina las posibles zonas de explotación para un plan de abastecimiento sostenible. Los resultados señalaron que los mejores meses de aprovechamiento son en finales de enero a la segunda semana de abril en época seca, en cambio en una época húmeda se extiende hasta finales del mes de mayo, en función del espesor se determinó que, entre los poblados de Loma Alta y La Unión se encuentra esta zona de aprovechamiento. Finalmente, se recomienda que se excava por lo menos 5 metros más de la profundidad promedio que tiene los pozos para obtener mayor volumen de agua y así que la explotación del recurso hídrico beneficie a la comuna.

**Palabras Clave:** Métodos geofísicos, agua subterránea, sitios de aprovechamiento, sev's y Loma Alta.

## **ABSTRACT**

*The province of Santa Elena has communities that take advantage of the use of groundwater that they extract from aquifers through water wells, this being the only source of supply and development. In the northeast of the province, the study area is located, the "Loma Alta" commune, with a population of 3,471 inhabitants, where the main livelihood of this population is agriculture, they do not have a greater volume of water resources for work activities. and human consumption. That is why this project aims to explore the groundwater of the upper basin, through geophysical and hydrogeological studies for the proposal of the comprehensive management of water resources.*

*The methodology that was applied to search for harvesting areas is summarized in the following phases: I. Water analysis (calculation of the water balance), II. Lithological analysis (lithological survey), III. Geophysical analysis (interpretation of sev's and geoelectric tomography, IV. Hydrogeological analysis (inventory of wells, water flow); thus, the set of these phases determines the possible exploitation zones for a sustainable supply plan. The results indicated that the best months of use are from the end of January to the second week of April in the dry season, on the other hand in a wet season it extends until the end of May, depending on the thickness it was determined that, between the towns of Loma Alta and La Unión, Finally, it is recommended that at least 5 meters more than the average depth of the wells be dug to obtain a greater volume of water and thus the exploitation of the water resource benefits the community.*

**Keywords:** *Geophysical methods, groundwater, exploitation sites, sev's and Loma Alta.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1 .....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	2
1.2    Justificación del problema .....	3
1.3    Objetivos .....	3
1.3.1    Objetivo General .....	3
1.3.2    Objetivos Específicos.....	4
1.4    Marco teórico.....	4
1.4.1    Área de estudio.....	4
1.4.2    Ubicación geográfica.....	5
1.4.3    Actividades productivas de la población.....	5
1.4.4    Topografía.....	6
1.4.5    Hidrología de la zona .....	6
1.4.6    Clima.....	7
1.5    Marco Geológico .....	7
1.5.1    Formación Cayo.....	8
1.5.2    Formación Seca .....	8
1.5.3    Grupo Ancón.....	8

1.5.4	Miembro Zapotal .....	9
1.5.5	Depósitos Aluviales .....	9
1.6	Marco Estructural .....	9
1.7	Principios de Hidrología .....	11
1.7.1	Hidrogeología.....	11
1.8	Principios Geofísicos .....	13
1.8.1	Método Geofísico .....	13
1.8.2	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's):.....	13
1.8.3	Tomografías geoelectricas .....	13
CAPÍTULO 2 .....		15
2.	Metodología.....	15
2.1	Metodología general.....	15
2.2	Esquema metodológico .....	16
2.3	Equipos & Softwares .....	17
2.3.1	Equipos.....	17
2.3.2	Softwares.....	18
2.4	Revisión Bibliográfica .....	18
2.5	Análisis Multitemporales .....	19
2.5.1	Balance Hídrico.....	19
2.6	Parámetros hidrogeológicos .....	20
2.6.1	Inventario de pozos.....	20
2.6.2	Tabla de parámetros fisicoquímicos .....	20
2.6.3	Mapa de isopiezas .....	21
2.7	Análisis Litológico .....	21
2.8	Análisis Geofísico .....	22
2.8.1	Sondeos Eléctricos Verticales .....	22

2.8.2	Interpretación y correlación litológicas y geofísicas .....	23
2.9	Análisis de fuentes de contaminación de agua subterránea .....	24
2.9.1	Flujo del agua subterránea.....	24
2.9.2	Estudio microbiológico .....	24
CAPÍTULO 3	.....	25
3.	Resultados y Análisis.....	25
3.1	Adquisición de datos .....	25
3.2	Hietograma .....	26
3.2.1	Precipitaciones y temperaturas por temporada .....	28
3.3	Capacidad de campo.....	30
3.4	Evapotranspiración.....	32
3.5	Balance hídrico.....	34
3.6	Inventario de pozos .....	38
3.7	Isopiezas y direcciones de flujo .....	40
3.8	Análisis Microbiológico de pozos .....	42
3.9	Levantamiento de columnas estratigráficas .....	45
3.9.1	Descripción Petrográfica .....	50
3.10	Sondeos Eléctricos Verticales .....	55
3.10.1	Mapa de ubicación de Sondeos eléctricos verticales y tomografías geoelectricas .....	55
3.11	Perfiles Geoelectricos.....	57
3.12	Correlación de perfiles geoelectricos .....	63
3.12.1	Correlación de perfiles geoelectricos A – A' (Sev 01, Sev 10 y Sev 16)	63
3.12.2	Correlación de perfiles geoelectricos B – B' (Sev 03, Sev 12 y Sev 04)	64
3.12.3	Correlación de perfiles geoelectricos C – C' (Sev 09, Sev 14 y Sev 02)	65
3.12.4	Correlación de perfiles geoelectricos D – D' (Sev 13, Sev 11 y Sev 05)	66
3.12.5	Correlación de perfiles geoelectricos E – E' (Sev 15, Sev 06 y Sev 08)	67

3.13	Tomografías geoeléctricas .....	69
3.14	Mapa de zonas de aprovechamiento de aguas subterráneas .....	72
3.15	Discusión.....	72
3.15.1	Análisis de aprovechamiento hídrico.....	72
3.15.2	Potencial hidrogeológico del acuífero.....	73
3.15.3	Evaluación de condición de pozos y calidad de las aguas .....	73
3.15.4	Factibilidad de sitios de aprovechamiento hídrico .....	74
CAPÍTULO 4 .....		75
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	75
4.1	Conclusiones.....	75
4.2	Recomendaciones.....	76
BIBLIOGRAFÍA .....		78
ANEXOS .....		81

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SEV'S	Sondeos eléctricos verticales
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidad para la Infancia
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
CC	Corriente continua
CE	Conductividad eléctrica
Fm	Formación
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
MAGAP	Ministerio de Agricultura y Ganadería
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
TDS	Sólidos totales disueltos
S	Salinidad
C	Conductividad
R	Resistividad
T	Temperatura
CRU TS	Serie temporal de la Unidad de Investigación Climática
POWER	Predicción de Recursos Energéticos Mundiales
ETP	Evapotranspiración Potencial
ETR	Evapotranspiración Real
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
OMS	Organización Mundial de la salud
NE	Noreste
SW	Suroeste
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
P	Precipitaciones

## SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
m	Metro
g/cm <sup>3</sup>	Gramos sobre centímetro cúbico
μS/cm	Microsiemens por centímetro
mS/cm	Milisiemens por centímetro
mm	Milímetros
mm/año	Milímetros por año
pH	Potencial de hidrógeno
V	Volumen
t	Tiempo
Ω	Ohmios
kΩ	Kiloohmio
mg/L	Miligramo sobre litro
ppm	Partes por millón
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
g	Gramo
kg	Kilogramo
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo sobre metro cúbico
L	Litro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
Ωm	Ohmio metro
mΩ	Miliohmios
Cm	Centímetros
HP	Caballos de fuerza
\$	Dólar estadounidense

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de la zona de estudio [Autores].....	5
Figura 1.2 Mapa de la Cuenca del río Valdivia - California .....	7
Figura 1.3 Mapa geológico de la Comuna Loma Alta .....	8
Figura 1.4 Modelo geodinámico de la Costa ecuatoriana (Dumont et al., 2006) .....	10
Figura 2.1 Esquema metodológico .....	16
Figura 2.2 Esquema de pozo de agua de la comuna "Loma Alta" .....	21
Figura 2.3 Toma de datos a través del Sondeo Eléctrico Verticales .....	22
Figura 2.4 Esquema generalizado para la configuración de los electrodos en mediciones para resistividad eléctrica. Modificado de (Hubbard, 2009).....	23
Figura 2.5 Tabla de valores de resistividad de acuerdo con el tipo de roca [Orellana, 1982] .....	23
Figura 3.1 Hietograma del área de estudio [Autores].....	26
Figura 3.2 Gráfica de desviación acumulada de precipitaciones [1981 - 2020].....	28
Figura 3.3 Gráfica de balance hídrico para secuencia seca de 1981 – 1996 .....	35
Figura 3.4 Gráfica de balance hídrico para secuencia húmeda de 1996 – 2002.....	36
Figura 3.5 Gráfica de balance hídrico para secuencia seca de 2002 – 2020 .....	37
Figura 3.6 Mapa de ubicación de pozos donde se midieron niveles freáticos .....	41
Figura 3.7 Mapa de isopiezas y direcciones de flujo [Autores].....	42
Figura 3.8 Ubicación de pozos de muestras microbiológicas.....	43
Figura 3.9 Mapa de afloramientos .....	50
Figura 3.10 Mapa de ubicación de SEV's y tomografías geoeléctricas (TGE) .....	55
Figura 3.11 Mapa de ubicación de correlaciones de perfiles geoeléctricos.....	63
Figura 3.12 Correlación sev 01, 10 y 16 .....	64
Figura 3.13 Correlación sev 03, 12 y 04 .....	65
Figura 3.14 Correlación sev 09, 14 y 02 .....	66
Figura 3.15 Correlación sev 13, 11 y 05 .....	67
Figura 3.16 Correlación sev 15, 06 y 08 .....	68
Figura 3.17 Sitios de aprovechamiento de agua subterránea .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Definiciones hidrológicas .....	11
Tabla 1.2 Definiciones geofísicas .....	13
Tabla 2.1 Equipos usados durante las etapas de este trabajo .....	17
Tabla 2.2 Programas utilizados en este trabajo .....	18
Tabla 2.3 Fuentes bibliográficas y datos relevantes .....	18
Tabla 3.1 Correlación de datos para los parámetros de precipitación.....	25
Tabla 3.2 Precipitaciones anuales, desviación simple y desviación acumulada de 1981 a 2020 [NASA, 2020] .....	26
Tabla 3.3 Precipitación y temperatura de la primera temporada seca (1981 - 1996) [NASA, 2020].....	28
Tabla 3.4 Precipitación y temperatura de la primera temporada húmeda (1996 - 2002) [NASA, 2020].....	29
Tabla 3.5 Precipitación y temperatura de la segunda temporada seca (2002 - 2020) [NASA, 2020].....	29
Tabla 3.6 Propiedades del suelo para texturas no compactadas [Portal Frutícola, 2020] .....	30
Tabla 3.7 Humedad en los suelos según su textura [TRAXCO, 2009] .....	30
Tabla 3.8 Evapotranspiración potencial corregida en la secuencia seca de 1981 – 1996 .....	33
Tabla 3.9 Evapotranspiración potencial corregida en la secuencia húmeda de 1996 – 2002 .....	33
Tabla 3.10 Balance hídrico para la primera secuencia seca de 1981 – 1996 .....	34
Tabla 3.11 Balance hídrico para la primera secuencia húmeda de 1996 – 2002 .....	35
Tabla 3.12 Balance hídrico para la segunda secuencia seca de 2002 – 2020 .....	36
Tabla 3.13 Información general y medición de parámetros físico – químicos de pozos en el área de estudio [Autores] .....	38
Tabla 3.14 Clasificación del agua en base a la concentración total de sólidos disueltos [Darcy, 2020] .....	40
Tabla 3.15 Nivel freático de los 14 pozos seleccionados en el área de estudio [Autores].....	40
Tabla 3.16 Resultado de análisis microbiológico de las 3 muestras microbiológicas	43

Tabla 3.17 Resultados microbiológicos de Mite Defaz, 2015 .....	44
Tabla 3.18 Descripción a macroescala del afloramiento 1 .....	45
Tabla 3.19 Descripción a macroescala del afloramiento 2 .....	46
Tabla 3.20 Descripción a macroescala del afloramiento 3 .....	47
Tabla 3.21 Descripción a macroescala del afloramiento 4 (Parte baja).....	48
Tabla 3.22 Descripción a macroescala del afloramiento 4 (Parte media y Alta) .....	49
Tabla 3.23 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #1 .....	50
Tabla 3.24 Descripción meso de la muestra 02 del afloramiento #1 .....	51
Tabla 3.25 Descripción meso de la muestra 03 del afloramiento #1 .....	51
Tabla 3.26 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #2 .....	52
Tabla 3.27 Descripción meso de la muestra 02 del afloramiento #2 .....	52
Tabla 3.28 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #3 .....	53
Tabla 3.29 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #4 .....	53
Tabla 3.30 Descripción meso de la muestra 02 del afloramiento #4 .....	54
Tabla 3.31 Descripción a meso – escala de la muestra 03 del afloramiento #4 .....	54
Tabla 3.32 Coordenadas de los sondeos eléctricos verticales y distancia lineal abarcada por sondeo.....	55
Tabla 3.33 Coordenadas de las tomografías .....	56
Tabla 3.34 Simbología para litologías de los perfiles geoelectricos .....	57
Tabla 3.35 Sondeo Eléctrico Vertical N°1 .....	58
Tabla 3.36 Sondeo Eléctrico Vertical N°6 .....	59
Tabla 3.37 Sondeo Eléctrico Vertical N°8 .....	60
Tabla 3.38 Sondeo Eléctrico Vertical N°10 .....	61
Tabla 3.39 Sondeo Eléctrico Vertical N°16 .....	62
Tabla 3.40 Presupuesto de elaboración y mejora de pozos según la manera de construcción .....	74

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, si bien el 70% de la población cuenta con agua segura, un 30% aún no lo tiene y se expone a consumir agua con contaminación fecal (Unicef, 2019). Según el Artículo 12 de la constitución de la República del Ecuador “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”. El uso y la importancia del agua ha ido aumentando debido a factores como el crecimiento poblacional, y por consiguiente el desarrollo agropecuario, que sumados a periodos de sequía, e incluso degradación en la calidad de aguas superficiales, provocando que las poblaciones opten por el aprovechamiento subterráneo del recurso.

En el Ecuador existen zonas en las que el agua subterránea es el único recurso accesible para abastecer poblaciones o para la irrigación de cultivos (Burbano, 2011); por este motivo es fundamental que se mantenga actualizada la información hidrogeológica local, exista monitoreos constantes para la detección de potenciales fuentes de contaminación, y se diseñe un plan de gestión integral del recurso.

Loma Alta es una Comuna de la costa ecuatoriana que se abastece de este recurso hídrico por medio de pozos excavados, y por extracción superficial del curso principal del río Valdivia – California. Durante los meses de precipitaciones la población puede satisfacer sus necesidades tanto para consumo, uso agrícola o ganadero, en tanto que durante los meses de poca lluvia no es posible abastecer al 100% las necesidades que se tienen respecto al agua.

En este trabajo describiremos una metodología replicable que permita un estudio subterráneo para identificar zonas de aprovechamiento de agua subterránea a través del uso de métodos geofísicos y análisis hidrogeológicos que permitan a las comunas que presentan problemas de abastecimiento de agua en ciertas temporadas del año optar por nuevas fuentes de abastecimiento.

## 1.1 Descripción del problema

El clima en la costa ecuatoriana es cálido – húmedo, las fuentes de aguas superficiales como ríos provienen desde las montañas y pasan por las provincias ubicadas en la Costa. Santa Elena es una provincia que ha sufrido una tala indiscriminada de árboles, cuenta con precipitaciones anuales muy por debajo de 335 mm, mientras los valores de evapotranspiración rondan los 1100 mm/año haciendo que sufran de sequías durante la época seca y se dificulte abastecer a los pueblos con agua potable, ya sea para consumo humano o actividades como la agricultura (Ministerio de Ambiente, 2001).

La comuna “Loma Alta” es un lugar donde los pobladores se abastecen de agua por bombeo superficial (directamente del río Valdivia – California) y subterráneo (pozos excavados de manera artesanal). Durante los meses que hay precipitaciones el abastecimiento cumple con la demanda potencial del recurso en la población, sin embargo, en los meses de muy bajas a nulas precipitaciones a pesar de integrar la explotación subterránea esta no es suficiente para satisfacer las necesidades hídricas de la comuna.

A partir de datos proporcionados por la Junta de Agua de la Comuna Loma Alta, se conoce de la existencia de 82 pozos de agua, la mayoría de excavación artesanal, de los cuales 2 son pozos de bombeo para uso de la comuna, y los demás están repartidos para uso agropecuario y los restantes son privados.

Adicionalmente según estudio de (Mite Defaz, 2015) un análisis micro bacteriológico a las aguas de 2 pozos de consumo humano en este sitio presentó bacterias como escherichia coli, salmonella y shigella. Por ello es posible que los pozos fueran elaborados sin considerar los potenciales focos de contaminación que puedan afectar la calidad de sus aguas.

Otro factor que puede afectar a la calidad del agua subterránea usada para consumo, en la agricultura o ganadería es la falta de mantenimiento y la no consideración de área que rodea los pozos, cualquier factor externo puede contaminar el agua que este posee si no se encuentra sellado adecuadamente.

## 1.2 Justificación del problema

La comuna Loma Alta tiene como su principal fuente de trabajo la agricultura, de la cual obtiene su mayor ingreso económico. Además la comuna desarrolla actividades productivas donde el recurso hídrico toma un papel indispensable.

En los meses secos la comuna tiene como principal fuente de abastecimiento de agua la explotación de pozos artesanales; si consideramos el aumento de la demanda de agua producto del crecimiento poblacional y la expansión territorial de la agricultura, sumado a los largos periodos de sequía, obligan a los comuneros a buscar lugares idóneos para emplazar nuevos pozos de agua y tratar de cubrir el volumen requerido del recurso.

El presente proyecto tiene un enfoque en los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

**Objetivo 6** - (Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos). El proyecto busca plantear una metodología para la exploración de agua subterránea en la comuna, así mismo plantear guías para una gestión responsable y sostenible del recurso.

**Objetivo 9** - (Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación) se relaciona con el proyecto para la construcción de pozos con criterio técnico considerando el medio, fortaleciendo las actividades agropecuarias y así generando más ingresos.

**Objetivo 11** - (Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles) El proyecto busca educar a los comuneros en cómo llevar un adecuado registro de los pozos, en la gestión sostenible y en medidas de protección de las zonas con agua subterránea.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General

Explorar las aguas subterráneas en la cuenca alta del río Valdivia - California (Loma Alta), mediante estudios geológicos-geofísicos, inventario de pozos, medidas de nivel y parámetro físico-químicos, para la propuesta de un plan de

aprovechamiento de las aguas subterráneas para consumo humano y desarrollo agrícola.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Inventariar los pozos que posee la comuna Loma Alta para llevar el registro de nivel dinámico, nivel estático, coordenadas, pH, conductividad, resistividad, salinidad, sólidos disueltos, temperatura y profundidad para futuros estudios hidrogeológicos.
2. Evaluar el estado de las aguas de pozos artesanales de los sitios de abastecimiento más utilizados por la comuna por medio de la medición de parámetros físico – químicos y biológicos para un diagnóstico de la calidad del agua.
3. Determinar las resistividades del terreno, identificación de las capas saturadas de agua y su correlación con la litología mediante Sondeos Eléctricos Verticales y Tomografías Geoeléctricas en la comuna Loma Alta para la identificación de las capas saturadas.
4. Elaborar perfiles geoeléctricos mediante la interpretación y correlación con aplicación de ArcMap sobre la geología, datos de los pozos de agua y geofísica para la obtención de un modelo conceptual del terreno que permita la identificación de zonas potenciales prioritarias para el aprovechamiento de agua subterránea.
5. Capacitar al personal de la comuna Loma Alta a través de actividades que incluyan la medición de parámetros físico – químicos, medición de niveles de pozos, realización de sondeos eléctricos verticales y tomografías geoeléctricas para que estén preparados para futuros estudios hidrogeológicos.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Área de estudio**

La Comuna Loma Alta se encuentra al noroeste de la vía Ruta del Spondylus en la provincia de Santa Elena, pertenece a la parroquia Colonche. Está conformada por 4 pueblos: Loma Alta, La Unión, La Ponga y El Suspiro. Estos pueblos se asientan en la Cuenca alta del río Valdivia - California.

## 1.4.2 Ubicación geográfica

Se ubica en las faldas de la Cordillera Chongón Colonche entre las parroquias Manglaralto y Colonche al noroeste de la provincia de Santa Elena. Limita geográficamente con Dos Mangas al norte, al sur con Barcelona, al este con Febres Cordero y al oeste con Sinchal (Bucheli et al., 2013).

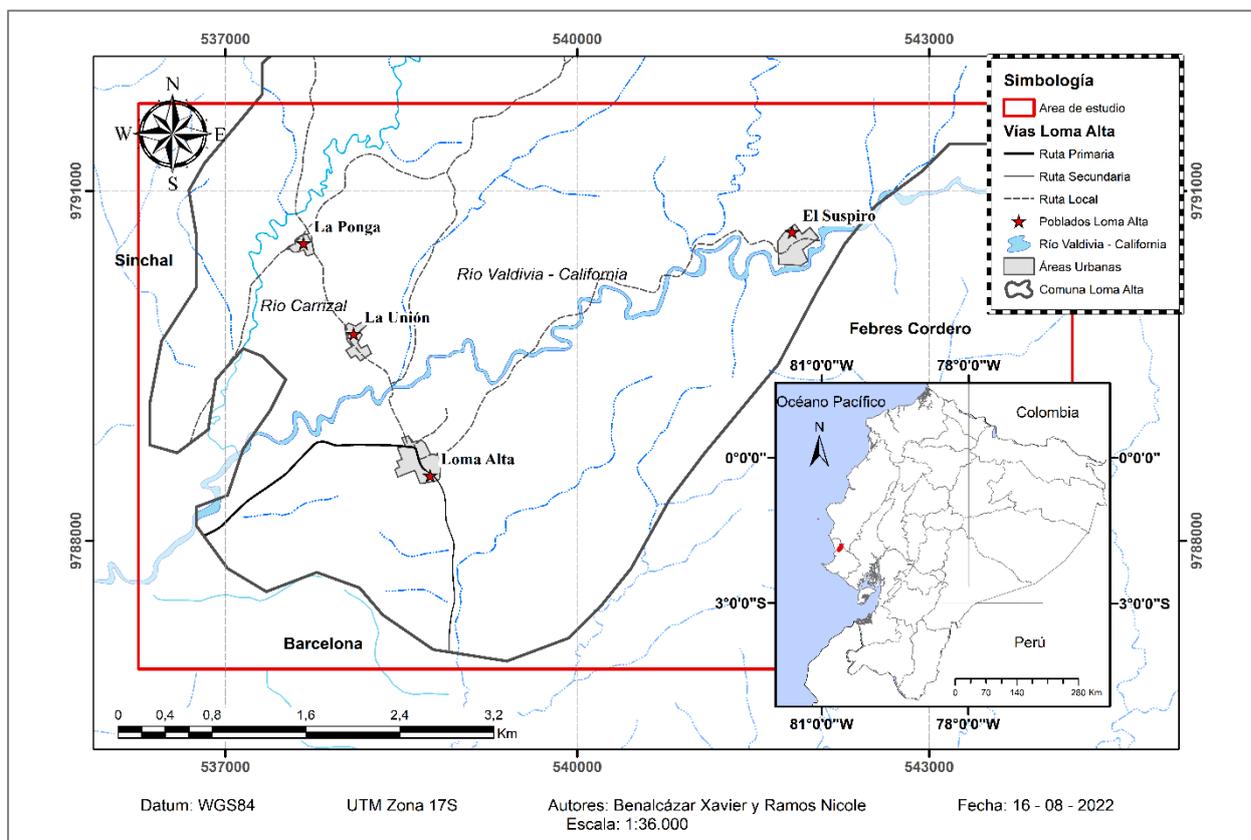


Figura 1.1 Mapa de la zona de estudio [Autores]

## 1.4.3 Actividades productivas de la población

En el pasado la principal actividad de los comuneros era la caza y comercialización de venados, saínos y guantas. Actualmente se dedican a la agricultura, debido a que el clima permite el cultivo de plantas de ciclo corto tales como pimiento, tomate, pepino y plantas medicinales, mientras que entre las plantas de ciclo largo está el limón, la naranja, la toquilla, el borjón, la mandarina, entre otras. También se dedican a la venta de paja toquilla y finalmente la ganadería (Bucheli et al., 2013).

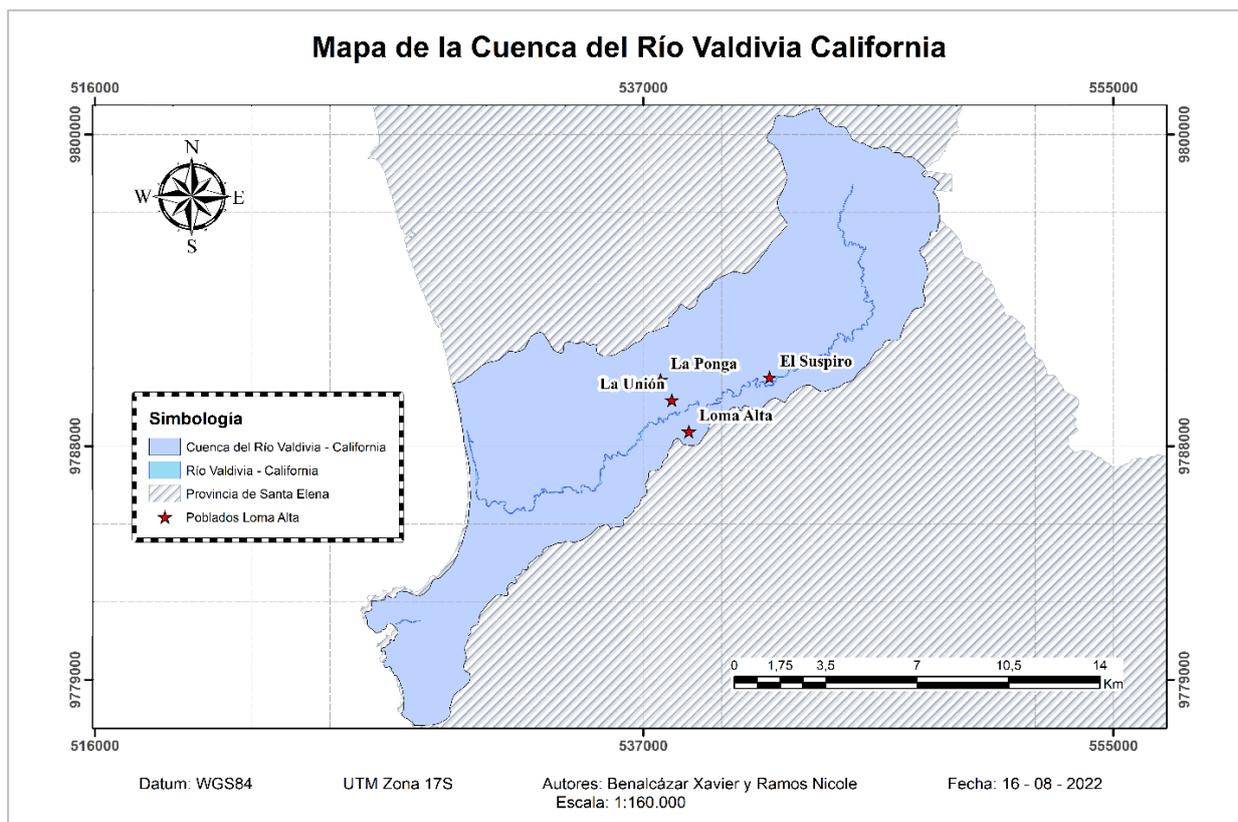
#### **1.4.4 Topografía**

La Comuna Loma Alta posee una superficie de 2892 hectáreas. Limita al norte y al este con la Cordillera Chongón Colonche, al Este con la Reserva Ecológica Comunal de Loma Alta y al sur con el río Valdivia – California (Bucheli et al., 2013).

Se ubica a 400 metros sobre el nivel del mar en esta la Cordillera Chongón Colonche la atraviesa con altitudes que varían desde los 50 a 850 metros sobre el nivel del mar. En dirección oeste se disminuyen las altitudes de colinas altas a colinas bajas, estas poseen ondulaciones suaves en el terreno, entre colinas hay valles estrechos, aquí se pueden hallar planicies o terrazas aluviales tanto como terrazas coluviales.

#### **1.4.5 Hidrología de la zona**

La Comuna Loma Alta aprovecha principalmente el agua proveniente del río Valdivia – California. Esta cuenca nace en los cerros La Torre, Sombreros y Guachineas, la escorrentía superficial del río Valdivia – California va de norte a sur, para luego cambiar de este a oeste siguiendo su camino hasta su desembocadura. El río es de tipo permanente con una longitud de 28 km (Freire et al., 2011).



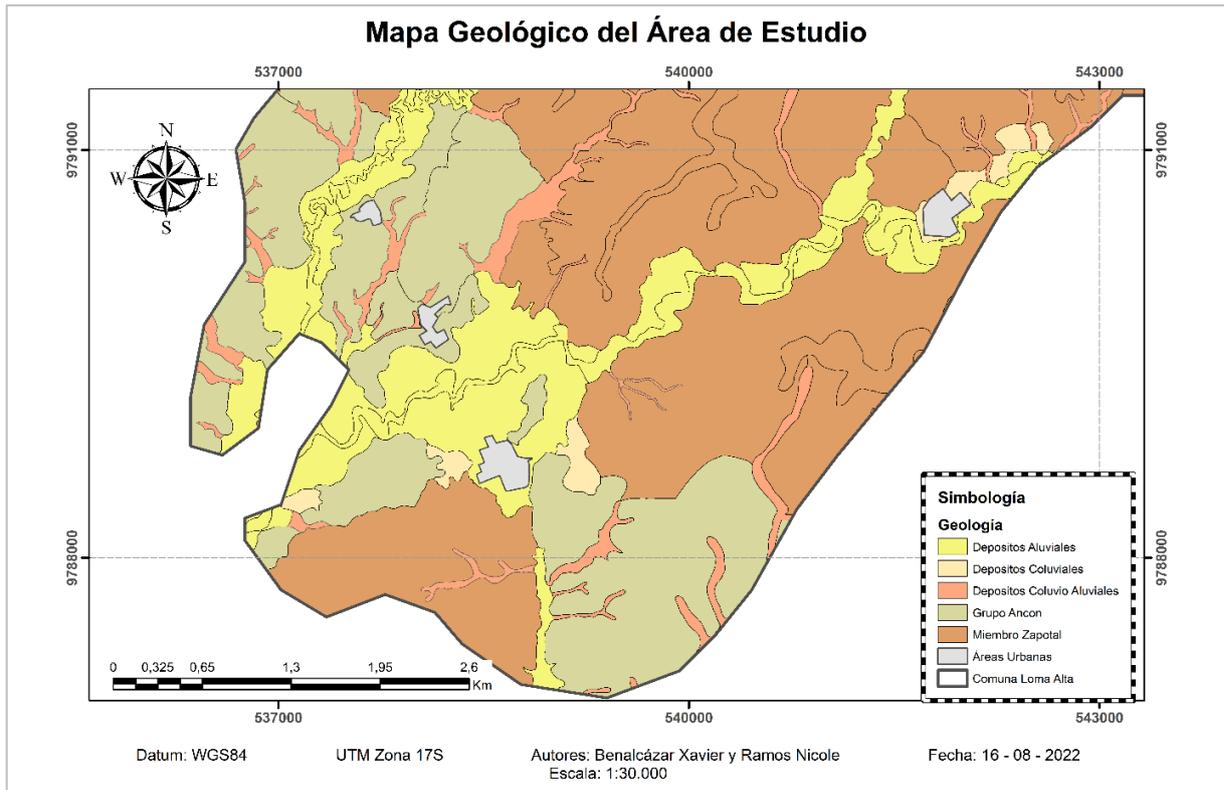
**Figura 1.2 Mapa de la Cuenca del río Valdivia - California**

#### 1.4.6 Clima

La temperatura media en la Comuna son 23 °C, esta fluctúa en temperaturas que van desde los 22 °C en verano hasta los 26 °C en invierno. Los climas varían dependiendo la temporada y la cantidad de lluvias que no suelen ser abundantes, tenemos un clima seco tropical durante los meses lluviosos que van de enero a abril. En temporada de invierno la temperatura del aire sube hasta los 26 °C, los alrededores se caracterizan por ser tierras desérticas a semidesérticas. Los aportes fluviales que recibe el terreno en mayor parte provienen de las zonas altas de la Cordillera Chongón Colonche.

#### 1.5 Marco Geológico

La región costa abarca toda el área del Oeste de la cordillera de los andes geográficamente, es la cuenca sedimentaria del ante arco que está compuesto por basamento ígneo, tapado por una cantidad de rocas sedimentarias de origen continental y marino. Esta abarca formaciones vulcano-sedimentarias de edad Cretácico, donde las formaciones neógenas del ante arco se han depositado (Ministerio de transporte y Obras públicas, 2012).



**Figura 1.3 Mapa geológico de la Comuna Loma Alta**

### 1.5.1 Formación Cayo

La formación Cayo de la edad cretáceo-superior es un grupo que conforma rocas de origen volcánico-clástico depositadas en un ambiente marino, que se compone por: lutitas tobáceas, lutitas calcáreas, aglomerados, subgrauwaquicas, grauwaquicas.

Los sedimentos de la formación cayo están localizados en un arco de islas en proceso de erosión. Además, la formación contiene turbaditas de alta y baja densidad (Jaillard et al., 1995).

### 1.5.2 Formación Seca

La formación Seca de edad eoceno superior en un ambiente de plataforma externa, es parte del Grupo Ancón, la cual está conformada por lutitas de color marrón, areniscas y lutitas de color gris verdoso. Esta formación muestra un espesor de 1200 m máximo (Mora et al., 2007)

### 1.5.3 Grupo Ancón

El Grupo Ancón pertenece al Eoceno medio- superior, lo conforma por tres tipos de formaciones como Formación seca, Formación socorro y Formación Punta

Ancón, según (Jaillard et al., 1995) está constituida por lutitas, areniscas, limolitas con un concentrado de matriz arcillosa expansiva y de expansión.

#### **1.5.4 Miembro Zapotal**

El Miembro Zapotal está formado por areniscas de grano medio combinado con limolitas. La parte basal muestra conglomerados con clastos líticos con forma subangular, calizas y cherts con un espesor de 1.000 metros, se la encuentra de manera discordante en el Grupo Ancón (Campoverde & Fajardo, 2018).

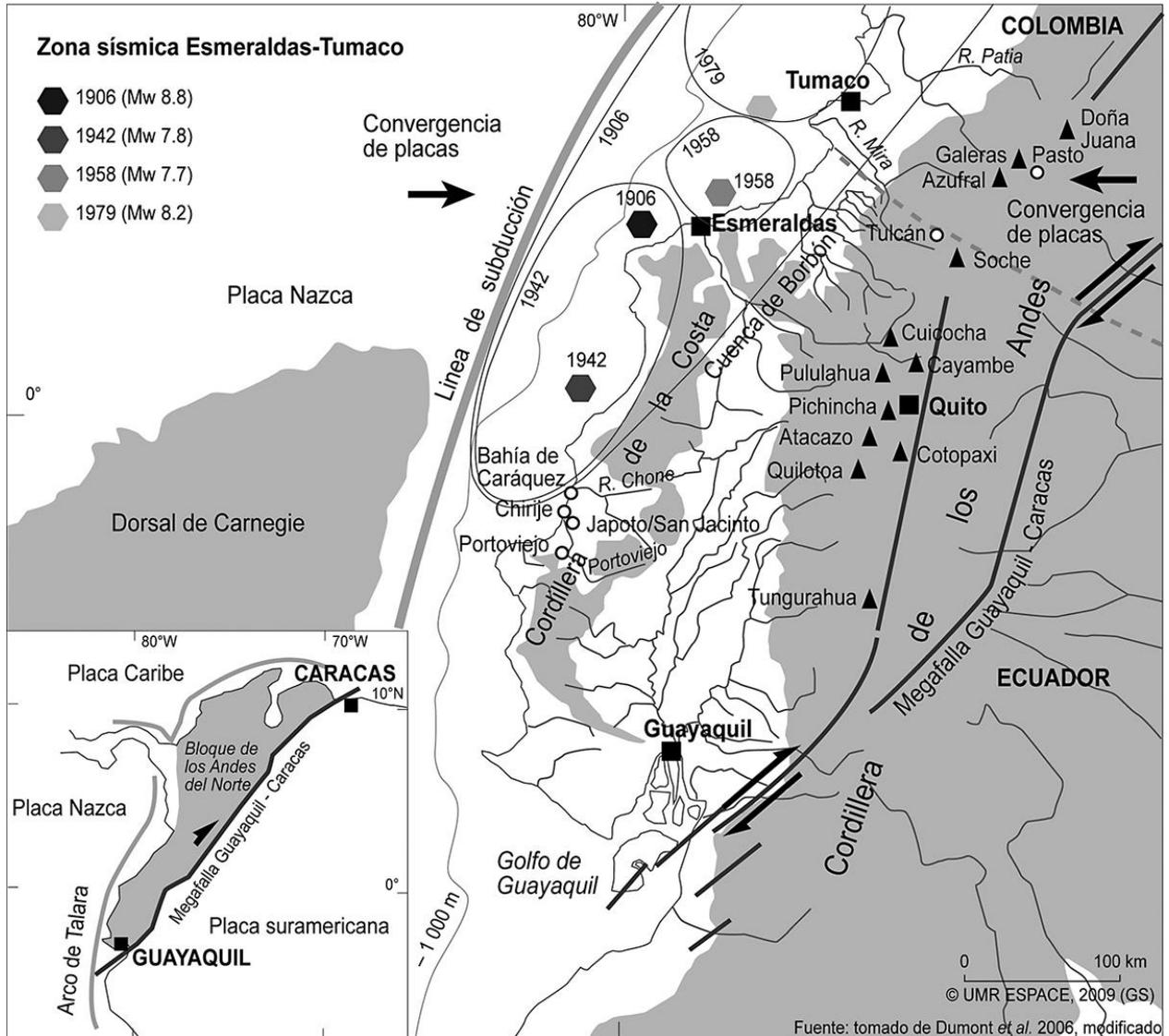
#### **1.5.5 Depósitos Aluviales**

Los depósitos aluviales pertenecen al Holoceno, compuestos generalmente de limo, arcilla, arenas y las arcillas que se encuentran de forma compactas por la acción de las quebradas y ríos, se depositan en las terrazas de la cuenca (Nuñez del Arco , 2003).

#### **1.6 Marco Estructural**

La Costa está conformada por la cuenca del Guayas, los montes marginales y la zona costera.

Esta región es una cuenca de antearco de edad Cretácico superior a Cenozoica, posee como basamento a la Fm. Piñón perteneciente al Cretácico inferior, a esta se superponen sedimentos pelágicos y volcánicos correspondientes a la Fm. Cayo (Viteri, 2019). La continua subsidencia creó las condiciones para una acumulación de sedimentos que permitió que la cuenca Progreso alcanzara una potencia superior a 9.000 metros y que las cuencas Manabí y Borbón alcanzaran los casi 4.000 metros de espesor.



**Figura 1.4 Modelo geodinámico de la Costa ecuatoriana (Dumont et al., 2006)**

El Modelo geodinámico de la costa ecuatoriana, conforme las presunciones corrientemente aceptadas y respaldadas por los nuevos datos estratigráficos y tectónicos, la zona Norte aparece como un bloque exótico acreciendo al continente, poco deformado; mientras que la zona sur se presenta como un bloque con un acortamiento tectónico no despreciable durante el proceso de acreción y rotación. Así la geológica del antearco del sistema de subducción ecuatoriano se puede definir en tres etapas geodinámicas: Pre – colisión (evolución oceánica e insular); Colisión del arco insular contra la placa sudamericana y Post – colisión, creación de la región antearco actual (Viteri, 2019).

## 1.7 Principios de Hidrología

### 1.7.1 Hidrogeología

La hidrogeología o hidrología subterránea estudia todos los aspectos sobre el agua subterránea, como su origen, movimiento, características fisicoquímicas, propiedades de las rocas que almacenan; controla el movimiento del flujo subterráneo, como también la interacción con los suelos y las condiciones en la que se encuentra el acuífero para su aprovechamiento (Custodio & Llamas, 1983).

**Tabla 1.1 Definiciones hidrológicas**

<b>Cuenca Hidrográfica</b>	Zona que contiene una red hidrográfica, que ayuda a cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades como sedimentos, contaminantes y nutrientes a lo largo del sistema de corrientes (Nuñez M. , 2011).
<b>Red Hidrográfica</b>	Es un sistema estructurado que asegura el drenaje de una cuenca. Dentro de su estructura tenemos drenajes y cuenca circulante (Jatrobat, 2012).
<b>Acuífero</b>	Formación geológica que está localizado en el subsuelo, se compone por una o más capas de rocas, que son capaces de almacenar, también tiene la capacidad de contener y transferir agua en grandes cantidades (Gómez, 2009).
<b>Acuífero confinado</b>	Es un acuífero confinado entre dos capas o estratos impermeables, donde se caracteriza por la presión del nivel de agua es superior a la presión atmosférica.
<b>Acuífero libre</b>	El acuífero libre o freáticos. En este tipo de acuífero existe una superficie libre y real del agua almacenada, que está en contacto con el aire y a la presión atmosférica.

<b>Balance Hídrico</b>	Es el análisis de entradas y salidas de agua de un sistema, en general son cuencas hidrográficas o acuíferos, dicho balance se realiza en un intervalo de tiempo determinado. El principio que se sigue es que toda la cantidad de agua que entra por medio de precipitaciones o afluentes debe ser igual a lo que sale mediante evaporación o salidas fluviales (AEMET, 2018).
<b>Isoyetas</b>	Se utilizan en mapas de precipitación, las isoyetas representan la distribución de las precipitaciones en una zona a lo largo del tiempo (Blanco, 2021).
<b>Precipitación</b>	Se la define como el agua que llega a la superficie, ya sea de forma líquida o sólida, además es la fuente principal del ciclo hidrológico. La precipitación se presenta en lluvia, nieve, granizo, etc., estas formas de manifestarse dependen de la temperatura, viento y presión atmosférica (Burbano et al., 2015).
<b>Evapotranspiración</b>	La evapotranspiración es un término que nace de la unión de las palabras evaporación y transpiración, donde las dos palabras indican la cantidad de agua transferida a la atmósfera, pero la primera es el agua que se encuentra en la superficie de la tierra y la segunda es la contenida en los seres orgánicos. Por lo tanto, la evapotranspiración es el vapor de agua transferida hacia la atmósfera contenido en la vegetación y las superficies cubiertas por la vegetación.
<b>Escorrentía</b>	Es el agua lluvia que se desplaza de manera superficial cuando la capacidad de infiltración del suelo ha sido superada o cuando un cauce no puede contener dicha cantidad de agua.
<b>Porosidad</b>	La porosidad es el espacio poroso en el suelo entre partículas minerales (y materia orgánica sólida) llenas de aire o agua. El espacio poroso contiene y controla la mayoría de las funciones del suelo.
<b>Permeabilidad</b>	Es la facilidad con la que un suelo permite el paso de agua, aire o algún otro líquido. En el caso de lluvia o riego, el agua se mueve muy fácilmente a través de suelos altamente permeables y muy lentamente a través de suelos con baja permeabilidad.

## 1.8 Principios Geofísicos

### 1.8.1 Método Geofísico

Los métodos geofísicos nos ayudan investigar y conocer las propiedades del subsuelo, existen varios métodos geofísicos que se beneficia de las propiedades de las rocas, como el método gravimétrico, eléctrico, sísmico y magnético. Buscando perturbaciones locales en los campos naturales que es causado por características geológicas.

El método eléctrico resistivo, es el método más ideal y usado para la búsqueda de aguas subterráneas, consiste localizar y detectar estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo y la técnica de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) (Auge, 2008).

### 1.8.2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's):

La técnica del Sondeo Eléctrico es por medio de corriente continua (CC) haciendo uso de un conjunto de cuatro electrodos, al incrementar progresivamente el espaciado entre los electrodos de potencial y de corriente, así alcanzando mayores profundidades y determina la distribución vertical de resistividades del área de estudio.

### 1.8.3 Tomografías geoelectricas

El método de la Tomografías eléctricas consiste en introducir una corriente eléctrica continua a lo largo de la dirección determinada, a través de dos electrodos de corriente, donde se observa las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos, así reconocer la presencia de capas freáticas.

**Tabla 1.2 Definiciones geofísicas**

Término	Descripción
<b>Resistividad</b>	Es una propiedad básica de los cuerpos que cuantifica la oposición a conducir corriente, ayuda a determinar qué tan buen conductor es. Se mide en ohmios por metro (Gastellou, 2020).

<p><b>Método Schlumberger</b></p>	<p>Es un método de medición de resistividad que emplea el uso de 4 electrodos. Los electrodos de diferencia de potencial están a una distancia <b>b</b> y los electrodos de inyección de corriente están a una distancia <b>a</b> con respecto a los de diferencia de potencial, un electrodo a cada lado (Ferrer &amp; Novoa, 2017).</p>
<p><b>Geoeléctrica</b></p>	<p>Permite determinar las propiedades de las rocas bajo la superficie basados en los valores resistividad que presentan. Son usados en distintas ramas tales como la Hidrogeología, entre los métodos tenemos SEV's, potencial espontáneo, calicatas eléctricas y polarización inducida (Calvetty Amboni, 2004).</p>
<p><b>Método Wenner</b></p>	<p>Es un arreglo tetra – electródico usado para medir la resistividad del suelo haciendo uso de electrodos ordenados en línea recta, y distanciados con medidas ya definidas que permiten alcanzar valores más a profundidad (Moreno, Valencia, &amp; Villa, 2007).</p>
<p><b>Perfiles geoeléctricos</b></p>	<p>Los perfiles geoeléctricos, se los elabora junto las resistividades de los sondeos eléctricos y correlación con la geología de la zona de estudio, asociando la variación de resistividades se asocia con el cambio de material y es posible conocer la profundidad de este a través la observación de la distancia entre los electrodos (Zavala, 2012).</p>

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Metodología general

La metodología empleada en este trabajo consiste en una serie de distintos análisis cuyas interpretaciones nos permitirán como resultado final elaborar un mapa de aprovechamiento de agua subterránea en la Comuna Loma Alta, como fase inicial se tiene la recopilación de estudios, artículos y fuentes bibliográficas que aporten datos de interés que permitan encaminar los objetivos planteados en este trabajo, la bibliografía y metodologías extraídas serán utilizados en distintos análisis, dentro de la fase de análisis geofísico tenemos la realización de sondeos eléctricos verticales y tomografías en zonas estratégicas del área de estudio, los datos resultantes permitirán interpretar perfiles geoeléctricos; en la fase de análisis hidrogeológico se caracterizará el acuífero basándonos en los datos obtenidos de manera bibliográfica e interpretaciones provenientes de los perfiles geoeléctricos; seguido tenemos la fase de análisis litológico, consiste inicialmente de un levantamiento de campo que permita recopilar información geológica del área de estudio, también se realizarán columnas estratigráficas, con estos datos se procederá a realizar el mapa geológico de la zona, esta fase puede correlacionar la litología identificada en campo con la interpretada a través de SEV's; finalmente tenemos la fase de análisis hídrico, se pretende dentro de este realizar un balance hídrico, un inventario de datos de pozos, un análisis de posibles fuentes de agua contaminada a través de estudios microbiológicos, se elaborará mapas de direcciones de flujo del agua, mapa de isoyetas e isopiezas. Con lo anteriormente descrito se podrá realizar un mapa de sitios de aprovechamiento de agua subterránea, en la siguiente figura podrán observar a detalle el esquema metodológico de este trabajo.

## 2.2 Esquema metodológico

En la Figura se presenta el flujograma de la metodología con el detalle de cada fase:

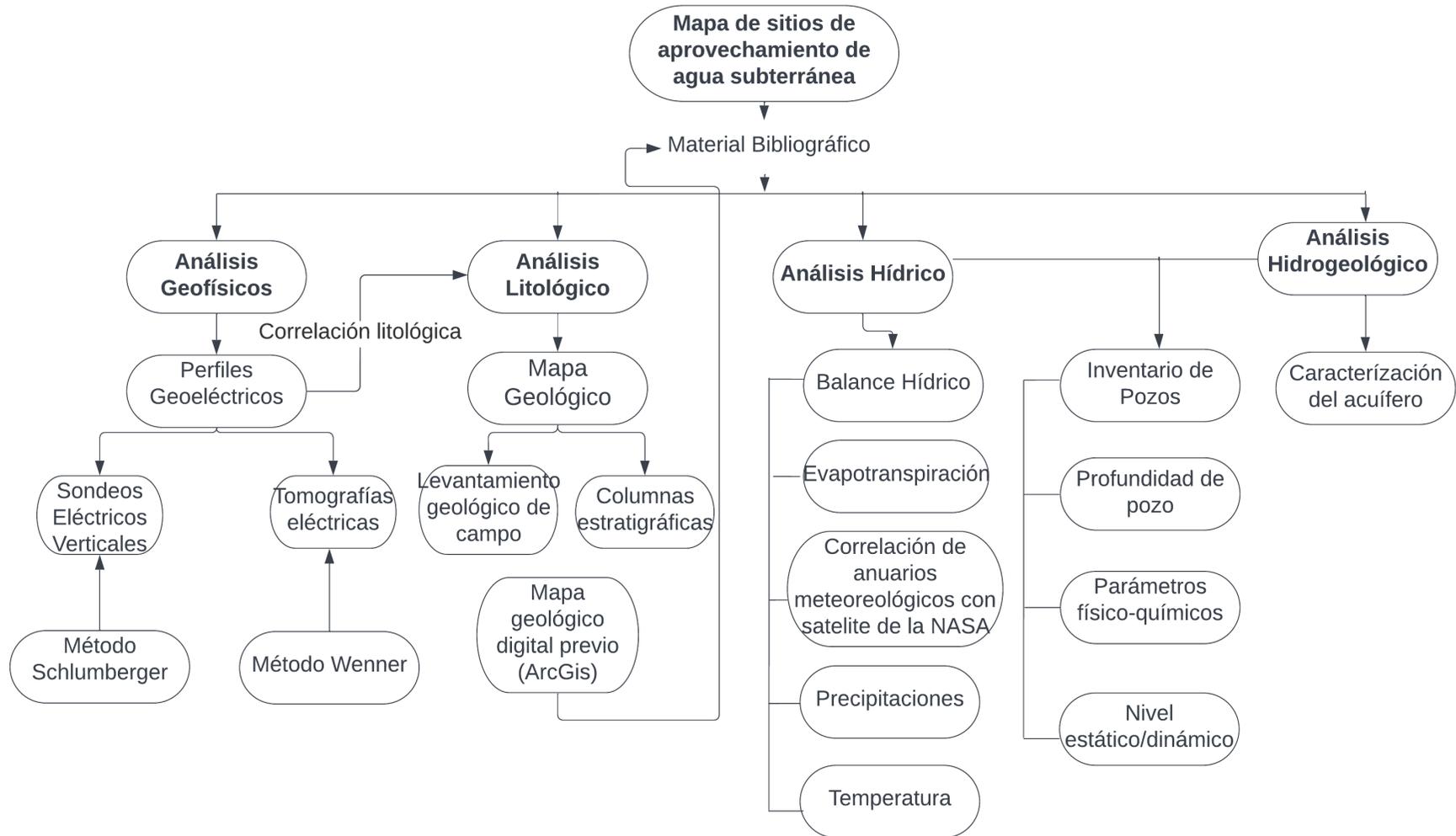


Figura 2.1 Esquema metodológico

## 2.3 Equipos & Softwares

### 2.3.1 Equipos

La **Tabla 2.1** muestra la descripción de los equipos que fueron utilizados en campo.

**Tabla 2.1 Equipos usados durante las etapas de este trabajo**

Equipo	Descripción del Equipo	Imagen
Brújula geológica	Marca: Brunton GEO 5010 Precisión del acimut: $\pm 1/2^\circ$ con graduaciones de $1^\circ$	
Navegador	GPS de Mano Garmin GPSMAP Serie 64x	
Martillo geológico	Modelo: E3-22P Peso: 680g	
Fundas para muestras	Tipo: ziplock Tamaño: 19.5 x 17.7 cm	
Cinta métrica	Longitud: 50m Ancho: 13mm	
Flexómetro	Tamaño: 74 x 71 x 40 mm	
Equipo Multiparamétrico	Material del equipo: Plástico Longitud del cable: 1.5 m	
Sonda	Material del equipo: acero inoxidable Profundidad máxima de medición: 10 m	
Equipo de Sondeo Eléctrico Verticales	Modelo: Terrameter SAS 1000, Batería de 24 V Porta cables de corriente y voltaje Cables de interconexión Electrodos	
Medidor de pH	Indicador de pH, resolución 0.1 pH y $0.1^\circ\text{C}$	

### 2.3.2 Softwares

En la **Tabla 2.2** se visualiza la descripción de los softwares de soporte para el procesamiento de los datos tomados en campo.

**Tabla 2.2 Programas utilizados en este trabajo**

Software	Logo	Descripción
ArcGis 10.5	 ArcGIS	Programa que ayuda a visualizar, explorar, editar los dataset del sistema de información geográfico (SIG) del área de estudio.
IPI2Win		Software que está diseñado a la interpretación de 1D de las curvas de sondeo eléctrico vertical a lo largo de un perfil con los datos de SEV's tomados en el área de estudio.
RES2DINV		Posee una versión de demostración gratuita que permite al usuario guardar los resultados de la inversión para conjuntos de datos 2D (incluida la topografía) con hasta 84 electrodos. La versión completa admite hasta 12000 electrodos.
Avenza Maps	 Avenza Maps	Aplicación móvil que carga mapas ya georreferenciados, además permite navegar sin conexión
SedLog		Programa que es utilizado para la creación, impresión y manipulación de registros gráficos de sedimentos, que proporciona una interfaz gráfica básica con controles de visualización y entrada de datos.
Geo5 2022 Estratigrafía		Este programa posee una versión demo para cada uno de los softwares incluidos, en nuestro caso usamos el de "Estratigrafía".

### 2.4 Revisión Bibliográfica

**Tabla 2.3 Fuentes bibliográficas y datos relevantes**

Información	Descripción	Fuente	Año
Estudio microbiológico al agua en pozos de Loma Alta	Bacterias presentes en los pozos de consumo de la población	Mite Geomara Universidad de Guayaquil	2015
Caracterización hidrogeológica de la cuenca Valdivia - California	Datos relevantes del acuífero	Rojas Juan ESPOL	2010

Anuarios meteorológicos	Datos de estaciones pluviométricas	INAMHI	1990 - 2013
Mapa hidrogeológico	Permeabilidades, acuíferos, presencia de pozos	Secretaría Nacional del agua, AECID, ESPOL TECH	2014
Información geológica en formato shapefile	Formaciones geológicas y litología del área de estudio	MAGAP	2005
Información geográfica de área de estudio	Ríos, carreteras, pueblos	Instituto Geográfico Militar	2013
Predicción de recursos energéticos mundiales	Datos de precipitaciones y temperatura	NASA	1981 - 2021

## 2.5 Análisis Multitemporales

Dentro del análisis multitemporal se tiene gran parte de los datos utilizados para la elaboración del balance hídrico, se usarán dos metodologías para la obtención de datos, principalmente de temperatura y precipitaciones, consiste en un programa elaborado por la NASA y que es de acceso libre en su página de Prediction of Worldwide Energy Resources. La evapotranspiración se halló mediante la ecuación de Thornthwaite.

$$e = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{t_m}{I}\right)^a$$

**Ecuación 1. Cálculo de la evapotranspiración sin corregir según la ecuación de Thornthwaite.**  $t_m$  es la temperatura media mensual en °C,  $I$  es el índice de calor anual.

### 2.5.1 Balance Hídrico

El intervalo analizado abarca desde 1981 hasta el 2020, los datos extraídos de la página Predicción de Recursos Energéticos Mundiales brinda información a detalle y constante, manejando esta información se procederá a llenar la siguiente tabla del **Anexo 1**.

La capacidad de campo a usar es la densidad aparente del suelo que predomina en el área de estudio. La evapotranspiración será calculada haciendo uso de ecuaciones inicialmente sin corregir y seguido llevándose a calcular la evapotranspiración corregida.

$$ETP = ETP_{\text{sin corregir}} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$

**Ecuación 2. Cálculo de la evapotranspiración corregida según la ecuación de Thornthwaite. N es el número máximo de horas de sol: 12.01 en Ecuador. d es el número de días de cada mes.**

## **2.6 Parámetros hidrogeológicos**

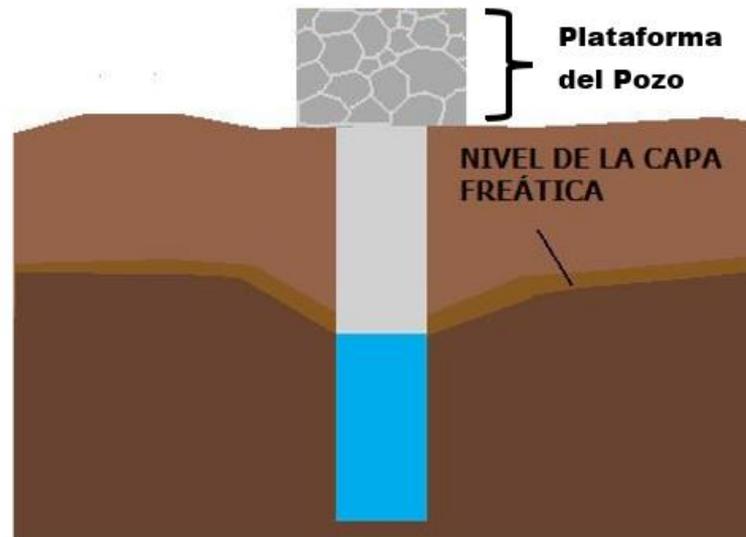
En esta sección se realizó un registro y descripción de los pozos existentes en la comuna, la medición de parámetros fisicoquímicos del agua de los pozos seleccionados y la elaboración del mapa de isopiezas que nos ayudara a representar la forma de la superficie freática del sistema del acuífero. Posteriormente se especificará a detalle esta sección.

### **2.6.1 Inventario de pozos**

La comuna Loma Alta comprende 82 pozos que está dividido entre pozos de riego y de consumo humano, en el proyecto se realizó un análisis de flujo de agua y bacteriológico que nos ayudó a la selección de los pozos a estudiar, para el registro de los pozos se elaboró la tabla del **Anexo 2** con la ubicación geográfica de los pozos, la profundidad, la medición de las plataformas de cada pozo y nombres de los pozos con referencia para la identificación de los mismos por parte de los comuneros.

### **2.6.2 Tabla de parámetros fisicoquímicos**

En este apartado se llevó a cabo la toma de parámetros químicos del agua por medio del equipo multiparamétrico, los parámetros medidos son: pH, salinidad (S), temperatura (T), Total de sólidos disueltos (TDS). Por otro lado, los parámetros físicos del agua de cada pozo son medidos por los parámetros como conductividad (C), resistividad (R), nivel estático y nivel dinámico.



**Figura 2.2 Esquema de pozo de agua de la comuna "Loma Alta"**

### **2.6.3 Mapa de isopiezas**

El mapa de isopiezas representa una distribución del potencial hidráulico del agua del acuífero, esta representación se lleva a cabo a partir de isolíneas que simbolizan puntos de igual potencial hidráulico. Para el procedimiento de la elaboración del mapa, se recopiló el mayor número de datos sobre los niveles piezométricos de la zona de estudio y referenciándolo con las cotas sobre el mapa, esta compilación de datos forma parte del trabajo que se denomina "Inventario de puntos de agua".

Para la elaboración del mapa de isopiezas se usó el software ArcGis para identificar la dirección del flujo.

### **2.7 Análisis Litológico**

El proceso consiste en el reconocimiento de litologías, litofacies, contactos entre unidades entre otros a través de salidas de campo donde se recolectarán datos en los alrededores de la zona de estudio, el consecuente análisis de lo recopilado permitirá realizar una columna estratigráfica. De la misma manera al georreferenciar afloramientos se podrá llevar a cabo la realización de un mapa geológico a mano que posteriormente se digitalizará. La geología resultante se contrastará con la geología descrita en estudios anteriores.

## 2.8 Análisis Geofísico

En esta fase se realizó una campaña geofísica de sondeos eléctricos verticales (**Figura 2.3**), para la identificación del tipo de material por medio de la distribución de la resistividad del suelo, estimar los espesores de las capas litológicas y las condiciones de humedad del subsuelo.



**Figura 2.3 Toma de datos a través del Sondeo Eléctrico Verticales**

### 2.8.1 Sondeos Eléctricos Verticales

Este método consiste en determinar el parámetro de resistividad a profundidad, mediante la inyección de corriente eléctrica en el subsuelo y la medición del potencial resultante a través de un arreglo electródico. Por medio de los electrodos emisores se induce corriente continua al terreno, formando un campo eléctrico cuyas señales son receptadas a través de los electrodos receptores, obteniendo o de esta manera el potencial inducido y la resistividad de las formaciones atravesadas. La disposición de electrodos fue la configuración de Schlumberger, en la cuál a mayor separación de electrodos receptores es también mayor la profundidad investigada.

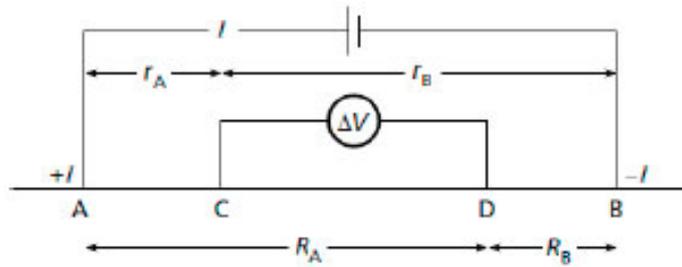


Figura 2.4 Esquema generalizado para la configuración de los electrodos en mediciones para resistividad eléctrica. Modificado de (Hubbard, 2009)

### 2.8.2 Interpretación y correlación litológicas y geofísicas

En esta sección consiste en realizar perfiles geoelectricos y mapas de resistividad, conjunto a la tabla de valores de resistividades según el tipo de roca (Figura 2.5).

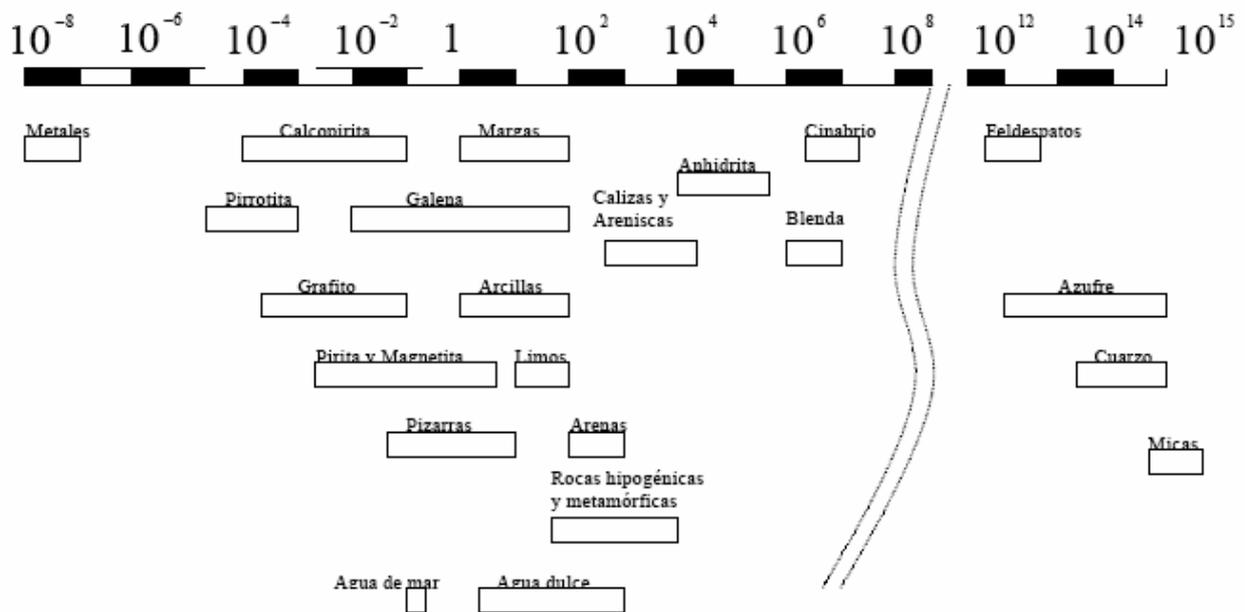


Figura 2.5 Tabla de valores de resistividad de acuerdo con el tipo de roca [Orellana, 1982]

Para elaborar los perfiles geoelectricos, se correlaciono la litología y geofísica del área de estudio por medio de los SEV's realizados en campo, junto la interpretación litológica, para obtener la profundidad de las capas en los puntos desconocidos y la extensión de cada estrato. Estos se realizaron en el software IPI2Win y Geo5 2022 Estratigrafía.

## **2.9 Análisis de fuentes de contaminación de agua subterránea**

En esta fase se analiza los flujos de agua contaminadas, los agentes microbiológicos en los pozos de riego y consumo humano, para determinar la red de flujo con grado alto de contaminación que pasan por los pozos que se abastecen. Este análisis es basado según el estudio de Mite Defaz (2015) del análisis micro bacteriológico a las aguas de 2 pozos de consumo humano que presentaron bacterias como escherichia coli, salmonella y shigella.

### **2.9.1 Flujo del agua subterránea**

Para la elaboración del mapa de flujo de agua subterráneo usaremos las cotas de los niveles de agua pozos y los interpolaremos en ArcMap para crear una capa que indique la dirección que toma el curso del agua en el subsuelo.

### **2.9.2 Estudio microbiológico**

Luego de haberse reconocido las posibles fuentes contaminantes y las direcciones de flujo se elegirán pozos estratégicos que consideremos podrían estar siendo afectados y aquellos que no corren este riesgo. Teniendo la hipótesis comprobada se puede proceder al paso final de determinar las zonas de aprovechamiento factibles de agua subterránea.

# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados y Análisis

### 3.1 Adquisición de datos

Se correlaciono los datos de precipitación y temperatura media anual mediante satélites y anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI para los años de 1994,1995, 2000 y 2007.

Los satélites utilizados en la correlación fueron:

- GeoEye–1, utilizando la extensión “Five – Degree Blocks of Cells” (Bloques de células de cinco grados) la cual contiene cuadrículas (cajas de rejillas) con la serie de datos CRU TS (Climatic Research Unit Timeseries – (Serie temporal de la Unidad de Investigación Climática)
- Satélite de la NASA, POWER (Predicción de recursos energéticos mundiales) la cual proporciona conjunto de datos solares y meteorológicos de la investigación de la NASA para apoyar la energía renovable y las necesidades agrícolas.

La estación meteorológica del INAHMI que se correlaciona es la M245 (El Suspiro) ubicada en la Comuna Loma Alta cerca de “El Suspiro”, esta estación solo cuenta con datos en los anuarios de 1994, 1995, 2000, 2002 y 2007.

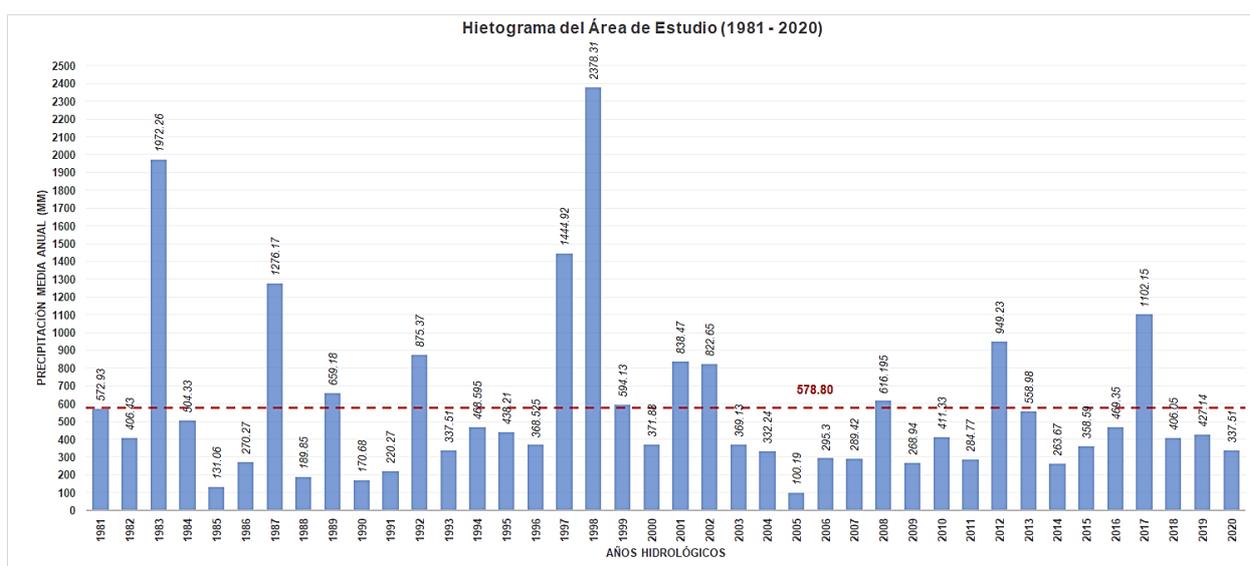
**Tabla 3.1 Correlación de datos para los parámetros de precipitación**

<b>Año</b>	<b>Correlación de Satélite de la NASA con Estación M245</b>	<b>Correlación de Satélite de Google Earth con Estación M245</b>
<b>1994</b>	0.957827749	0.92011143
<b>1995</b>	0.959343297	0.805424574
<b>2000</b>	0.837081189	0.525679465
<b>2007</b>	0.734795811	0.752458835
<b>Promedio</b>	<b>0.872262012</b>	<b>0.750918576</b>

Al calcular el coeficiente de correlación lineal, se busca un grado de dispersión de los valores de la variable (precipitación) cuyo coeficiente sea lo más cercano a 1, para ello se promedió las correlaciones de los 4 años y finalmente se eligieron los datos del Satélite de la NASA con los Anuarios del INAHMI.

### 3.2 Hietograma

La línea roja en el hietograma representa la media de precipitaciones desde 1981 a 2020 para todos los valores anuales, el valor corresponde a 578.80 mm. Los años que sobrepasan esta media son 1983, 1987, 1989, 1992, 1997, 1998, 2001, 2002, 2008, 2012 y 2017. Los años que excedieron excepcionalmente los valores de precipitación media fueron 1983, 1987, 1997 y 1998. Principalmente los años de 1983 y 1998 se deben por la presencia del Fenómeno del Niño (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2021).



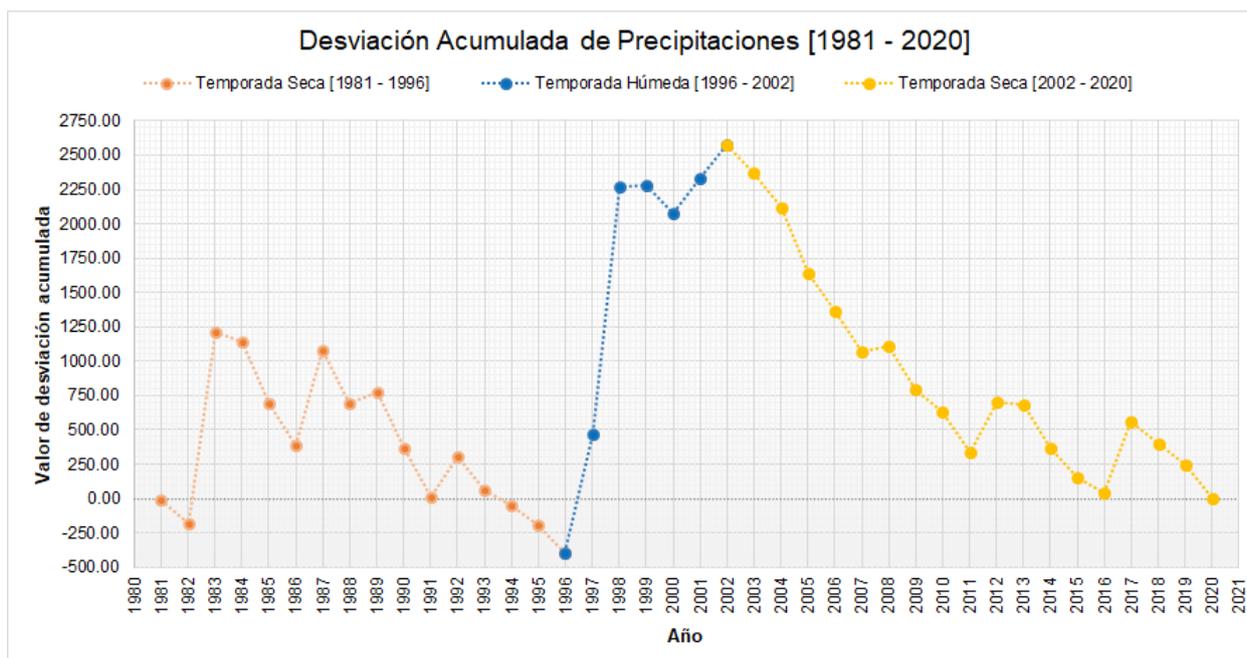
**Figura 3.1 Hietograma del área de estudio [Autores]**

Con los datos de precipitación media mensual extraídos de la Tabla 3.2, se usaron los valores de desviación acumulada para poder identificar los intervalos a usar para el balance hídrico y elaborar la Figura 3.2.

**Tabla 3.2 Precipitaciones anuales, desviación simple y desviación acumulada de 1981 a 2020 [NASA, 2020]**

Año	Precipitación Anual	Desviación simple	Desviación acumulada
1981	572.93	-5.87	-5.87
1982	406.43	-172.37	-178.25
1983	1972.26	1393.46	1215.21
1984	504.33	-74.47	1140.73
1985	131.06	-447.74	692.99
1986	270.27	-308.53	384.45

1987	1276.17	697.37	1081.82
1988	189.85	-388.95	692.86
1989	659.18	80.38	773.24
1990	170.68	-408.12	365.11
1991	220.27	-358.53	6.58
1992	875.37	296.57	303.14
1993	337.51	-241.29	61.85
1994	468.60	-110.21	-48.36
1995	438.21	-140.59	-188.95
1996	368.53	-210.28	-399.23
1997	1444.92	866.12	466.88
1998	2378.31	1799.51	2266.39
1999	594.13	15.33	2281.71
2000	371.88	-206.92	2074.79
2001	838.47	259.67	2334.45
2002	822.65	243.85	2578.30
2003	369.13	-209.67	2368.62
2004	332.24	-246.56	2122.06
2005	100.19	-478.61	1643.44
2006	295.30	-283.50	1359.94
2007	289.42	-289.38	1070.56
2008	616.20	37.39	1107.95
2009	268.94	-309.86	798.08
2010	411.33	-167.47	630.61
2011	284.77	-294.03	336.57
2012	949.23	370.43	707.00
2013	558.98	-19.82	687.17
2014	263.67	-315.13	372.04
2015	358.59	-220.21	151.82
2016	469.35	-109.45	42.37
2017	1102.15	523.35	565.71
2018	406.05	-172.75	392.96
2019	427.14	-151.66	241.29
2020	337.51	-241.29	0.00



**Figura 3.2 Gráfica de desviación acumulada de precipitaciones [1981 - 2020]**

### 3.2.1 Precipitaciones y temperaturas por temporada

En la **Figura 3.2** se identificaron 2 tendencias, una seca en los intervalos de 1981 a 1996 y del 2002 al 2020; mientras la tendencia húmeda fue del año 1996 al 2002.

Las **Tablas 3.3, 3.4 y 3.5** se muestran los promedios mensuales de precipitaciones y temperaturas de los años especificados en cada tendencia que se van a usar para la elaboración del balance hídrico.

#### 3.2.1.1 Temporada seca (1981 – 1996)

**Tabla 3.3 Precipitación y temperatura de la primera temporada seca (1981 - 1996) [NASA, 2020]**

	Precipitaciones	Temperaturas
<b>Enero</b>	72.51	25.09
<b>Febrero</b>	145.90	25.50
<b>Marzo</b>	136.42	25.60
<b>Abril</b>	81.18	25.19
<b>Mayo</b>	33.92	24.68
<b>Junio</b>	25.08	23.74
<b>Julio</b>	20.14	22.93
<b>Agosto</b>	3.00	22.54
<b>Septiembre</b>	3.15	22.80

<b>Octubre</b>	8.93	23.04
<b>Noviembre</b>	5.50	23.43
<b>Diciembre</b>	18.12	24.23
<b>Total anual</b>	553.85	24.06

### 3.2.1.2 Temporada húmeda (1996 – 2002)

**Tabla 3.4 Precipitación y temperatura de la primera temporada húmeda (1996 - 2002)**  
[NASA, 2020]

	<b>Precipitaciones</b>	<b>Temperaturas</b>
<b>Enero</b>	120.42	25.19
<b>Febrero</b>	233.34	25.60
<b>Marzo</b>	271.24	25.69
<b>Abril</b>	140.93	25.18
<b>Mayo</b>	60.06	24.43
<b>Junio</b>	21.40	23.18
<b>Julio</b>	9.72	22.96
<b>Agosto</b>	3.62	23.06
<b>Septiembre</b>	10.16	23.16
<b>Octubre</b>	7.75	23.36
<b>Noviembre</b>	37.47	23.61
<b>Diciembre</b>	58.02	24.66
<b>Total anual</b>	974.13	24.17

### 3.2.1.3 Temporada seca (2002 – 2020)

**Tabla 3.5 Precipitación y temperatura de la segunda temporada seca (2002 - 2020)**  
[NASA, 2020]

	<b>Precipitaciones</b>	<b>Temperaturas</b>
<b>Enero</b>	69.41	25.45
<b>Febrero</b>	148.61	25.81
<b>Marzo</b>	131.50	25.73
<b>Abril</b>	68.67	25.57
<b>Mayo</b>	17.31	25.07
<b>Junio</b>	3.53	24.27
<b>Julio</b>	1.99	23.75
<b>Agosto</b>	1.29	23.40
<b>Septiembre</b>	0.34	23.34

<b>Octubre</b>	2.37	23.48
<b>Noviembre</b>	0.58	23.79
<b>Diciembre</b>	10.35	24.75
<b>Total anual</b>	455.94	24.53

### 3.3 Capacidad de campo

Para el cálculo de la capacidad de campo del área de estudio, se investigó la textura predominante. Para ello, se accedió a la base de datos del (Instituto Geográfico Militar, 2017) y se descargaron los datos del suelo predominante del área de estudio, siendo este de tipo **arenoso**.

Para proceder con el cálculo se procedió a establecer un volumen de control de 1 m de profundidad y 1 hectárea, teniendo así 10000 m<sup>3</sup>. La densidad aparente para la textura de suelo identificado es 1.65 g/cm<sup>3</sup> según la **Tabla 3.6** (Portal Frutícola, 2020).

**Tabla 3.6 Propiedades del suelo para texturas no compactadas [Portal Frutícola, 2020]**

<b>Textura</b>	<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Porosidad (%)</b>
Arenosa	1.65 (1.55 – 1.80) *	38 (32 – 42) *
Franca	1.40 (1.35 – 1.50) *	47 (43 – 49) *
Franco arcillosa	1.35 (1.30 – 1.40) *	49 (47 – 51) *
Arcillosa	1.25 (1.20 – 1.30) *	53 (51 – 55) *

\* Valores entre paréntesis corresponden al rango.

Para la capacidad de campo estimada para la textura de suelo arenosa se usó la **Tabla 3.7** (TRAXCO, 2009)

**Tabla 3.7 Humedad en los suelos según su textura [TRAXCO, 2009]**

<b>Humedad en el Suelo</b>			
<b>Textura del suelo</b>	<b>Capacidad de campo</b>	<b>Punto de marchitamiento</b>	<b>Humedad disponible</b>

Arenoso	9%	2%	7%
Arenoso – franco	14%	4%	10%
Franco arenoso – limoso	23%	9%	14%
Franco arenoso + materia orgánica	29%	10%	19%
Franco	34%	12%	22%
Franco – arcilloso	30%	16%	14%
Arcilloso	38%	34%	14%
Arcilloso con buena estructura	50%	30%	20%

El cálculo de la capacidad de campo del área de estudio se muestra a continuación:

$$V_{control} = 10000 \text{ m}^3$$

$$\rho_{aparente} = 1.65 \text{ g/cm}^3$$

$$Cc = 9\%$$

$$\rho_{aparente} = \frac{m}{V_{control}}$$

$$m = V_{control} * \rho_{aparente}$$

$$m = (10000 \text{ m}^3) * \left(1.65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) * \left(\frac{10^6 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3}\right) * \left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right)$$

$$m = 16.5 \times 10^6 \text{ kg}$$

Esta es la masa para el volumen de control. La densidad del agua es de 1000 kg/m<sup>3</sup>, es así, que se plantea la siguiente relación.

$$\rho_{agua} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} ; 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$\rho_{agua} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}$$

Con esta relación entre kg y litros, la masa del volumen de control puede expresarse también de la siguiente manera con respecto a la densidad del agua.

$$m = 16.5 \times 10^6 \text{ L}$$

Este volumen se distribuye sobre una superficie de 10000 m<sup>2</sup>, por lo tanto:

$$m = \frac{16.5 \times 10^6 \text{ L}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$m = 1650 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}$$

$$\frac{L}{m^2} = mm$$

$$m = 1650 mm$$

La capacidad de campo final se obtiene de la siguiente forma:

$$Capacidad\ de\ campo = 1650\ mm * 0.09$$

$$Capacidad\ de\ campo = 148.5\ mm$$

La capacidad de campo obtenida representa la reserva máxima en nuestra área de estudio.

### 3.4 Evapotranspiración

Se procedió a aplicar la metodología de Thornthwaite para el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP). Este método se desarrolla correlacionando datos de evapotranspiración potencial medida en evapotranspirómetros localizados en cuencas hidrológicas, con datos de temperatura media mensual y duración del día (Monsalve, 1999).

Las ecuaciones necesarias son:

$$I = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T_n}{5}\right)^{1.514}$$

Donde I representa el índice de calor anual en °C, T<sub>n</sub> es el valor de las temperaturas medias mensuales.

$$a = (675 * 10^{-9}) * I^3 - (771 * 10^{-7}) * I^2 + (179 * 10^{-4}) * I + 0.492$$

Donde a es un coeficiente necesario para obtener la evapotranspiración sin corregir, su fórmula es la siguiente:

$$ETP_{sincorr} = 16 * \left(\frac{T}{I}\right)^a$$

Este cálculo se lo hace mensualmente por lo que T representa la temperatura media mensual, e I es el índice de calor anual antes mencionado.

La ecuación de la evapotranspiración debe ser corregida como se va a mostrar a continuación:

$$ETP_{corr} = ETP_{sincorr} * \frac{N}{12} * \frac{d}{30}$$

Donde N es el número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y latitud. Respecto a Ecuador, se encuentra en la latitud 0° con hasta 12:10 horas de sol

por día en el caso específico de Loma Alta, y d es el número de días que tiene cada mes.

Para proceder al cálculo de la evapotranspiración se eligió el inicio del año hídrico en octubre cuando la reserva es 0 y hay poca presencia de precipitaciones.

**Tabla 3.8 Evapotranspiración potencial corregida en la secuencia seca de 1981 – 1996**

			a: 2.987			
	Temperatura	Índice de calor anual	ETP sin corregir	N° de días del mes	N° de horas luz	ETP corregido
<b>Octubre</b>	23.04	10.11	89.19	31	12.05	92.55
<b>Noviembre</b>	23.43	10.36	93.72	30	12.05	94.11
<b>Diciembre</b>	24.23	10.91	103.68	31	12.05	107.59
<b>Enero</b>	25.09	11.49	114.98	31	12.05	119.30
<b>Febrero</b>	25.50	11.78	120.73	28	12.05	113.15
<b>Marzo</b>	25.60	11.85	122.19	31	12.05	126.79
<b>Abril</b>	25.19	11.57	116.38	30	12.05	116.87
<b>Mayo</b>	24.68	11.21	109.52	31	12.05	113.64
<b>Junio</b>	23.74	10.58	97.57	30	12.05	97.97
<b>Julio</b>	22.93	10.03	87.88	31	12.05	91.19
<b>Agosto</b>	22.54	9.77	83.49	31	12.05	86.63
<b>Septiembre</b>	22.80	9.94	86.40	30	12.05	86.76
<b>Octubre</b>	23.04	10.11	89.19	31	12.05	92.55
<b>Total anual</b>	288.76	129.61				1246.55

**Tabla 3.9 Evapotranspiración potencial corregida en la secuencia húmeda de 1996 – 2002**

			a: 3.015			
	Temperatura	Índice de calor anual	ETP sin corregir	N° de días del mes	N° de horas luz	ETP corregido
<b>Octubre</b>	23.36	10.32	92.62	31.00	12.05	96.10
<b>Noviembre</b>	23.61	10.48	95.56	30.00	12.05	95.96
<b>Diciembre</b>	24.66	11.20	109.04	31.00	12.05	113.15
<b>Enero</b>	25.19	11.56	116.17	31.00	12.05	120.54
<b>Febrero</b>	25.60	11.85	121.96	28.00	12.05	114.30
<b>Marzo</b>	25.69	11.92	123.37	31.00	12.05	128.01
<b>Abril</b>	25.18	11.56	116.01	30.00	12.05	116.49
<b>Mayo</b>	24.43	11.04	105.99	31.00	12.05	109.97
<b>Junio</b>	23.18	10.20	90.49	30.00	12.05	90.87
<b>Julio</b>	22.96	10.05	87.85	31.00	12.05	91.16
<b>Agosto</b>	23.06	10.12	88.99	31.00	12.05	92.34
<b>Septiembre</b>	23.16	10.19	90.24	30.00	12.05	90.61
<b>Octubre</b>	23.36	10.32	92.62	31.00	12.05	96.10
<b>Total Anual</b>	290.07	130.49				1259.51

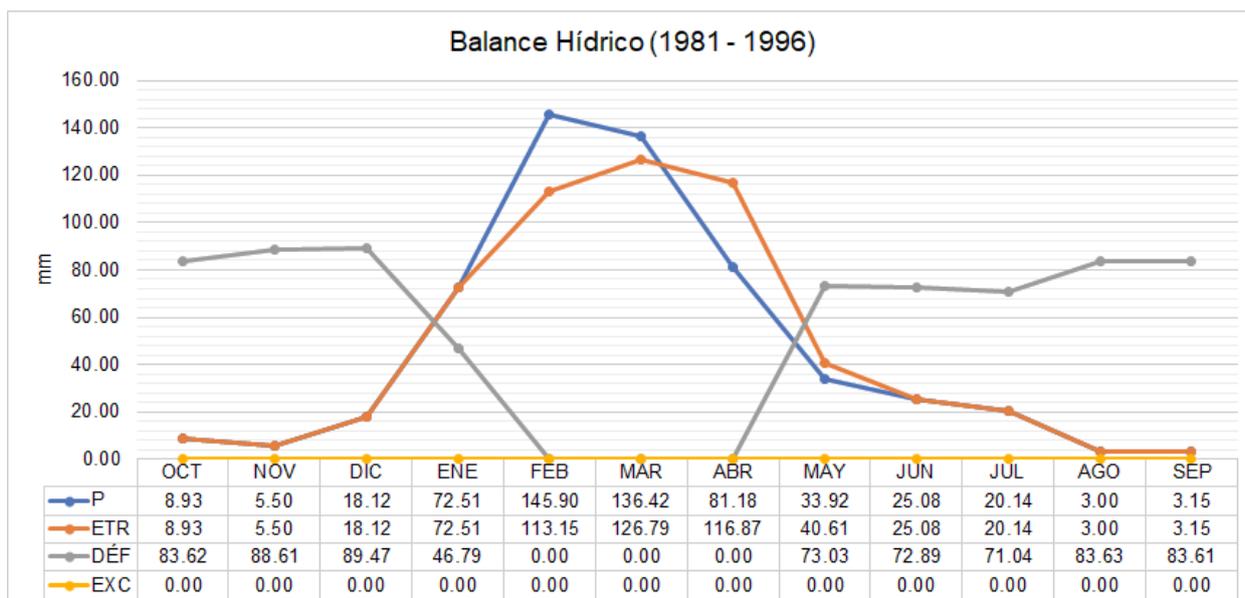
### 3.5 Balance hídrico

Para la elaboración del balance hídrico se necesitaba la reserva máxima o la capacidad de campo calculada en la **Sección 3.3** que fue de 148.5 mm. En este procederemos a analizar la evapotranspiración real del área de estudio para cada temporada. Como información general si la precipitación es menor a la evapotranspiración potencial, el valor de precipitación se convierte en la evapotranspiración real, caso contrario, la evapotranspiración potencial se vuelve evapotranspiración real. Seguido adjuntamos las tablas de cada secuencia.

**Tabla 3.10 Balance hídrico para la primera secuencia seca de 1981 – 1996**

	P	ETP	ETR	Déficit	Reserva Reserva máx: 148.5 mm	Excedentes
<b>Octubre</b>	8.93	92.55	8.93	83.62	0.00	0.00
<b>Noviembre</b>	5.50	94.11	5.50	88.61	0.00	0.00
<b>Diciembre</b>	18.12	107.59	18.12	89.47	0.00	0.00
<b>Enero</b>	72.51	119.30	72.51	46.79	0.00	0.00
<b>Febrero</b>	145.90	113.15	113.15	0.00	32.75	0.00
<b>Marzo</b>	136.42	126.79	126.79	0.00	42.38	0.00
<b>Abril</b>	81.18	116.87	116.87	0.00	6.69	0.00
<b>Mayo</b>	33.92	113.64	40.61	73.03	0.00	0.00
<b>Junio</b>	25.08	97.97	25.08	72.89	0.00	0.00
<b>Julio</b>	20.14	91.19	20.14	71.04	0.00	0.00
<b>Agosto</b>	3.00	86.63	3.00	83.63	0.00	0.00
<b>Septiembre</b>	3.15	86.76	3.15	83.61	0.00	0.00
<b>Total Anual</b>	553.85	1246.55	553.85	692.70		0.00

Desde el mes de octubre a enero todos los mm de lluvia fueron evapotranspirados, en los meses de febrero y marzo precipitó más de lo que se evapotranspiró por lo que la reserva llegó a un máximo de 42.38 mm que representa el 28.54% de la reserva máxima, en el mes de abril llovió menos que lo que se debía evapotranspirar, sin embargo, gracias a la reserva se evitó el déficit, para el resto de meses de mayo a septiembre no hubo reserva y si déficit, es así que la evapotranspiración real fue lo que se precipitaba cada mes, esto se comprueba en el total anual donde las precipitaciones son iguales a la evapotranspiración real.



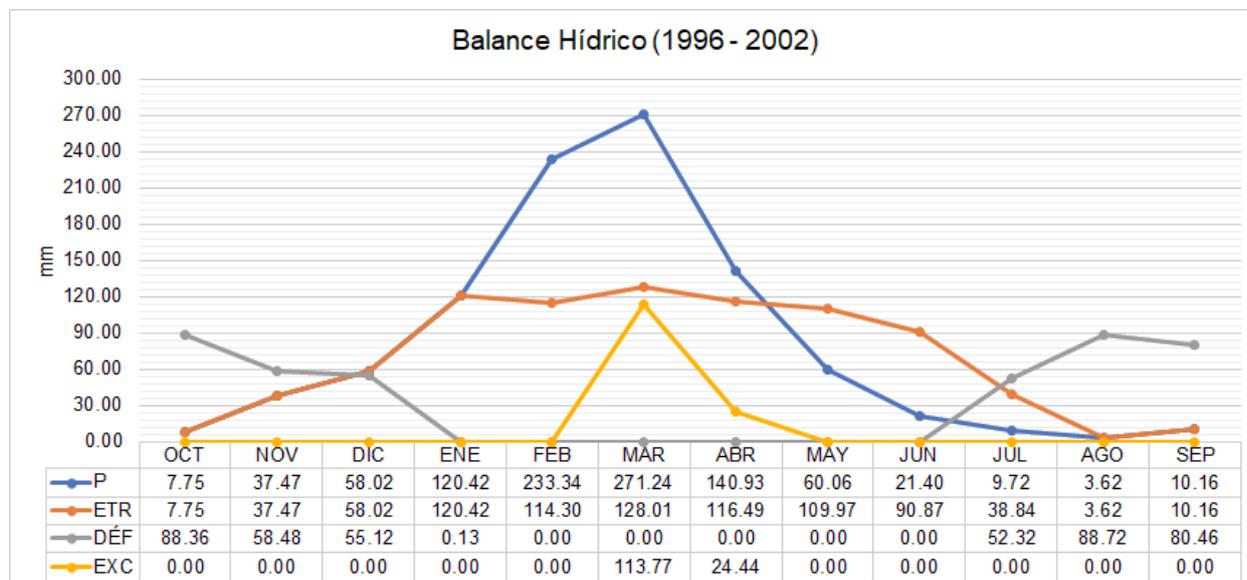
**Figura 3.3 Gráfica de balance hídrico para secuencia seca de 1981 – 1996**

**Tabla 3.11 Balance hídrico para la primera secuencia húmeda de 1996 – 2002**

	P	ETP	ETR	Déficit	Reserva máx: 148.5 mm	Excedentes
<b>Octubre</b>	7.75	96.10	7.75	88.36	0.00	0.00
<b>Noviembre</b>	37.47	95.96	37.47	58.48	0.00	0.00
<b>Diciembre</b>	58.02	113.15	58.02	55.12	0.00	0.00
<b>Enero</b>	120.42	120.54	120.42	0.13	0.00	0.00
<b>Febrero</b>	233.34	114.30	114.30	0.00	119.04	0.00
<b>Marzo</b>	271.24	128.01	128.01	0.00	148.50	113.77
<b>Abril</b>	140.93	116.49	116.49	0.00	148.50	24.44
<b>Mayo</b>	60.06	109.97	109.97	0.00	98.59	0.00
<b>Junio</b>	21.40	90.87	90.87	0.00	29.12	0.00
<b>Julio</b>	9.72	91.16	38.84	52.32	0.00	0.00
<b>Agosto</b>	3.62	92.34	3.62	88.72	0.00	0.00
<b>Septiembre</b>	10.16	90.61	10.16	80.46	0.00	0.00
<b>Total Anual</b>	974.13	1259.51	835.93	423.58		138.21

Desde el mes de octubre a enero todos los mm de lluvia fueron evapotranspirados, en los meses de febrero, marzo y abril precipitó más de lo que se evapotranspiró por lo que la reserva llegó a su máximo desde el mes de marzo, a partir de eso se tuvo excedentes en los meses de marzo y abril, en los meses de mayo y junio llovió menos que lo que se debía evapotranspirar, sin embargo, gracias a la reserva se evitó el déficit, el mes de julio se llevó lo último que quedaba de la reserva pero de igual manera quedó déficit, para los últimos

meses de agosto y septiembre no hubo reserva por ende se tuvo déficit, finalmente revisando el total anual las precipitaciones superiores a la evapotranspiración real teniendo un registro de excedentes de 138.21 mm.



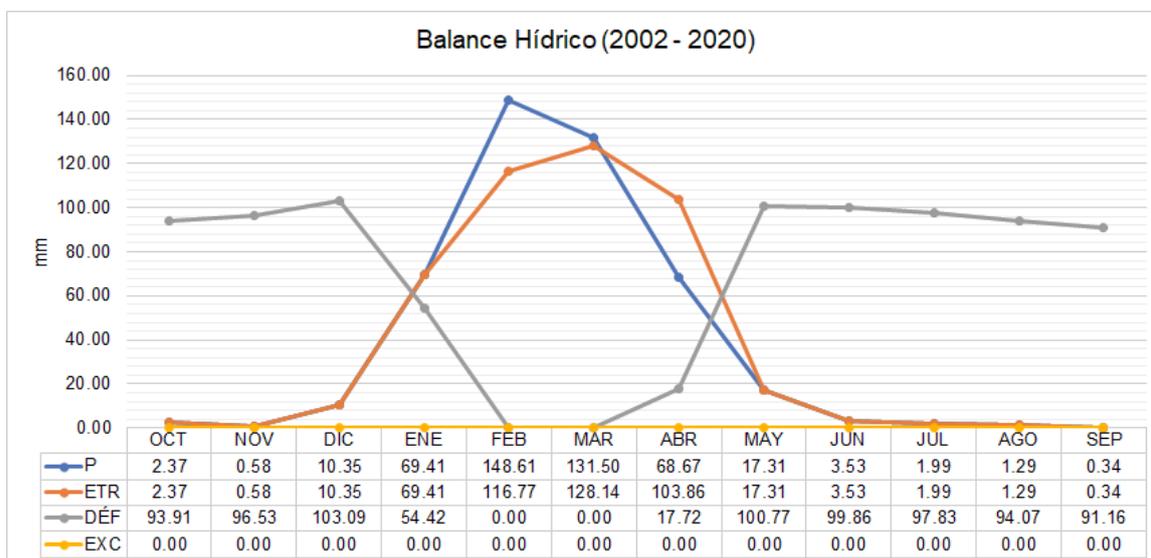
**Figura 3.4 Gráfica de balance hídrico para secuencia húmeda de 1996 – 2002**

**Tabla 3.12 Balance hídrico para la segunda secuencia seca de 2002 – 2020**

	P	ETP	ETR	Déficit	Reserva máx: 148.5 mm	Excedentes
<b>Octubre</b>	2.37	96.28	2.37	93.91	0.00	0.00
<b>Noviembre</b>	0.58	97.11	0.58	96.53	0.00	0.00
<b>Diciembre</b>	10.35	113.44	10.35	103.09	0.00	0.00
<b>Enero</b>	69.41	123.83	69.41	54.42	0.00	0.00
<b>Febrero</b>	148.61	116.77	116.77	0.00	31.83	0.00
<b>Marzo</b>	131.50	128.14	128.14	0.00	35.20	0.00
<b>Abril</b>	68.67	121.58	103.86	17.72	0.00	0.00
<b>Mayo</b>	17.31	118.08	17.31	100.77	0.00	0.00
<b>Junio</b>	3.53	103.39	3.53	99.86	0.00	0.00
<b>Julio</b>	1.99	99.82	1.99	97.83	0.00	0.00
<b>Agosto</b>	1.29	95.36	1.29	94.07	0.00	0.00
<b>Septiembre</b>	0.34	91.50	0.34	91.16	0.00	0.00
<b>Total Anual</b>	455.94	1305.29	455.94	849.36		0.00

Desde el mes de octubre a enero todos los mm de lluvia fueron evapotranspirados, en los meses de febrero y marzo precipitó más de lo que se evapotranspiró por lo que la reserva llegó a un máximo de 35.20 mm que representa el 23.70% de la reserva máxima, en el mes de abril llovió menos que

lo que se debía evapotranspirar, sin embargo, se usó el total de la reserva lo que ayudó a reducir el déficit, para el resto de meses de mayo a septiembre no hubo reserva y si déficit, es así que la evapotranspiración real terminó siendo lo que se precipitaba cada mes, esto se comprueba en el total anual donde las precipitaciones son iguales a la evapotranspiración real.



**Figura 3.5 Gráfica de balance hídrico para secuencia seca de 2002 – 2020**

Comparando las secuencias anteriores nos fijamos que entre los dos intervalos secos aquel que tuvo la menor cantidad de precipitaciones fue el que va de 2002 a 2020 con un total de 455.94 mm anuales, en cambio el intervalo de 1981 a 1996 fue de 553.85 mm. La secuencia húmeda tuvo una precipitación anual de 974.13 mm. Los meses de recarga de reservas para todas las secuencias inicia en febrero y continúa hasta marzo solo en las secuencias secas, para la secuencia húmeda se extiende hasta el mes de abril. En el intervalo de 1981 – 1996 las reservas se agotaron en el mes de mayo, en tanto que en el intervalo de 2002 – 2020 las reservas se agotaron en abril, para el intervalo húmedo de 1996 – 2002 las reservas se agotaron en el mes de julio. Según los datos en una secuencia seca se tendrá déficit hídrico en los meses de mayo a enero, para el caso de la secuencia húmeda el déficit hídrico estará presente en los meses de julio a enero.

### 3.6 Inventario de pozos

Tabla 3.13 Información general y medición de parámetros físico – químicos de pozos en el área de estudio [Autores]

	Pozo 01	Pozo 02	Pozo 03	Pozo 04	Pozo 05	Pozo 06	Pozo 07	Pozo 08	Pozo 09	Pozo 10	Pozo 11	Pozo 12
<b>Coordenada X</b>	538346	538140	538204	537997	542370	542060	541676	539581	537838	538687	537821	537560
<b>Coordenada Y</b>	9789196	9789081	9789377	9789551	9790774	9790676	9790407	9789569	9791200	9789400	9789495	9789115
<b>Coordenada Z</b>	45 ± 3	45 ± 3	47 ± 3	51 ± 3	90 ± 3	85 ± 3	85 ± 3	55 ± 3	64 ± 3	50 ± 3	48 ± 3	40 ± 3
<b>Uso</b>	Consumo Humano	Riego	Consumo Humano	Riego	Riego	Riego	Consumo Humano	Riego	Riego	Riego	Riego	Riego
<b>Broca [m]</b>	0.76	Nivel	0.26	Nivel	Nivel	0.9	0.94	1.67	Nivel	Nivel	Nivel	0.1
<b>Nivel Estático [m]</b>	4.18	0	1.48	0	0	0.9	2.47	2.77	0	0.58	0	0
<b>Profundidad [m]</b>	8.6	6	8	4.85	2.5	3.3	4.85	5.75	8	8	2	8
<b>Conductividad</b>	1.377 ms/cm	5.230 ms/cm	1.398 ms/cm	1.886 ms/cm	843.7 µs/cm	1.936 ms/cm	1.261 ms/cm	1.245 ms/cm	4.046 ms/cm	1.040 ms/cm	3.279 ms/cm	1.797 ms/cm
<b>Resistividad [Ω o kΩ]</b>	1.374 kΩ	359.9 Ω	1.331 kΩ	997.5 Ω	2.238 kΩ	996 Ω	1.477 kΩ	1.513 kΩ	468.2 Ω	1.815 kΩ	576.3 Ω	1.435 kΩ
<b>TDS [mg/L]</b>	358.8	1379	373.9	502.2	223.2	514.4	338.2	330.1	1072	275.5	869.8	349
<b>Temperatura [°C]</b>	24.6	23.8	25.4	23.4	23.4	23.6	23.9	23.6	21.6	23.4	23.2	23.5
<b>pH</b>	7.07	7.05	6.85	6.91	7.13	7.34	7.21	7.51	7.47	7.32	6.64	7.06
<b>Salinidad [ppm]</b>	359.8	1459	370.3	495.1	216.4	515.9	334	325.9	1113	268.9	878.7	343.1
<b>Observaciones</b>	Toma de muestra microbiológica	-	-	Toma de muestra microbiológica	-	-	-	-	-	Toma de muestra microbiológica	Descomposición de plantas, olor fuerte	-

Según la normativa TULSMA el pH del agua tanto para consumo humano como para riego debe estar entre 6 – 9, de manera que todos los pozos cumplen con esto.

Para el parámetro de temperatura el agua debe estar a temperatura ambiente con una variación permisible de  $\pm 3$ , los datos fueron tomados en el mes de julio, según la **Tabla 3.5** la temperatura debe rondar los 23.75, de tal manera todos los pozos cumplen la norma.

Con respecto a la conductividad mientras más alta sea va a poseer más cationes y aniones. La OMS establece para el agua potable debe poseer una conductividad de entre 50 a 100  $\mu\text{s/cm}$  a 20 °C (Arpi Barrera & Yunga Guamán, 2017). Una manera para saber qué tan salada se puede encontrar el agua es con la conductividad, mientras más alta se encuentre es indicativo de más presencia de sales disueltas. Para consumo humano se recomienda una conductividad de 500  $\mu\text{s/cm}$ , en tanto que para riego se sugiere una conductividad que vaya desde los 800  $\mu\text{s/cm}$  hasta los 2500  $\mu\text{s/cm}$  (Agrosal Ivia, 2014).

Según los datos los pozos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 12 poseen conductividades en el rango de agua de riego, de estos los pozos 1, 3 y 7 son de consumo humano, sin embargo, con un adecuado tratamiento pueden seguir siendo utilizados con este fin. Los últimos 3 pozos son el 2, 9 y 11 estos poseen conductividades por fuera de los límites sugeribles, en el caso de los pozos 2 y 9 la razón es similar y es que fueron realizados luego de excavar 1 metro de suelo de manera que las paredes de tierra que se desprenden y caen al pozo aumentan la cantidad de sales disueltas.

Se conoce que el pozo 9 está fuera de servicio y que el pozo 2 es usado únicamente para riego, este utiliza una bomba para extraer el agua desde la parte más baja y es posible que su conductividad se vea reducida por lo que no hay problema en continuar siendo usado para riego, no es recomendable para consumo humano en sus condiciones actuales. La situación del pozo 11 no se debe al desprendimiento de tierra sobre el mismo, sino a la gran cantidad de hojas que caen y se descomponen en la superficie del agua, este pozo expide un olor fuerte al acercarse, evitando que las hojas caigan se puede mejorar su condición. De momento si la conductividad sigue aumentando el agua podría tornarse salobre lo cual afectaría directamente a los cultivos. Finalmente para todos los valores de conductividad se sugiere no superar los 1.500  $\text{ms/cm}$ .

Según la OMS un nivel de TDS apropiado menor a 300 mg/L es considerado excelente, entre 300 – 600 mg/L es bueno, de 600 – 900 mg/L es regular, de 900 – 1200 mg/L es pobre y un valor por encima de 1200 mg/L es inaceptable (Aqua Foundation, 2020). De tal manera que los valores de TDS de todos los pozos a excepción del pozo 2 y 9 cumplen en tener valores en rango de excelente (pozo 5 y pozo 10), bueno (pozo 1, pozo 3, pozo 4, pozo 6, pozo 7, pozo 8 y pozo 12) y regular (pozo 11). El pozo 2 tiene lo que se considera un rango inaceptable, mientras el pozo 9 tiene un rango pobre.

En cuanto a la salinidad se usan los valores de los sólidos disueltos totales, en la **Tabla 3.14** se explica los rangos y el tipo de clasificación del agua (Darcy, 2020).

**Tabla 3.14 Clasificación del agua en base a la concentración total de sólidos disueltos [Darcy, 2020]**

Clasificación del agua	Concentración de total de sólidos disueltos (mg/litro)
Agua pura	< 500
Agua potable	< 1000
Agua de río	500 - 3000
Agua salobre	1500 - 10000
Agua salina	10000 - 1000000
Agua de mar	35000

En cuanto a la salinidad de los pozos todos están dentro de los rangos de agua de río, siendo el pozo 2 el único en alcanzar los 1459 mg/L, de tal forma ningún pozo tiene indicios de poseer agua salobre o salina que sea deba a intrusión directa desde la interfase.

### 3.7 Isopiezas y direcciones de flujo

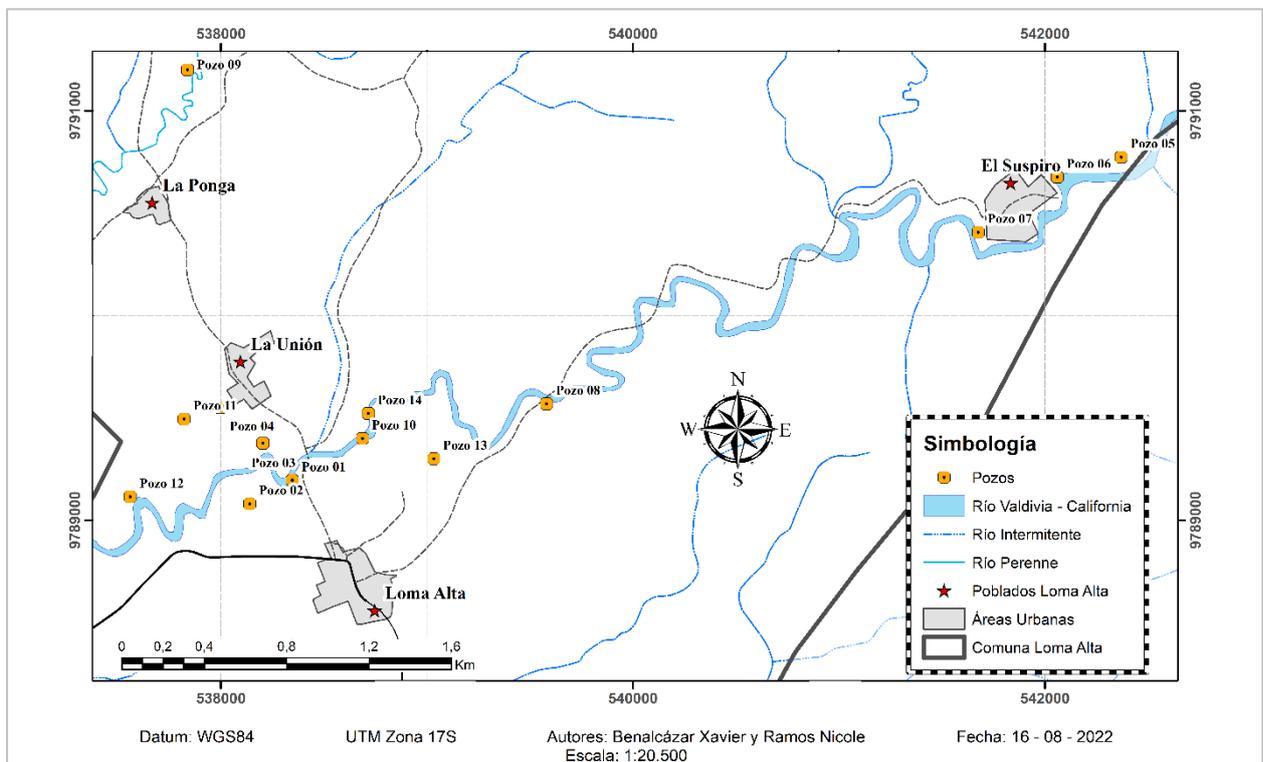
En Loma Alta se encuentran 85 pozos distribuidos de manera no equitativa en los 4 poblados del área de estudio, la mayoría son realizados en el poblado de Loma Alta, y están distribuidos a lo largo del río Valdivia – California.

Para la elaboración del mapa de isopiezas y direcciones de flujo se eligieron 14 pozos a los que se les midió el estático, de los que sustrajeron las cotas para obtener el nivel freático en cota absoluta. También se tomaron valores de alturas y coordenadas que se podrán observar en la siguiente tabla.

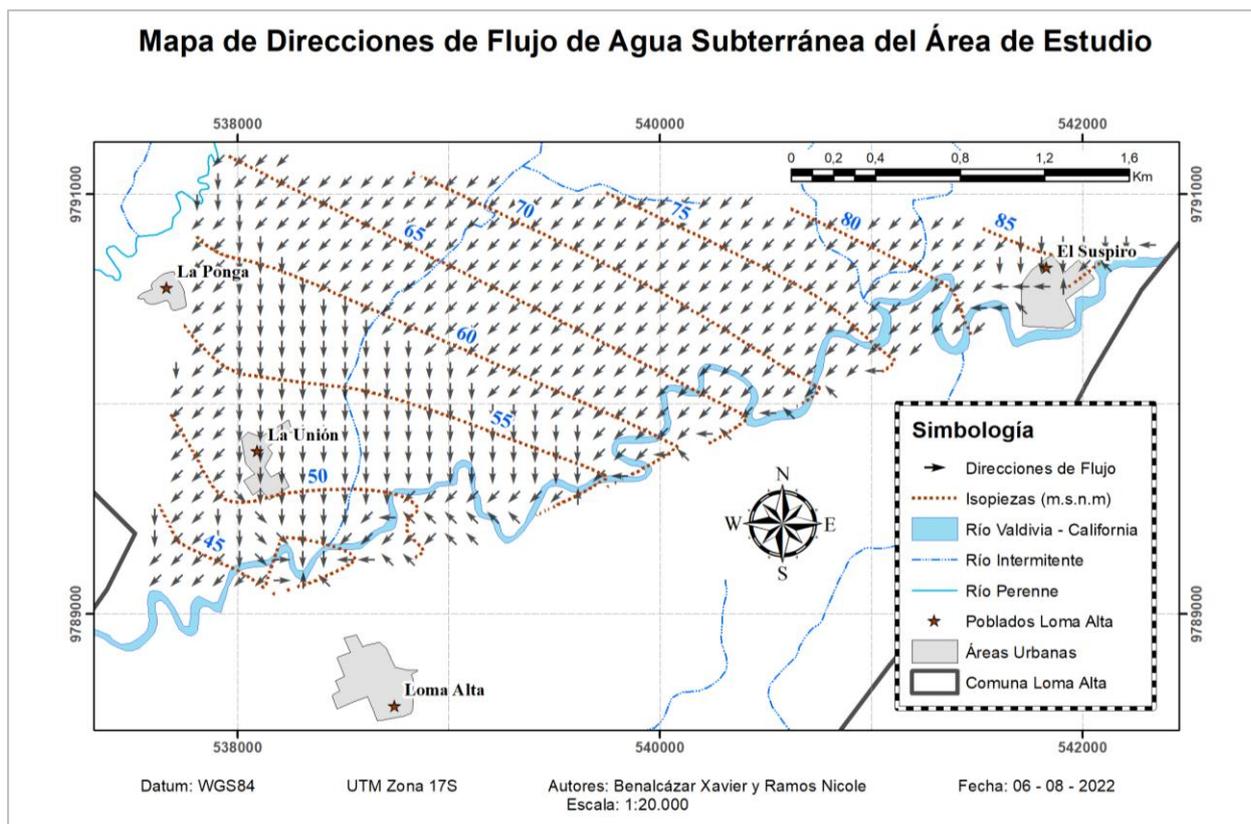
**Tabla 3.15 Nivel freático de los 14 pozos seleccionados en el área de estudio [Autores]**

	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z	Nivel Freático [m.s.n.m]
<b>Pozo 01</b>	538346	9789196	45 ± 3	40.8

<b>Pozo 02</b>	538140	9789081	45 ± 3	45
<b>Pozo 03</b>	538204	9789377	47 ± 3	45.2
<b>Pozo 04</b>	537997	9789551	51 ± 3	50.6
<b>Pozo 05</b>	542370	9790774	90 ± 3	90
<b>Pozo 06</b>	542060	9790676	85 ± 3	84.1
<b>Pozo 07</b>	541676	9790407	85 ± 3	82.8
<b>Pozo 08</b>	539581	9789569	55 ± 3	52.2
<b>Pozo 09</b>	537838	9791200	64 ± 3	64
<b>Pozo 10</b>	538687	9789400	50 ± 3	48.9
<b>Pozo 11</b>	537821	9789495	48 ± 3	48
<b>Pozo 12</b>	537560	9789115	40 ± 3	40
<b>Pozo 13</b>	539033	9789301	55 ± 3	52
<b>Pozo 14</b>	538716	9789522	50 ± 3	50



**Figura 3.6 Mapa de ubicación de pozos donde se midieron niveles freáticos**  
Con estos datos se pudo obtener el siguiente mapa de isopiezas y direcciones de flujo subterráneo.



**Figura 3.7 Mapa de isopiezas y direcciones de flujo [Autores]**

El río Valdivia – California cruza el área de estudio en sentido NE – SW, lo hace desde alturas más altas y va descendiendo según el nivel topográfico hasta desembocar en el Océano Pacífico, las direcciones de flujo obtenidas a partir de los datos indican seguir la dirección de agua del río a través del subsuelo y que además estas ayudan a recargar el río.

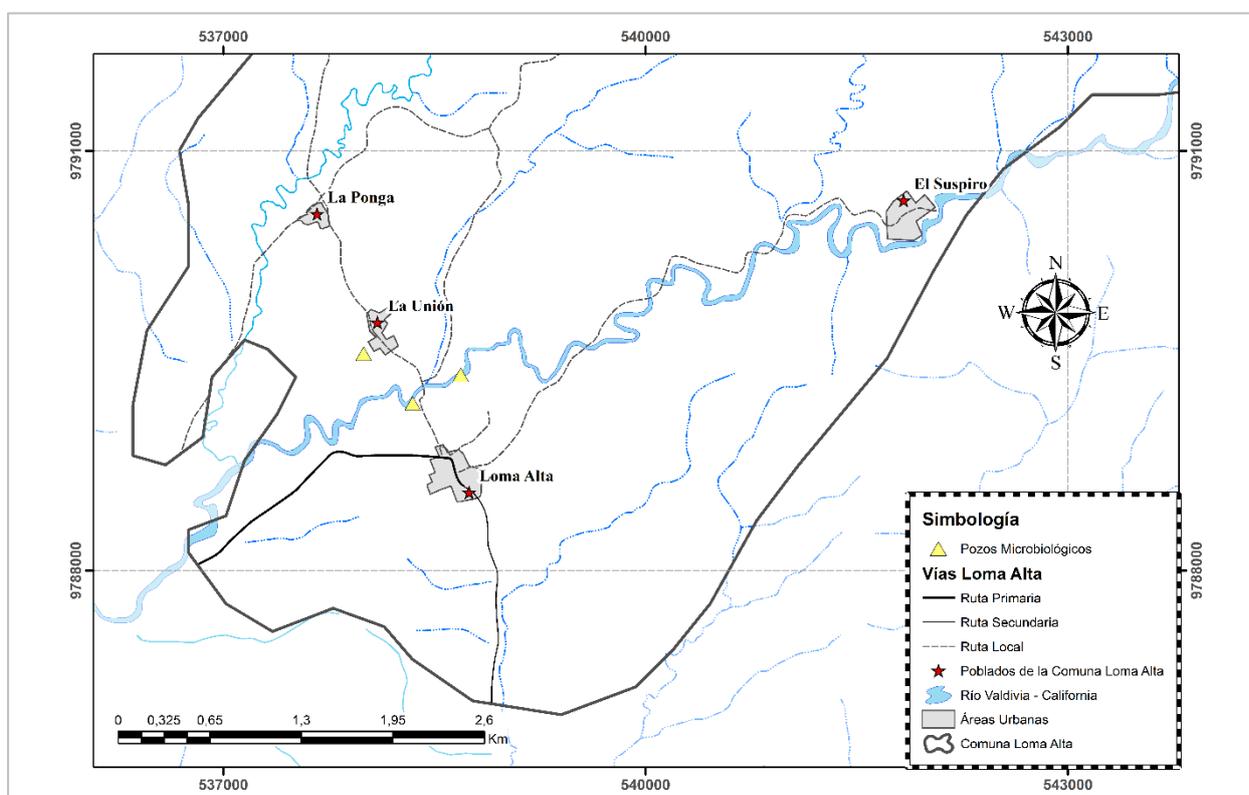
La falta de direcciones de flujo al sur del área de estudio se debe a la inexistencia de pozos de los cuales se puedan tomar niveles freáticos y a la inaccesibilidad hacia los ríos intermitentes observados en esa zona.

### **3.8 Análisis Microbiológico de pozos**

Se analizaron muestras de agua de 3 pozos, de las bacterias coliformes fecales, coliformes totales, escherichia coli, salmonella y shigella, los datos se pueden observar en la **Tabla 3.16**.

**Tabla 3.16 Resultado de análisis microbiológico de las 3 muestras microbiológicas**

Parámetro	Resultado	Acred.	Unidades
Coliformes Fecales	<1.8	A2LA/SAE	NMP/100ml
Coliformes Totales	<1.8	A2LA/SAE	NMP/100ml
Escherichia Coli	<1.8	A2LA/SAE	NMP/100ml
Salmonella	Ausencia	–	Ausencia/Presencia
Shigella	Ausencia	–	Ausencia/Presencia



**Figura 3.8 Ubicación de pozos de muestras microbiológicas**

Los resultados de coliformes fecales, coliformes totales y escherichia coli indica de acuerdo con los criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico de las TULAS - TULSMA, que hay presencia de estas bacterias y que estas están dentro de los valores permisibles de la norma INEN 1108: REQUISITOS PARA AGUA POTABLE (**Anexo 3**).

Debido a que no existen parámetros para determinar la cantidad permisible de la Shigella y Salmonella dentro la normativa TULSMA, se utilizaron parámetros internacionales. Se comparó la Shigella con parámetros de calidad bacteriológica dado por la Guía de Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (2006).

**Tabla 3.17 Resultados microbiológicos de Mite Defaz, 2015**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método Analítico</b>
Microbiología:			
Escherichia Coli NMP	20.00	NMP/100ml	PEE-GQM-MB-38
Salmonella	530	UFC/100ml	9260 B
Shigella	880	UFC/100ml	9260 B

La diferencia en la cantidad de estos patógenos en las aguas de los pozos desde el 2015 a 2022 se ha reducido notoriamente, y las aguas tienen bacterias dentro de los rangos aceptables.

### 3.9 Levantamiento de columnas estratigráficas

Tabla 3.18 Descripción a macroescala del afloramiento 1

Afloramiento: A_LA1											
Untitled											
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES			STRUCTURES / FOSSILS						
		mud	vracke	peack		grain	rud & bound				
		MUD	SAND	GRAVEL							
		clay	silt	vl	g	vc	gran	pebb	cobb	boul	
7											
6											
5											
4											
3											
2											
1											
											
Formaciones: Miembro Zapotal											
Este: 540643		Norte: 9789551									
<b>Resumen:</b> Afloramiento presenta una potencia de 8 m, con estructura sedimentaria, estratificación cruzada conformada por areniscas de grano fino de color beige claro, no tan compacta, con una capa de lutitas contienen característicamente partículas de arcillas y limo de grano fino de color grisáceo que meteorizan a marrón oscuro, capa de conglomerados de color marrón claro y marrón rojizo que se meteorizan a los mismos colores, con mala clasificación son de tamaño a guijarro con bordes subredondeados, su composición son clastos de cuarzo con matriz de arena de grano medio a fino. Presenta patrones de diaclasamiento.											
Ver Anexo 04 (Ficha Descriptiva)											

Tabla 3.19 Descripción a macroescala del afloramiento 2

Afloramiento: A_LA2				
Untitled				
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES		STRUCTURES / FOSSILS
		mud wacke pack grain rud & bound	MUD SAND GRAVEL	
		clay silt st t C	vc gran pebb cobol thead	
5				
4				
3				
2				
1				
Formaciones: Deposito aluvial				
Este: 541425		Norte: 9790584		
<p><b>Resumen:</b>                      Afloramiento con estratificación laminar, que está conformada de ortoconglomerados con tamaño de clastos que van de guija a guijarro (6 mm a 18mm). Capa de lutitas de color blanco grisáceo meteorizado a color amarillento. Presencia de conjunto de falla inversas con rumbo de 170°, y buzamiento 62° que están rellenas de yeso.</p>				
Ver Anexo 05 Ficha Descriptiva)				

Tabla 3.20 Descripción a macroescala del afloramiento 3

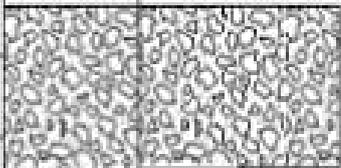
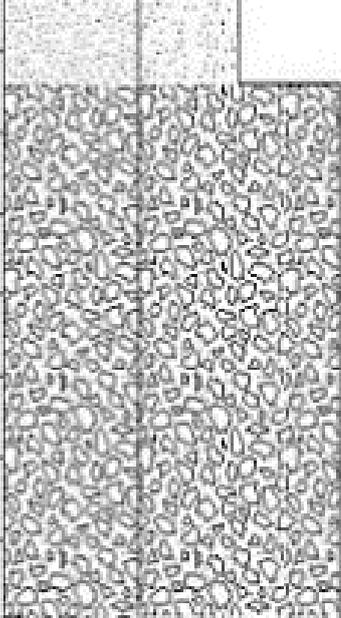
Afloramiento: A_LA3											
Untitled											
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES				STRUCTURES / FOSSILS					
		mud	wacke	pack	grain						
		MUD		SAND			GRAVEL				
		clay	silt	vl	ml	vc	gran	pebb	cobb	boul	
6											
5											
4											
3											
2											
1											
Ver Anexo 06 (Ficha Descriptiva)											

Formaciones: Deposito aluvial

Este: 539489	Norte: 9789637
--------------	----------------

**Resumen:**  
Afloramiento erosionado con sedimentos sueltos, con estratificación cruzada, presencia de areniscas de tamaño muy fino a medio con color blanco amarillento. Presencia de capas de yeso.

Tabla 3.21 Descripción a macroescala del afloramiento 4 (Parte baja)

Afloramiento: A_LA4					
Untitled					
SCALE (m)	LITHOLOGY	LIMESTONES			STRUCTURES / FOSSILS
		MUD	SAND	GRAVEL	
		mud clay silt vt st c vc	vesicle peck grain grain	mud fl. bound fossil	
5					
4					
3					
2					
1					
					
Formaciones: Miembro Zapotal					
Este: 536947		Norte: 9787508			
<p><b>Resumen:</b>                      Afloramiento sinclinal de rumbo 50° SE y buzamiento 15° posee una estructura de deslizamiento slump posiblemente producida por un movimiento de capas por gravedad, con presencia de areniscas gruesas de color amarillo pardo con intercalación de lutita silicificada de tamaño medio y capa de conglomerado de tamaño de guija con buena clasificación, matriz soportada de arena de grano fino.</p>					
Ver Anexo 07 (Ficha Descriptiva)					

**Tabla 3.22 Descripción a macroescala del afloramiento 4 (Parte media y Alta)**

<b>Afloramiento: A_LA4</b>				
		Formaciones: Miembro Zapotal		
	Este: 0536946	Norte: 9787430		
	<p><b>Resumen:</b></p> <p>Afloramiento sinclinal de rumbo 82° SW y buzamiento 20° posee una estructura de deslizamiento slump posiblemente producida por un movimiento de capas por gravedad, con presencia de areniscas gruesas de color amarillo pardo con intercalación de lutita silicificada de tamaño medio y capa de conglomerado de tamaño de guija con buena clasificación, matriz soportada de arena de grano fino.</p>			
Ver Anexo 08 (Ficha Descriptiva)				

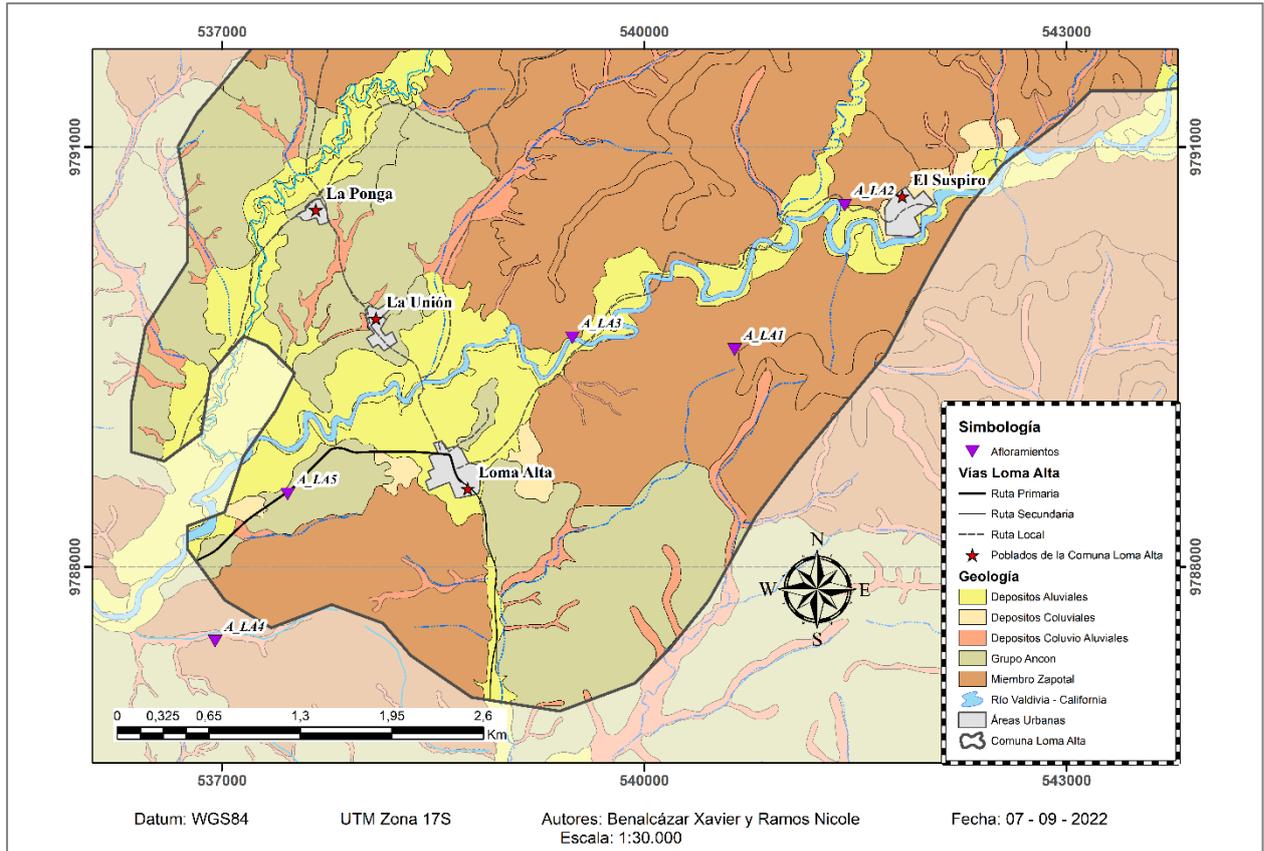


Figura 3.9 Mapa de afloramientos

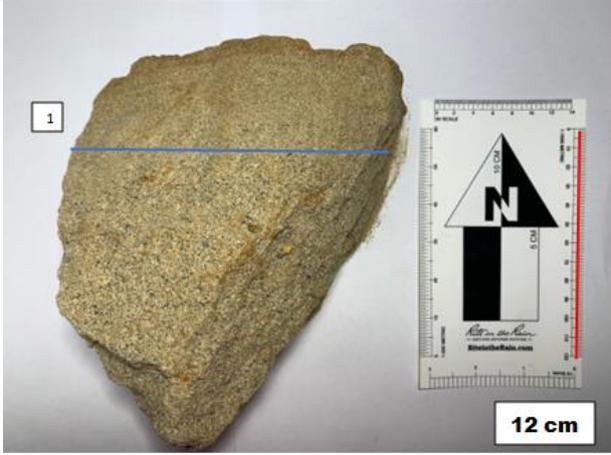
### 3.9.1 Descripción Petrográfica

Tabla 3.23 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #1

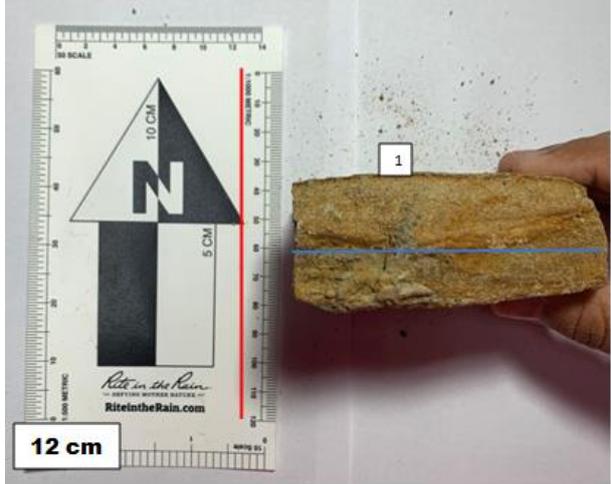
Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Matriz:</b>
Conglomerado	Arenosa fina
<b>Sedimento:</b>	<b>Color matriz:</b>
Gravas (Clastos Subredondeados)	Gris rojizo.
<b>Color de clastos:</b>	<b>Porcentaje de matriz:</b>
Café grisáceo	(Matriz soportado)
<b>Tamaño:</b>	<b>Tamaño:</b>

1.- 10.78 mm (Grava medio) 2.- 4.89 mm (Grava fino) 3.- 3.80 mm (Grava fino)	0.127 mm (Arena fina)
--	-----------------------

**Tabla 3.24 Descripción meso de la muestra 02 del afloramiento #1**

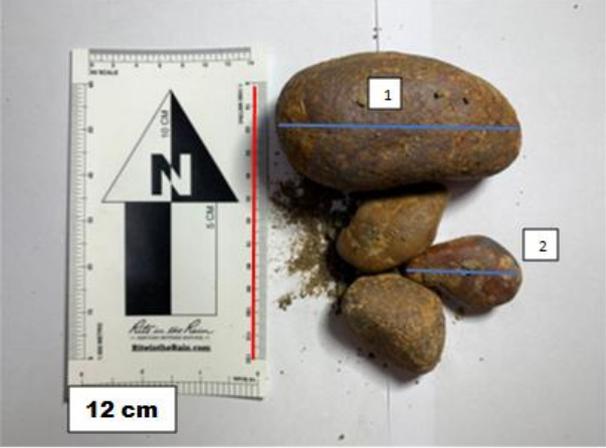
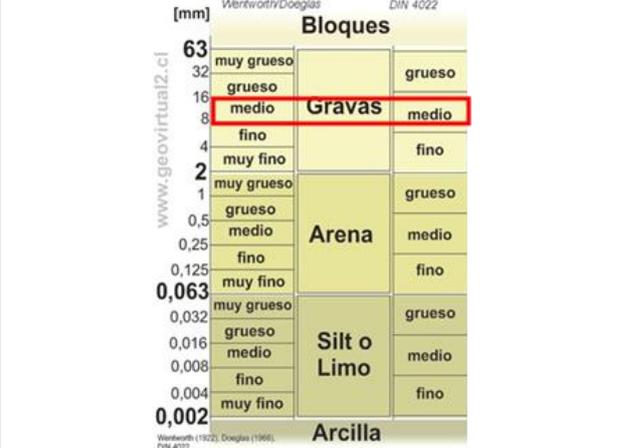
Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Tamaño de grano:</b>
Areniscas	0.13 a 0.2 mm Arena de grano fino a medio
<b>Sedimento:</b>	<b>Textura:</b>
Arena	Detrítica.
<b>Color de la muestra:</b>	<b>Composición:</b>
Amarillo grisáceo	Cuarzo Feldespatos
<b>Diámetro de la muestra:</b>	
15.68 cm	

**Tabla 3.25 Descripción meso de la muestra 03 del afloramiento #1**

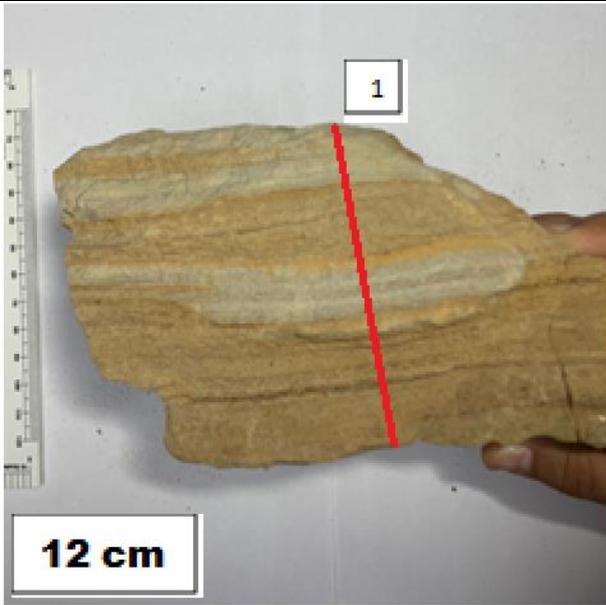
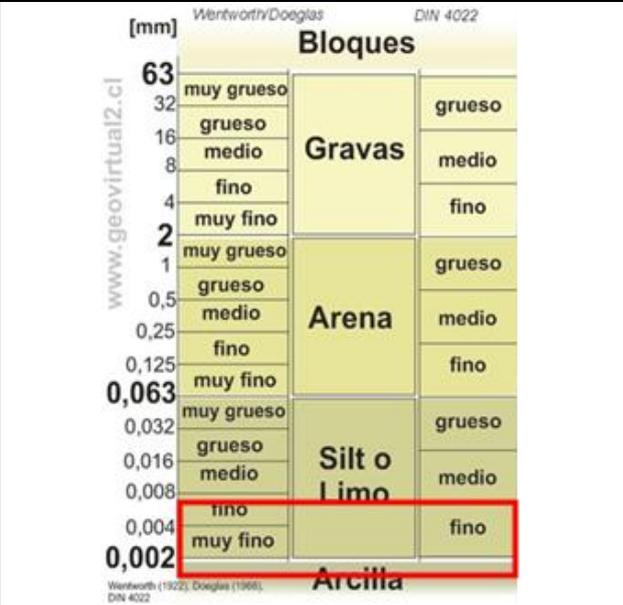
Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Tamaño de grano:</b>
Limolita	0.002 a 0.0033 mm Arcilla a limo muy fino
<b>Sedimento:</b>	<b>Textura:</b>
Arcilla con limo	Detrítica.
<b>Color de la muestra:</b>	<b>Porcentaje limo:</b>

Amarillo grisáceo	93%
<b>Tamaño:</b>	<b>Porcentaje arcilla:</b>
10.70 cm	7%

**Tabla 3.26 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #2**

Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Matriz:</b>
Conglomerado	Arenosa fina
<b>Sedimento:</b>	<b>Color matriz:</b>
Gravas (Clastos Subredondeados)	Gris rojizo.
<b>Color de clastos:</b>	<b>Porcentaje de matriz:</b>
Café grisáceo	(Matriz soportado)
<b>Tamaño:</b>	<b>Tamaño:</b>
1.- 10.33 mm (Grava medio) 2.- 8.2 mm (Grava medio)	0.127 mm (Arena fina)

**Tabla 3.27 Descripción meso de la muestra 02 del afloramiento #2**

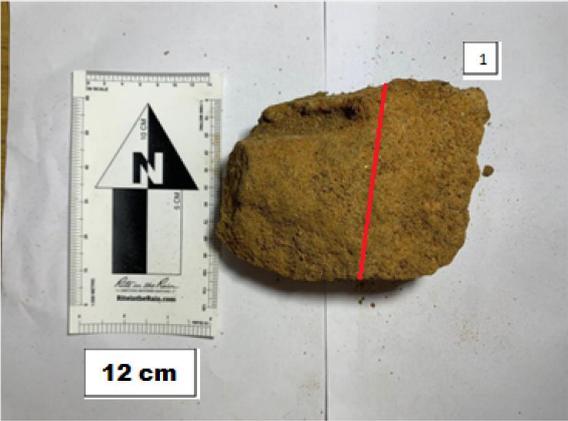
Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Tamaño de grano:</b>
Limolita	0.002 a 0.0042 mm Arcilla a limo muy fino

<b>Sedimento:</b>	<b>Textura:</b>
Arcilla con limo	Detrítica.
<b>Color de la muestra:</b>	<b>Porcentaje limo:</b>
Amarillo grisáceo	90%
<b>Tamaño:</b>	<b>Porcentaje arcilla:</b>
24.39 cm	10%

**Tabla 3.28 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #3**

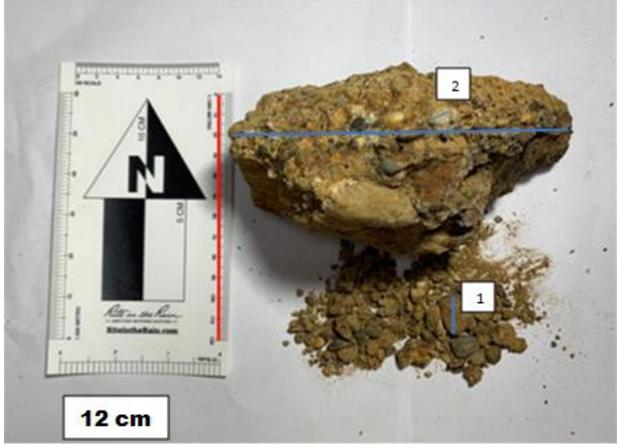
Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Tamaño de grano:</b>
Areniscas	0.123 a 0.3 mm Arena de grano fino a medio
<b>Sedimento:</b>	<b>Textura:</b>
Arena	Detrítica.
<b>Color de la muestra:</b>	<b>Composición:</b>
Café grisáceo	Cuarzo Feldspatos
<b>Diámetro de la muestra:</b>	
7.93 cm	

**Tabla 3.29 Descripción meso de la muestra 01 del afloramiento #4**

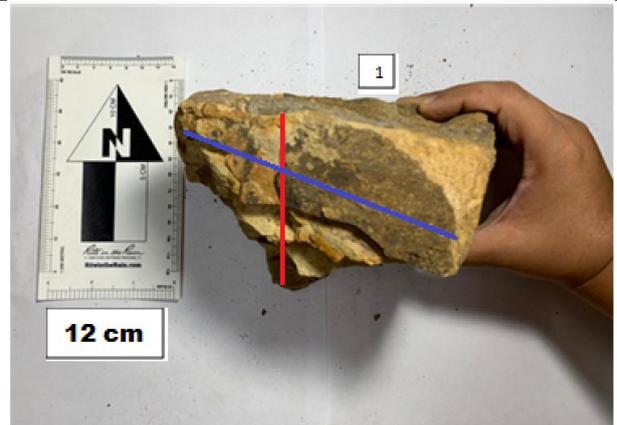
Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Tamaño de grano:</b>
Arenisca	0.15 a 0.3 mm Arena de grano fino a medio
<b>Sedimento:</b>	<b>Textura:</b>

Arena	Detrítica.
<b>Color de la muestra:</b>	<b>Composición:</b>
Café amarillento	Cuarzo Feldespatos
<b>Diámetro de la muestra:</b>	
14.06 cm	

**Tabla 3.30 Descripción meso de la muestra 02 del afloramiento #4**

Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Matriz:</b>
Conglomerado	Arenosa fina
<b>Sedimento:</b>	<b>Color matriz:</b>
Gravas (Clastos Subredondeados)	Gris rojizo.
<b>Color de clastos:</b>	<b>Porcentaje de matriz:</b>
Café grisáceo	(Matriz soportado)
<b>Tamaño:</b>	<b>Tamaño:</b>
<b>Muestra:</b> 15.90 cm <b>Clastos</b> 1.- 9.33 mm (Grava medio) 2.- 7.22 mm (Grava medio)	0.127 mm (Arena fina)

**Tabla 3.31 Descripción a meso – escala de la muestra 03 del afloramiento #4**

Afloramiento #1 - Muestra 01	Clasificación de rocas sedimentarias
	
<b>Tipo de roca:</b>	<b>Tamaño de grano:</b>
Limolita	0.0048 a 0.0012 mm Limo fino a medio
<b>Sedimento:</b>	<b>Textura:</b>

Arcilla con limo	Detrítica.
<b>Color de la muestra:</b>	<b>Porcentaje limo:</b>
Amarillo grisáceo	95%
<b>Tamaño de muestra:</b>	<b>Porcentaje arcilla:</b>
19.58 cm	5%

### 3.10 Sondeos Eléctricos Verticales

#### 3.10.1 Mapa de ubicación de Sondeos eléctricos verticales y tomografías geoelectricas

Se llevo a cabo 16 sondeos eléctricos verticales y 3 tomografías geoelectricas, se ubicaron a base de las observaciones de campo y datos digitales como: cercanía de ríos, terrazas aluviales, pozos y cambios de litología.

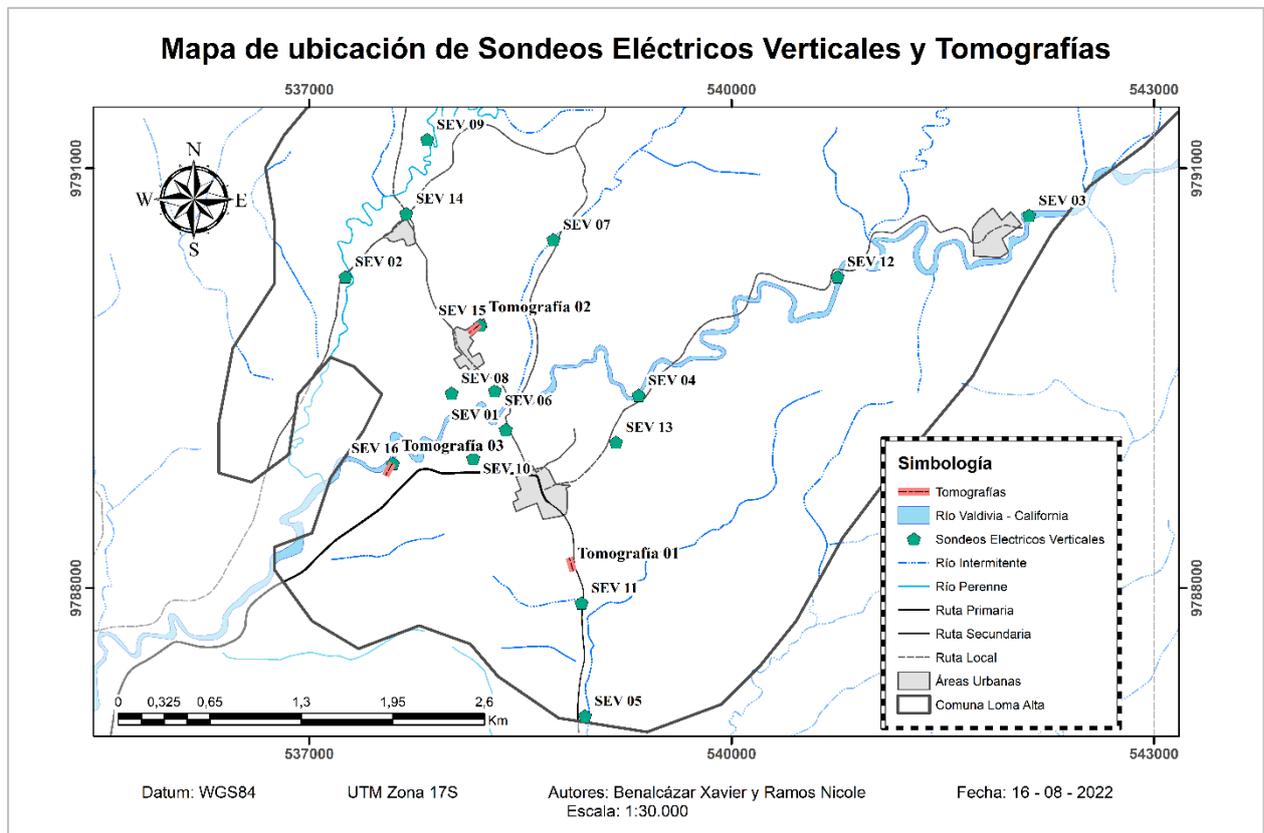


Figura 3.10 Mapa de ubicación de SEV's y tomografías geoelectricas (TGE)

Tabla 3.32 Coordenadas de los sondeos eléctricos verticales y distancia lineal abarcada por sondeo

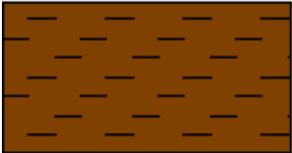
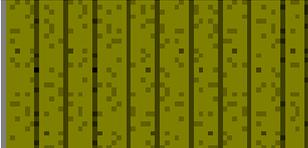
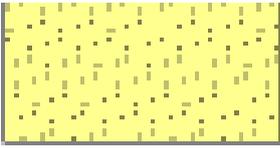
SEV	Ubicación			Distancia [m]
	X	Y	Z	
1	538396	9789132	50	200

2	537258	9790225	48	200
3	542114	9790664	86	136.20
4	539340	9789378	52	200
5	538958	9787085	64	200
6	538319	9789410	44	200
7	538735	9790490	69	200
8	538012	9789393	49	200
9	537838	9791207	62	200
10	538165	9788926	46	200
11	538935	9787893	76	200
12	540753	9790226	74	200
13	539179	9789043	57	200
14	537689	9790677	58	200
15	538214	9789879	79	200
16	537594	9788891	45	200

**Tabla 3.33 Coordenadas de las tomografías**

Tomografía	Ubicación			Distancia [m]
	X	Y	Z	
1	538838	9788121	80	100
2	538211	9789884	56	100
3	537591	9788891	50	100

**Tabla 3.34 Simbología para litologías de los perfiles geoelectricos**

Descripción	Simbología
Gravas y arenas	
Clastos con matriz arenosa	
Arcilla compacta	
Arenas con limos	
Arenas con intercalación de arcillas compactas	
Arenisca	

### 3.11 Perfiles Geoelectricos

A continuación se muestran las curvas de resistividad obtenidas por el IPI2Win, los perfiles geoelectricos y las capas interpretadas.

Tabla 3.35 Sondeo Eléctrico Vertical N°1

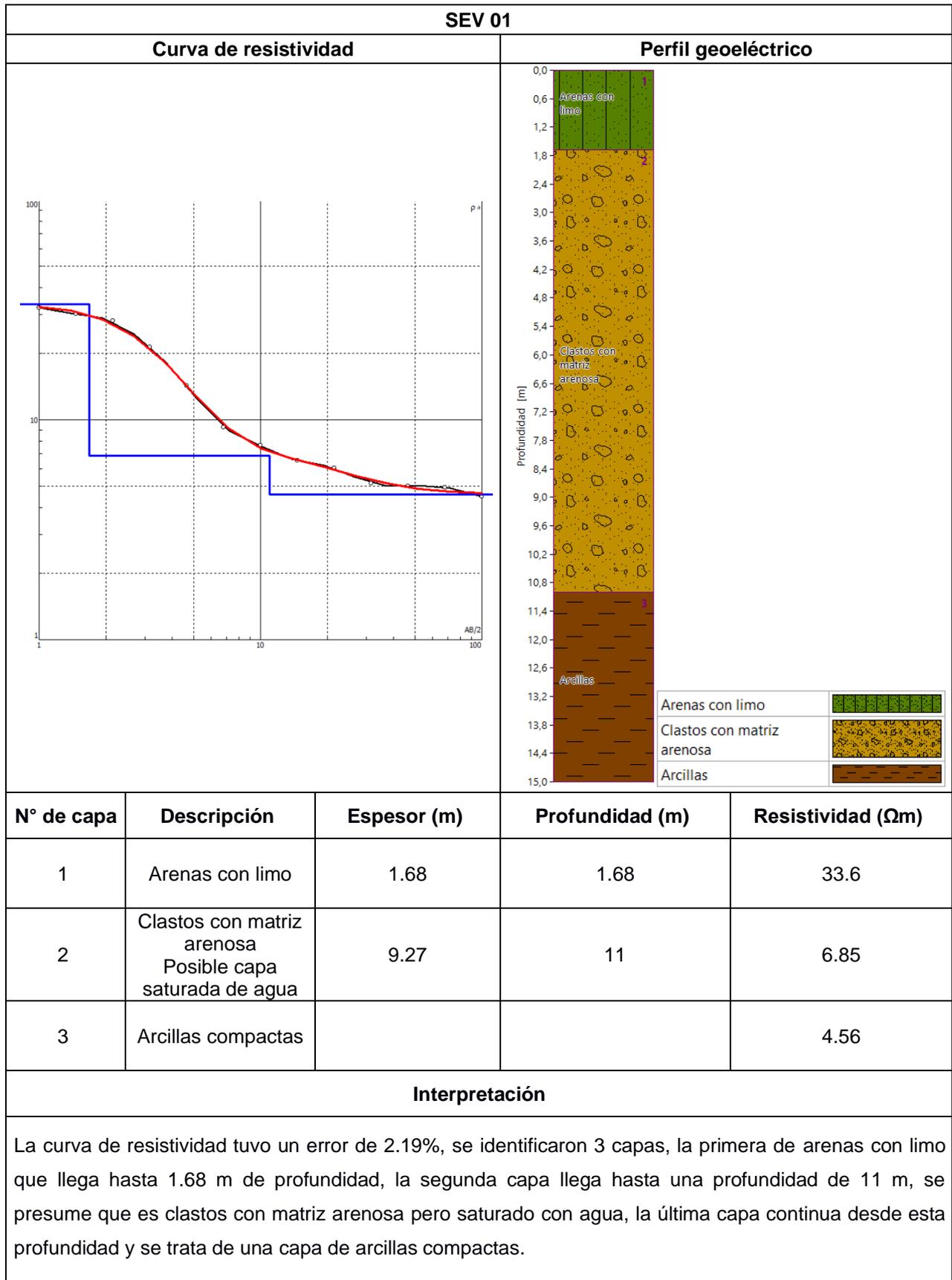
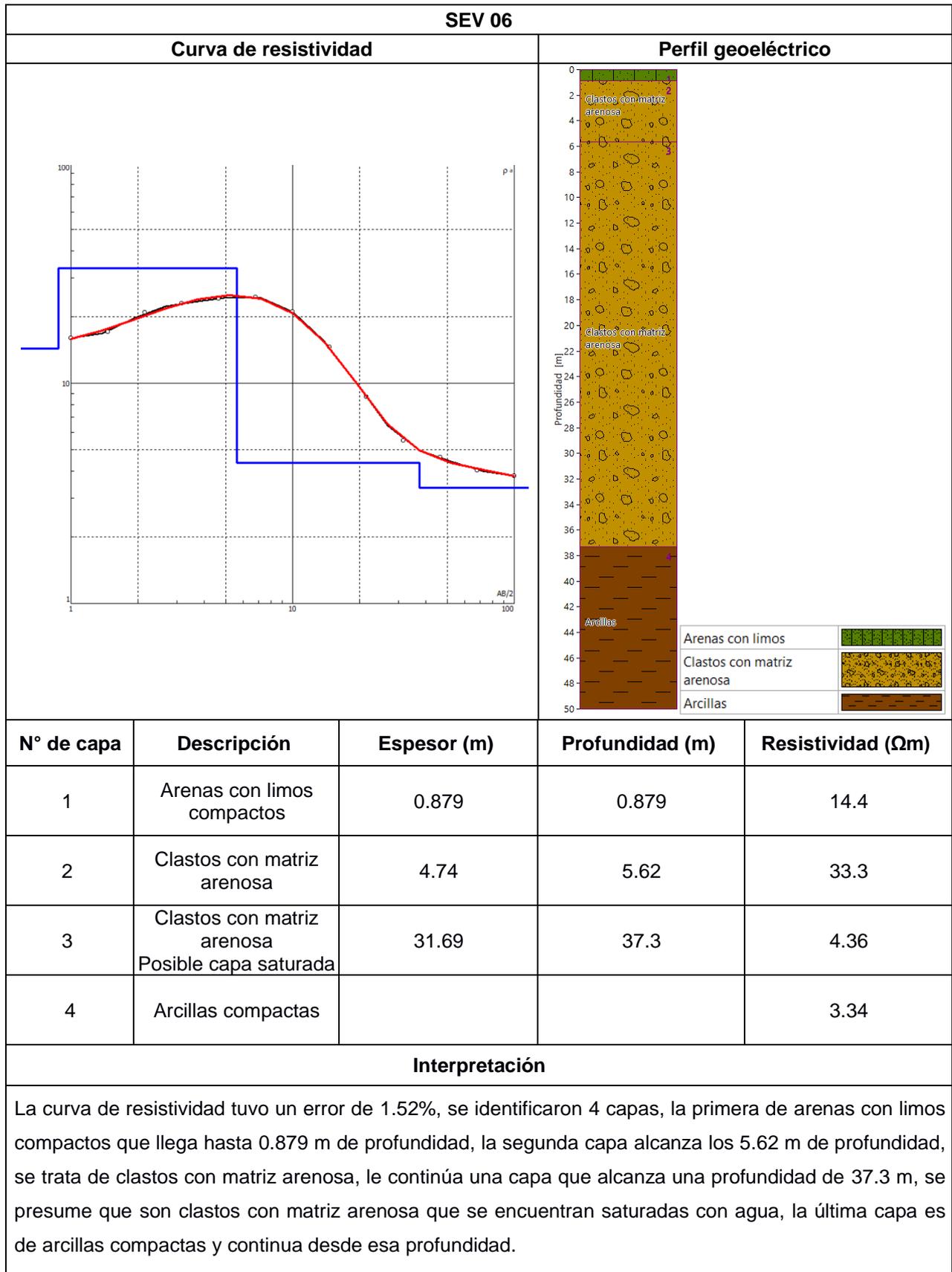
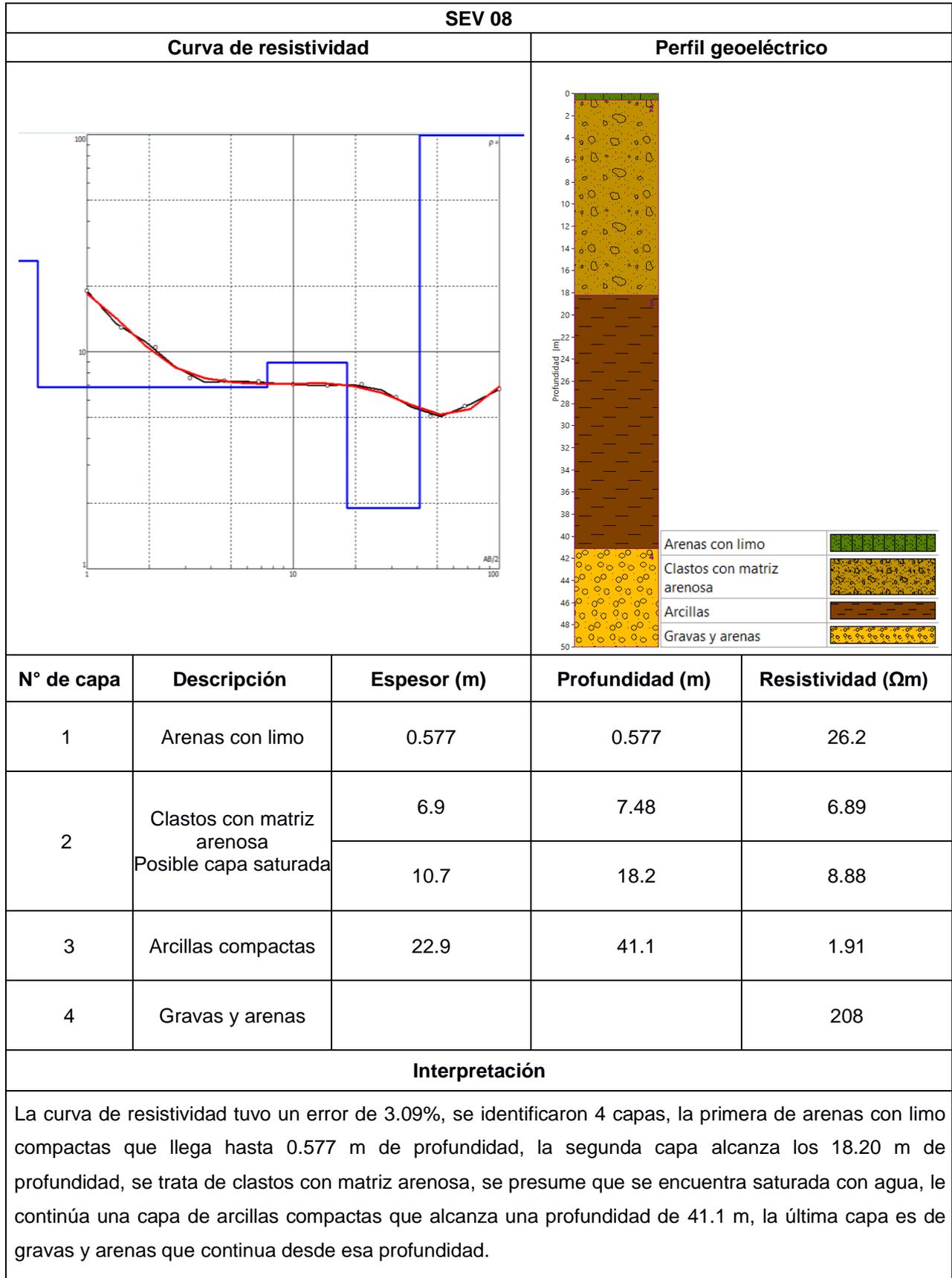


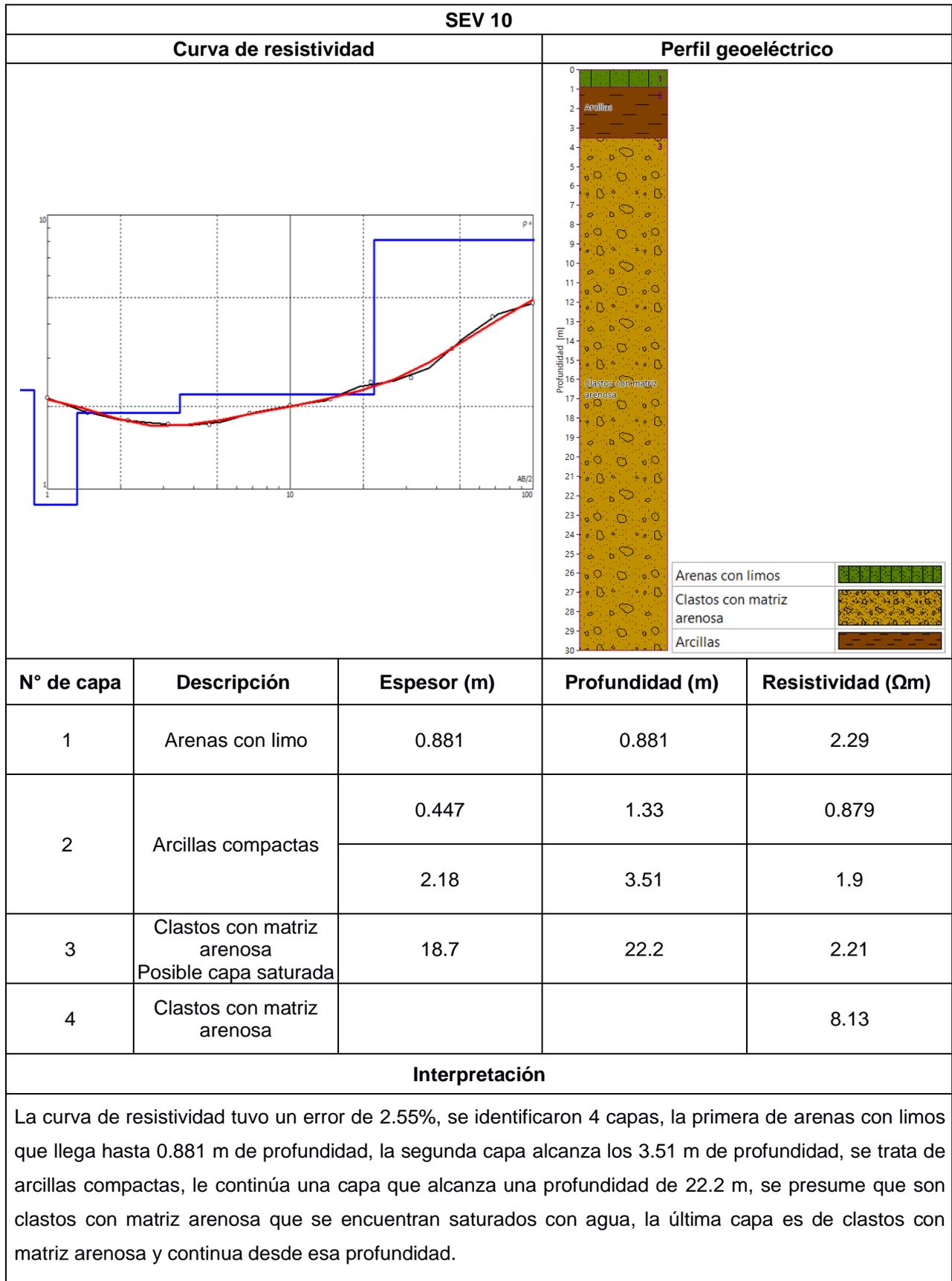
Tabla 3.36 Sondeo Eléctrico Vertical N°6



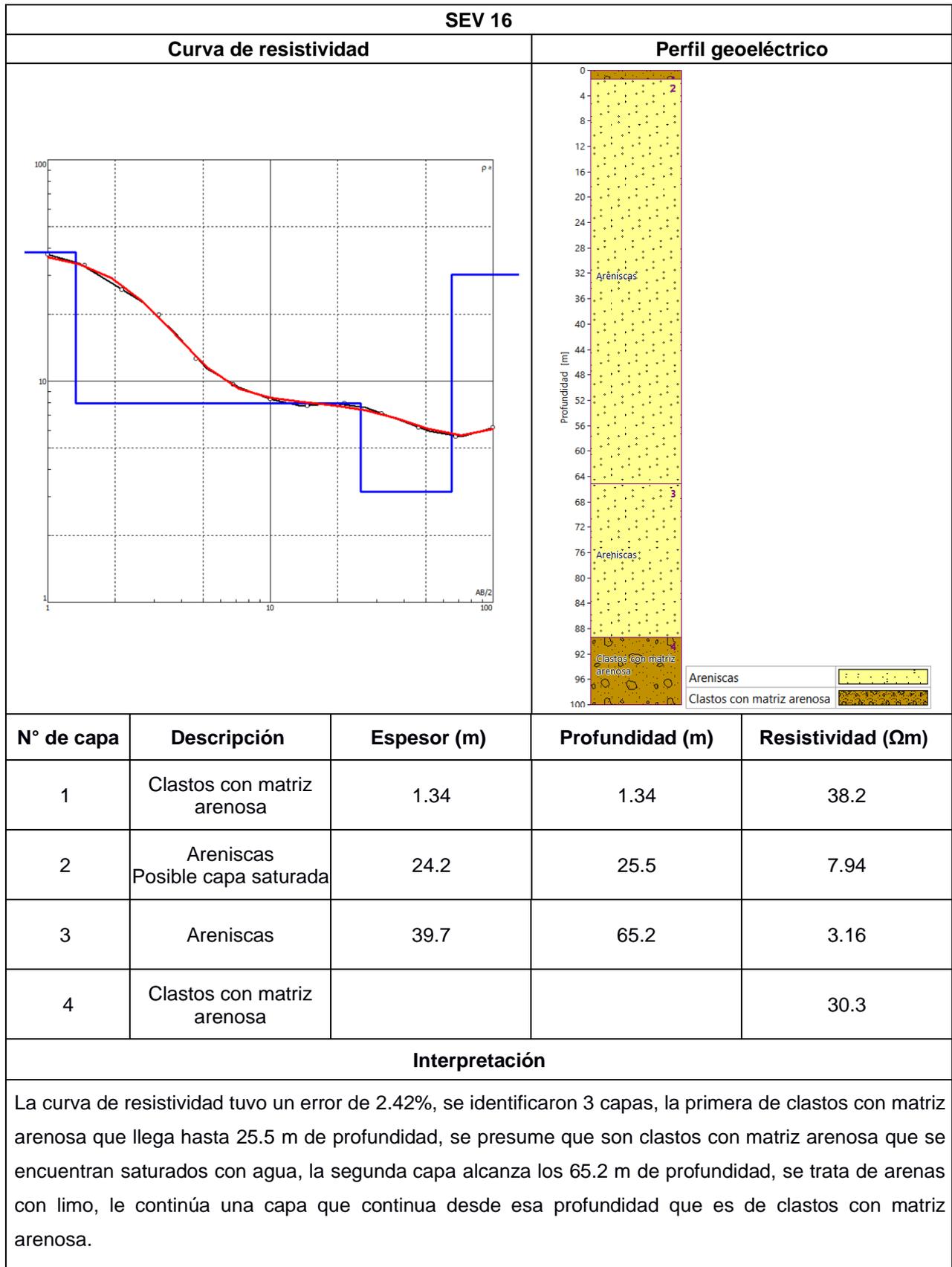
**Tabla 3.37 Sondeo Eléctrico Vertical N°8**



**Tabla 3.38 Sondeo Eléctrico Vertical N°10**



**Tabla 3.39 Sondeo Eléctrico Vertical N°16**



### 3.12 Correlación de perfiles geoelectricos

Según la litología reconocida en campo, los valores de resistividad y similitudes en el terreno se eligieron los siguientes perfiles que serán correlacionados.

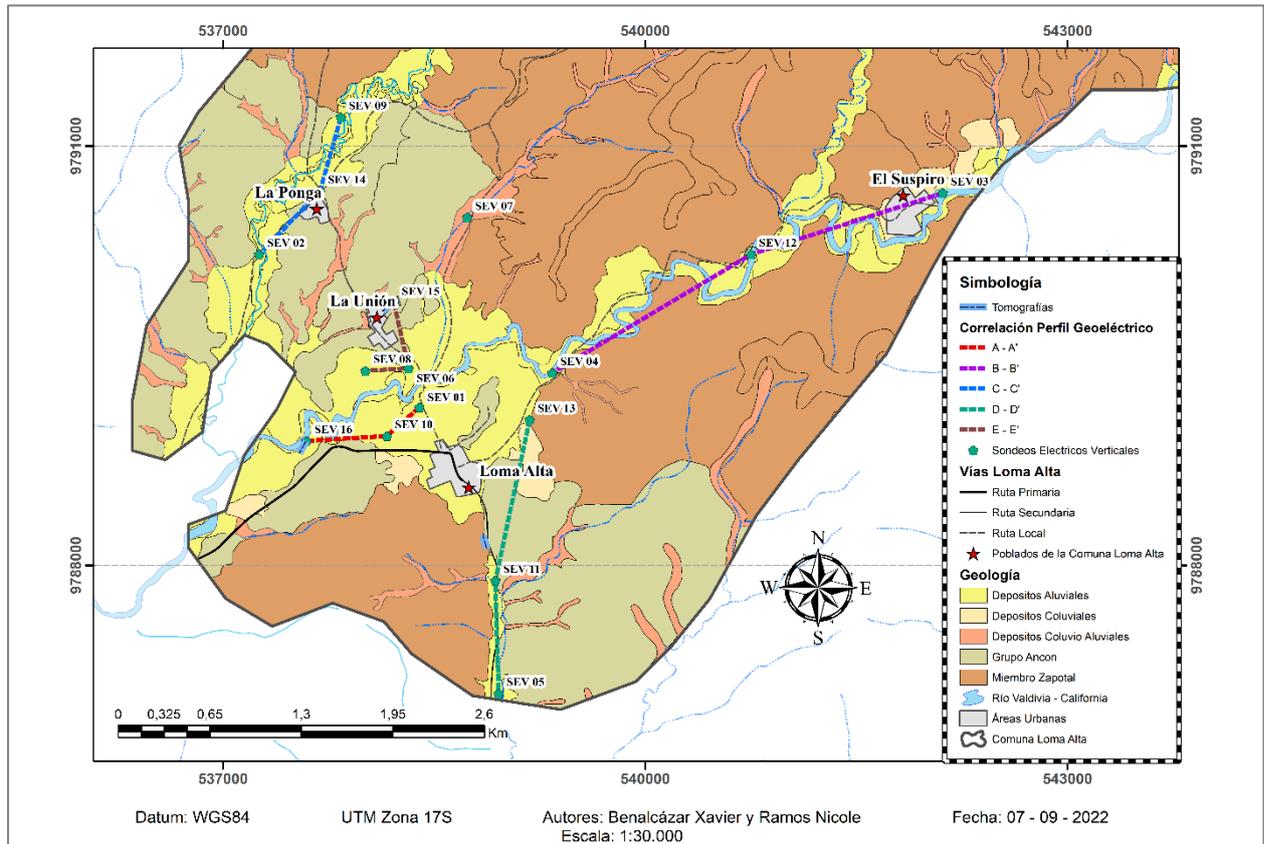
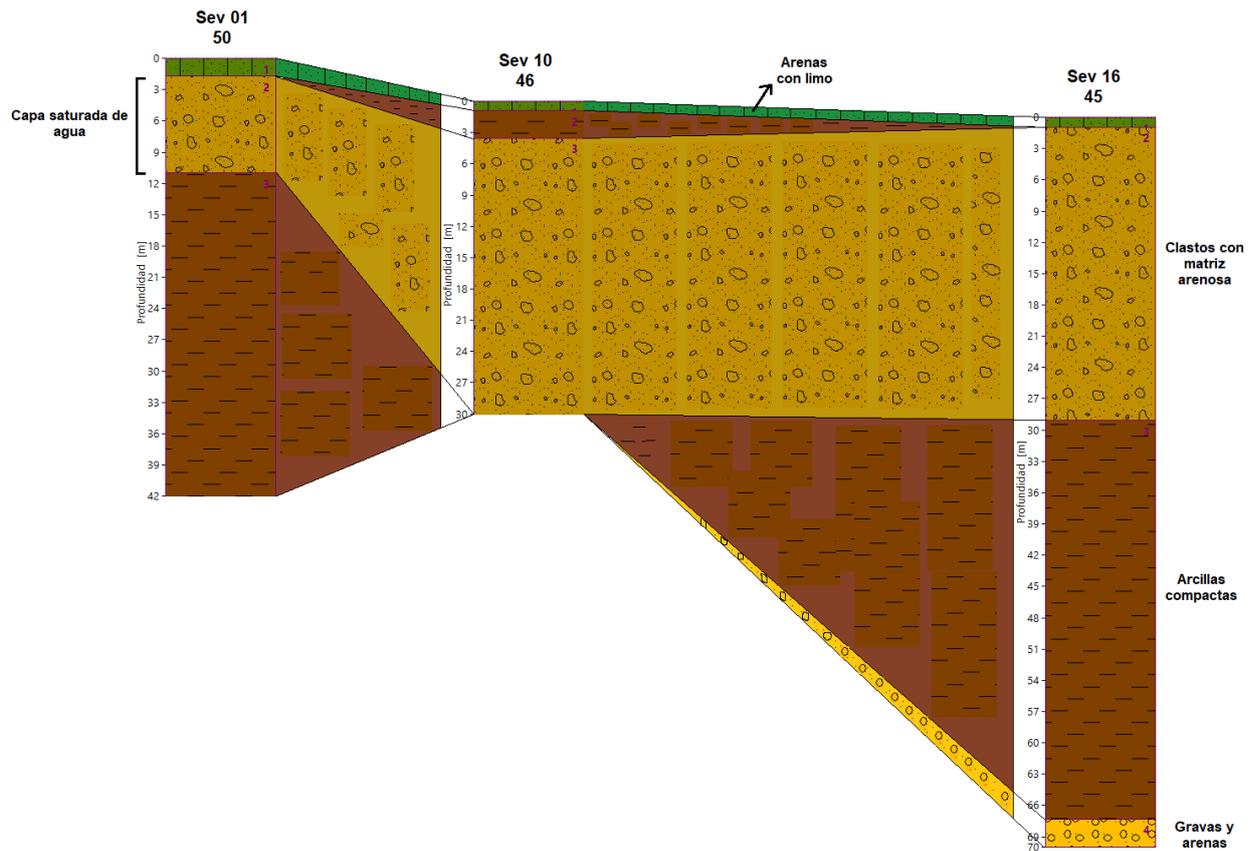


Figura 3.11 Mapa de ubicación de correlaciones de perfiles geoelectricos

#### 3.12.1 Correlación de perfiles geoelectricos A – A' (Sev 01, Sev 10 y Sev 16)

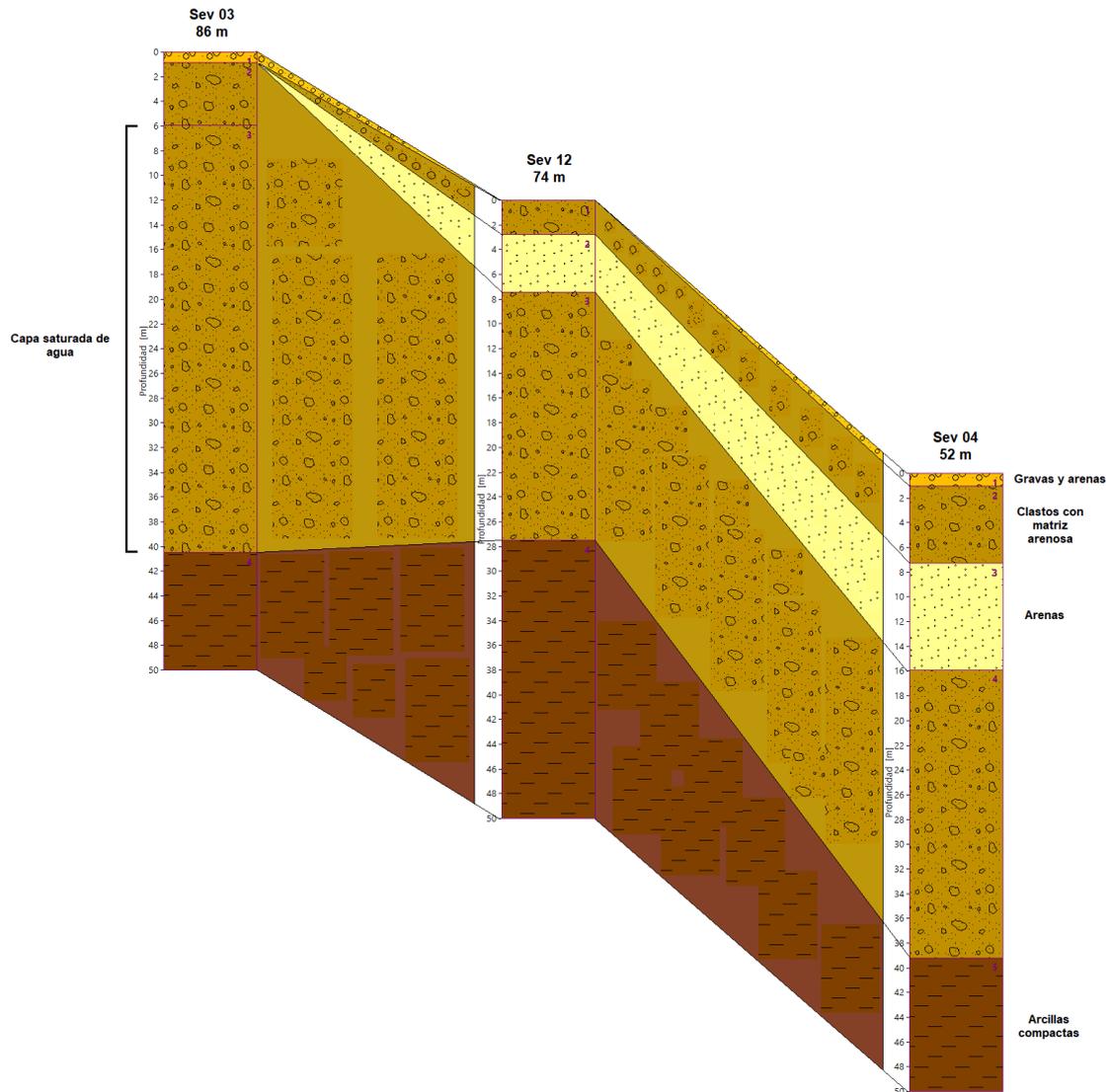
La correlación indica que los 3 sev conservan la primera capa de arenas con limo, en el sev 10 se encuentra una pequeña capa de arcilla compacta que no se ve en los otros 2 sondeos. La segunda capa del sev 01 son clastos con matriz arenosa que mantienen un espesor entre 9 a 10 m y se presume es aquí donde se puede encontrar agua. Continúan capas de arcilla compacta de espesores variables a lo largo del terreno, esta capa de arcilla no se pudo comprobar en el sev 10, finalmente en el sev 16 tenemos como cuarta capa grava y arenas que inicia a los 67 m aproximadamente.



**Figura 3.12 Correlación sev 01, 10 y 16**

### **3.12.2 Correlación de perfiles geoelectrónicos B – B' (Sev 03, Sev 12 y Sev 04)**

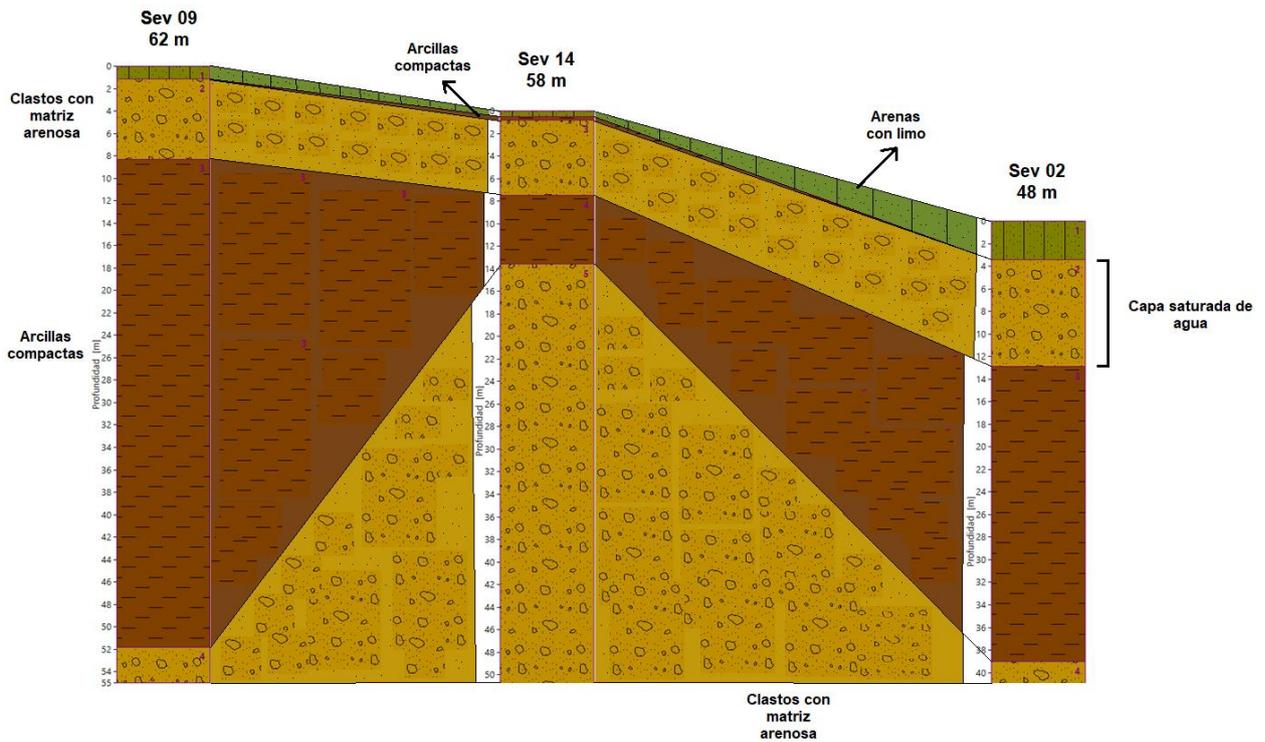
La correlación indica que los sev 03 y 04 conservan una primera capa de gravas y arenas, se observa que en el sev 12 y 4 continúa una segunda capa de clastos con matriz arenosa que no se halla en el sev 03, de la misma forma con la capa de arenas que se observan en los mismos sev's. La segunda capa del sev 03 son clastos con matriz arenosa que mantienen un espesor aproximado de 38 m y es similar a la tercera capa del sev 12 y a la cuarta capa del sev 04. Finalmente la última capa de todos los sondeos son arcillas compactas cuyo espesor real se desconoce.



**Figura 3.13 Correlación sev 03, 12 y 04**

### **3.12.3 Correlación de perfiles geoelectrónicos C – C' (Sev 09, Sev 14 y Sev 02)**

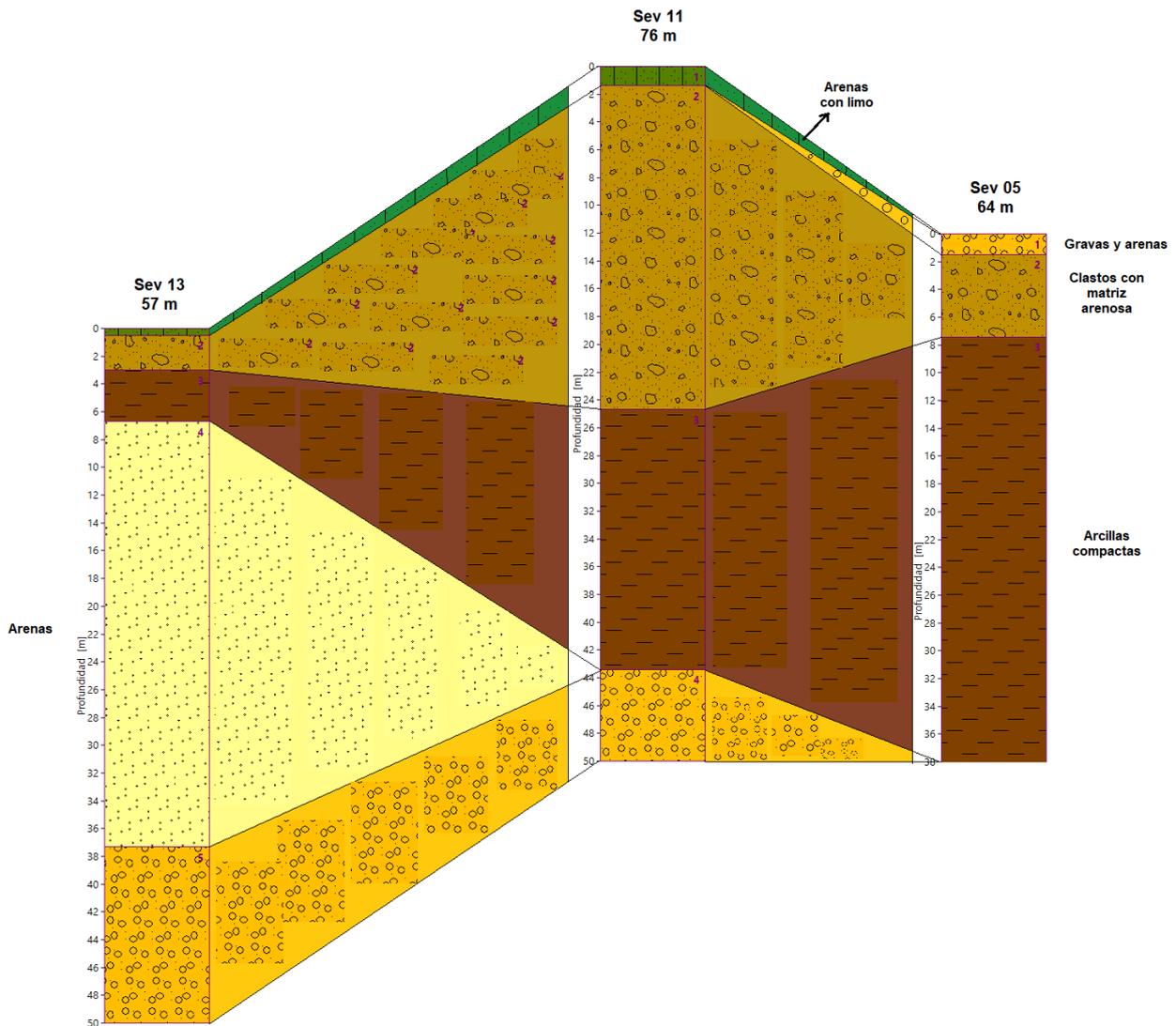
La correlación indica que el sev 09 y 14 conservan la primera capa de arenas con limo, en el sev 14 se encuentra una pequeña capa de arcilla compacta que no se ve en los otros 2 sondeos. La segunda capa del sev 09 son clastos con matriz arenosa que mantienen un espesor entre 7 a 9 m y se presume es aquí donde se puede encontrar agua. Continúan capas de arcilla compacta de espesores variables a lo largo del terreno, finalmente tenemos otra capa en común para los 3 sev's que son clastos con matriz arenosa.



**Figura 3.14 Correlación sev 09, 14 y 02**

### 3.12.4 Correlación de perfiles geoelectrónicos D – D' (Sev 13, Sev 11 y Sev 05)

En la correlación se tiene una pequeña capa de arenas con limos sobre los sev's 13 y 11, en tanto que el sev 05 inicia con una capa de gravas y arenas. La segunda capa de todos los sev's es la misma, clastos con matriz arenosa dicha capa tiene más espesor en el sev 11 donde se presume está saturada de agua. La tercera capa es también común para los 3 sondeos y son arcillas compactas que poseen espesores variables. Para el sev 05 no se pudieron registrar más capas a profundidad. En el sev 13 tenemos una capa de arenas que desaparece en los otros 2 sondeos, y finalmente tenemos una capa de gravas y arenas tanto para el sev 13 como para el sev 11 pero no para el sev 05.



**Figura 3.15 Correlación sev 13, 11 y 05**

### **3.12.5 Correlación de perfiles geoelectrónicos E – E' (Sev 15, Sev 06 y Sev 08)**

La correlación en los 3 sondeos ayuda a identificar capas similares, se empieza por una capa de arenas con limos, le continúa una capa de clastos con matriz arenosa que para los sev's 06 y 08 se pueden encontrar saturadas, la siguiente capa en común son arcillas compactas con espesor variable. Finalmente tenemos una capa de gravas y arenas que solo se identifica en el sev 15 y sev 08, no se puede comprobar la presencia de esta capa en el sev 06 por el alcance del equipo.

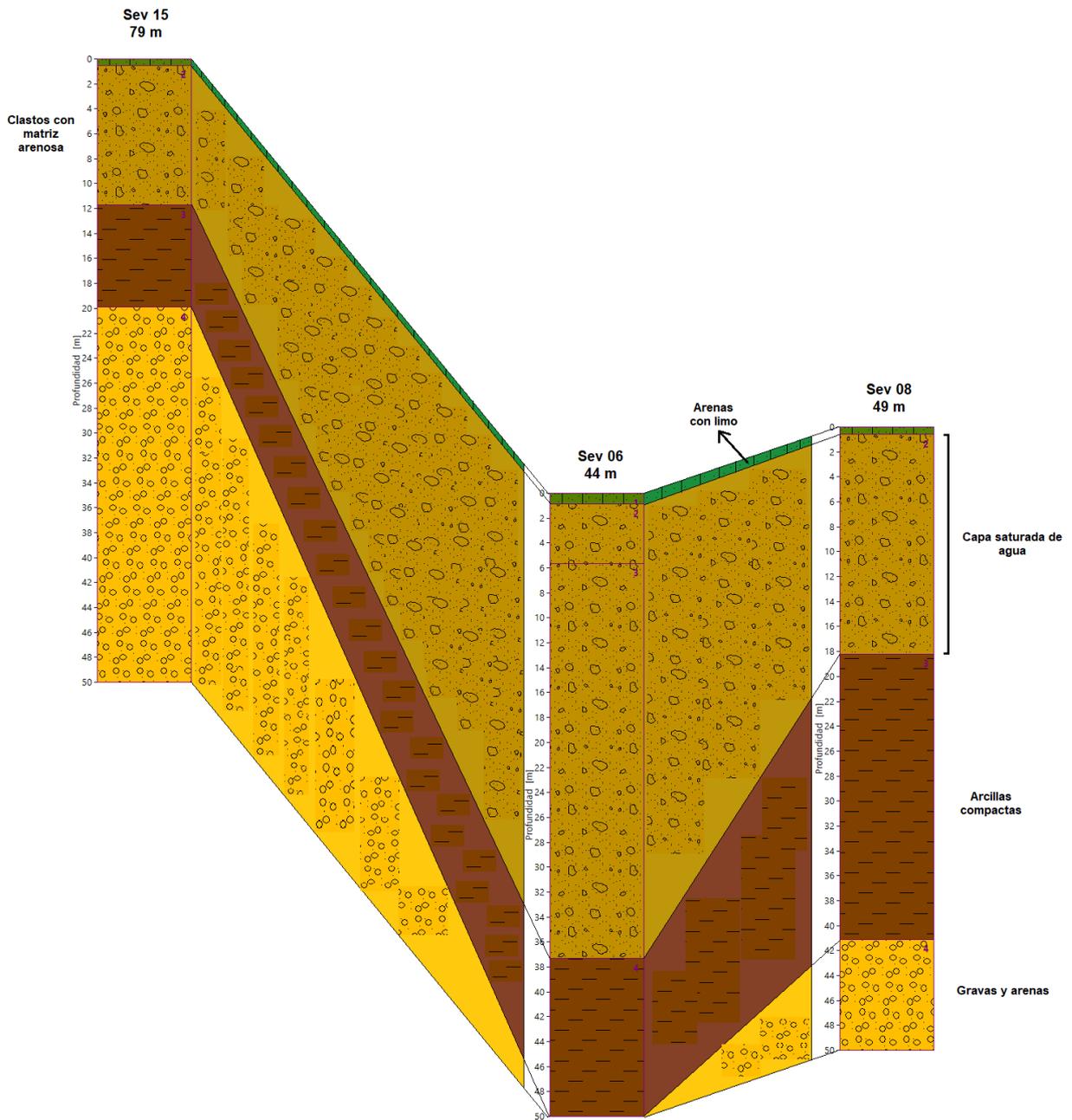
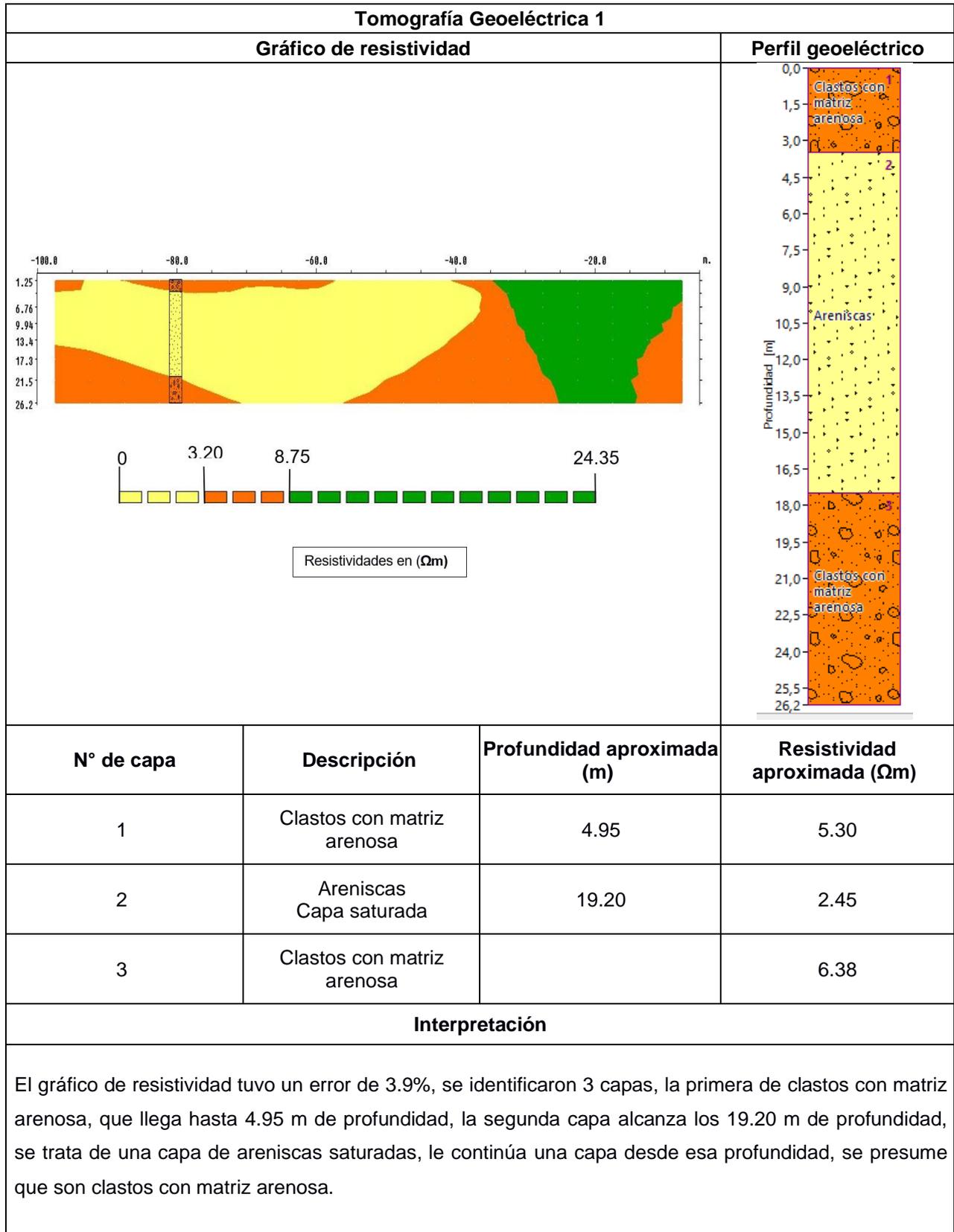


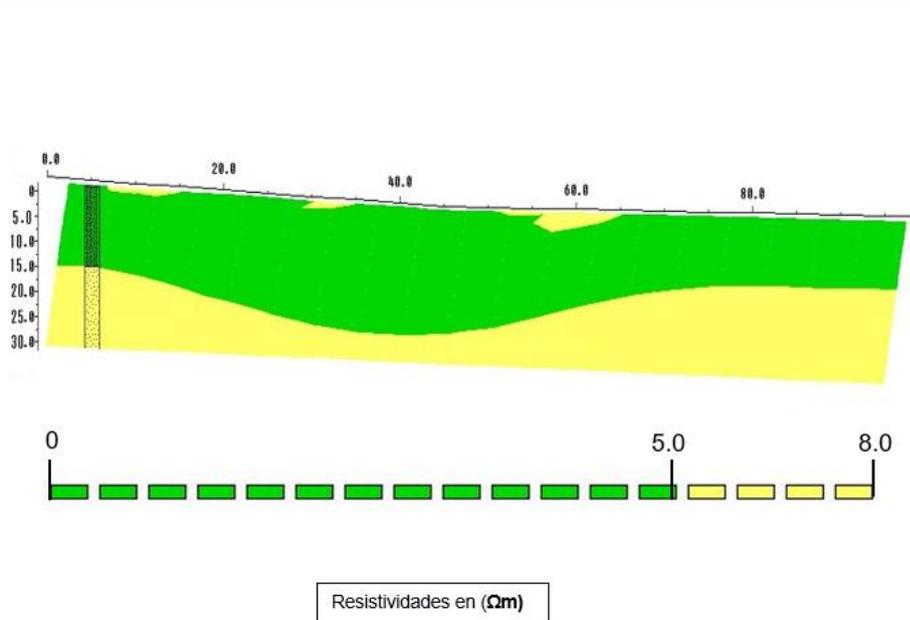
Figura 3.16 Correlación sev 15, 06 y 08

### 3.13 Tomografías geoelectricas

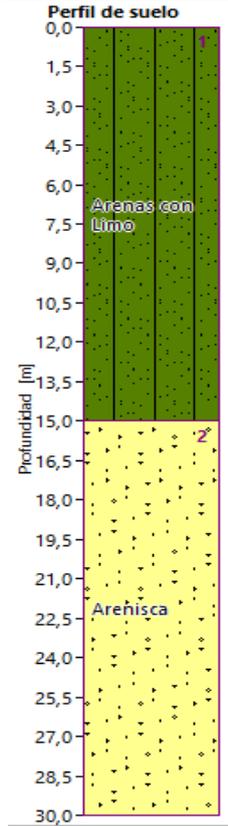


## Tomografía Geoeléctrica 2

**Gráfico de resistividad**



**Perfil geoelectrico**



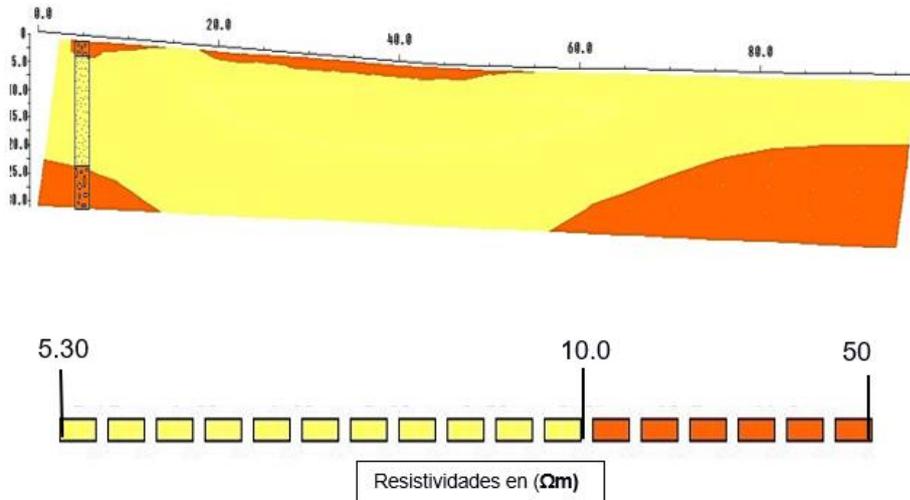
N° de capa	Descripción	Profundidad aproximada (m)	Resistividad aproximada ( $\Omega m$ )
1	Arenas con limo	15	2.5
2	Arenisca		5.0

### Interpretación

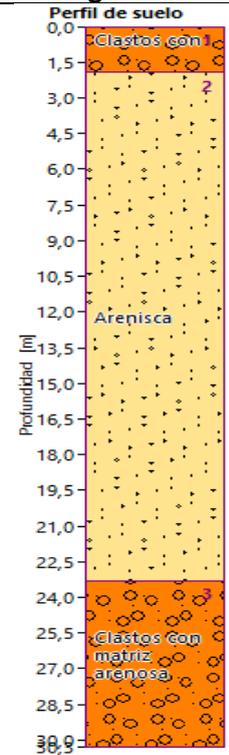
El gráfico de resistividad tuvo un error de 2.4%, se identificaron 2 capas, la primera de areniscas con limos saturadas, que llega hasta 15 m de profundidad, la segunda capa continúa desde esa profundidad, y se trata de una capa de arenisca.

### Tomografía Geoeléctrica 3

#### Gráfico de resistividad



#### Perfil geoelectrico



N° de capa	Descripción	Profundidad aproximada (m)	Resistividad aproximada ( $\Omega m$ )
1	Clastos con matriz arenosa	2.3	35.2
2	Areniscas	23.5	15.8
3	Clastos con matriz arenosa		7.3

#### Interpretación

La gráfica de resistividad tuvo un error de 1.9%, se identificaron 3 capas, la primera de clastos con matriz arenosa que llega hasta 2.30 m de profundidad, la segunda capa alcanza los 23.5 m de profundidad, se trata de una capa de areniscas, le continúa una capa de clastos con matriz arenosa que continúa desde esa profundidad.

### 3.14 Mapa de zonas de aprovechamiento de aguas subterráneas

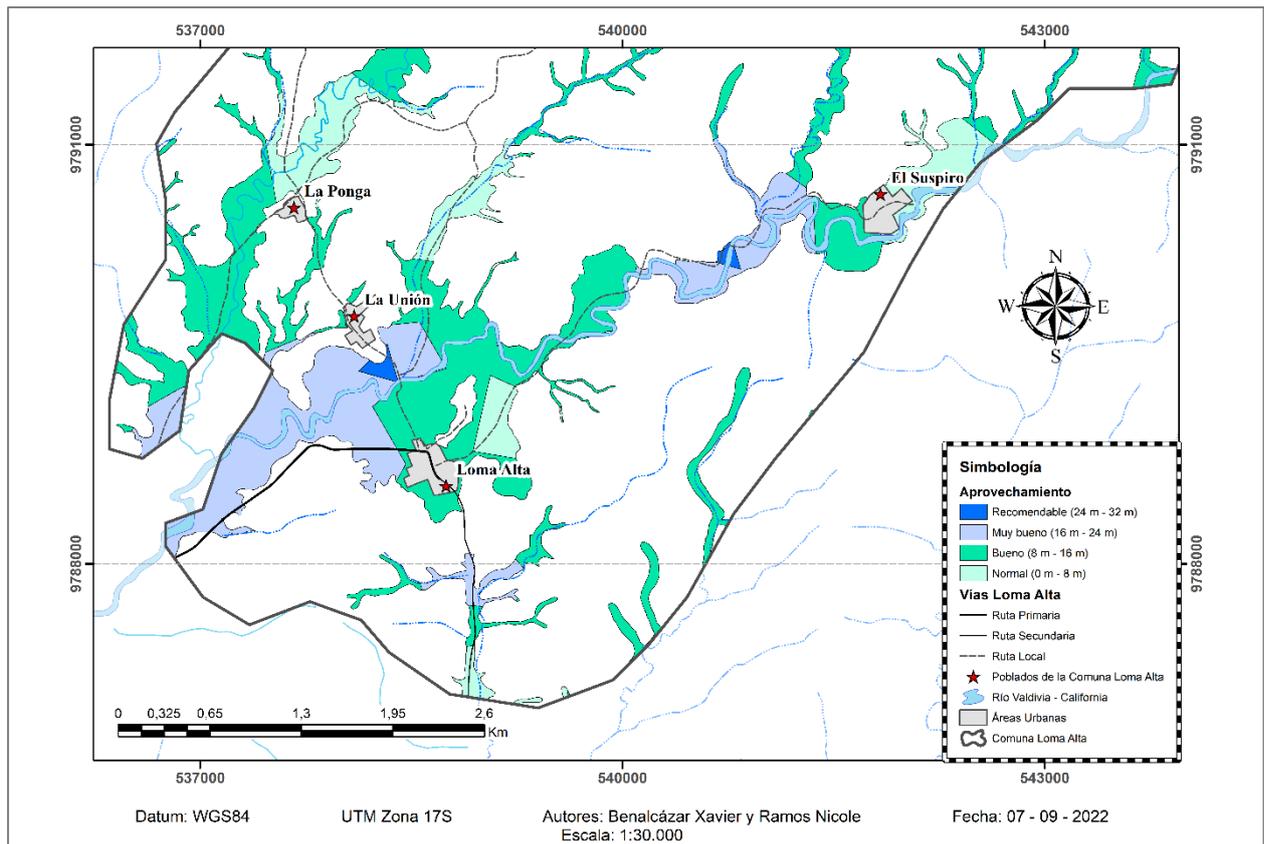


Figura 3.17 Sitios de aprovechamiento de agua subterránea

### 3.15 Discusión

#### 3.15.1 Análisis de aprovechamiento hídrico

Durante la elaboración del balance hídrico se comprobó que los valores de evapotranspiración no superan los 130 mm anuales, febrero y marzo son los meses que superan el valor de los 130 mm de lluvia, en los siguientes meses es común que se evapore lo que se precipita.

Los datos tienen un alcance hasta 2020 donde se determinó una temporada seca, se desconocen los datos de 2021, sin embargo a lo largo del trabajo desde el mes de abril hasta agosto del 2022 han sido frecuentes las precipitaciones, es por ello por lo que este puede ser un buen año de aprovechamiento para Loma Alta y se recomienda realizar la comparativa con nuevos datos de precipitaciones del presente año.

Los mejores meses de aprovechamiento en la comuna son desde la última semana de enero hasta las 2 primeras semanas de abril en el caso de ser un año seco, de no serlo el aprovechamiento se puede extender hasta finales del

mes de mayo. En los otros meses es recomendable distribuir el uso del agua correctamente.

### **3.15.2 Potencial hidrogeológico del acuífero**

Los suelos en Loma Alta son predominantemente arenosos, pero también presentan zonas limosas y arcillosas, por lo que la infiltración de la zona estará condicionada a la distribución espacial del tipo de suelo, siendo los lugares con presencia de suelo arenoso los más favorables. Sin embargo la capacidad de campo o retención de humedad de suelos será mejor para zonas con limos y arcillas como constituyentes del suelo.

### **3.15.3 Evaluación de condición de pozos y calidad de las aguas**

Con respecto a la medición de parámetros físico – químicos en pozos estas fueron realizadas en el mes de abril y julio, las diferencias no fueron significativas, hubo un aumento de 22 cm en el nivel freático, según Rojas Fajardo (2010) las fluctuaciones en el nivel freático a lo largo de la cuenca del río Valdivia – California están alrededor de los 50 cm, los valores de salinidad disminuyeron muy posiblemente por el movimiento constante del flujo de agua en superficie y de manera subterránea. Se tuvieron valores anormales en pozos no usados pero que no excedían los límites permisibles, con un adecuado mantenimiento pueden ser usados con normalidad. Un aspecto que cuidar es prevenir derrumbes de tierra en los pozos ya que estos son fuentes contaminantes y hasta fuentes que aumentan la cantidad de sales en las aguas. Los resultados microbiológicos no muestran patógenos que afecten la salud de los habitantes tales como Salmonella o Shigella, mientras que los límites de coliformes fecales, coliformes totales y Escherichia Coli están dentro de los límites permisibles.

Una toma de datos de niveles freáticos distribuidos en la zona de estudio permitió la elaboración de un mapa de direcciones de flujo subterráneo e isopiezas **Figura 3.7** según esta, las aguas tienen una tendencia NE – SW hasta desembocar en el Océano Pacífico, la capa freática en el subsuelo en gran parte del área de estudio se halla aproximadamente a los 5 metros de profundidad, hay casos en que está a 1.5 m y otros a 7.

En la zona de estudio se tiene la presencia de un acuífero cuaternario, los límites fueron establecidos en el estudio de Rojas Fajardo (2010) que dice que

se encuentra bajo los materiales aluviales, coluviales y coluvio aluviales ya que estas son zonas potenciales que pueden almacenar y contener el acuífero.

### 3.15.4 Factibilidad de sitios de aprovechamiento hídrico

Los sitios de aprovechamiento de agua subterránea en la zona de estudio se proponen en función del espesor de la capa saturada. Las mejores zonas se ubicaron entre los poblados de Loma Alta y La Unión. El espesor en el rango de Muy Bueno que continúa en dirección del río hacia el SW.

Las capas saturadas y el mapa de sitios de aprovechamiento fueron definidas gracias a la interpretación de los sondeos eléctricos verticales y tomografías geoeléctricas. Un dato interesante que acotar es la posible existencia de un acuífero semiconfinado o confinado a distancias variables, entre 15 y 40 m de profundidad por debajo del acuífero cuaternario.

#### Breve análisis económico

La Comuna Loma Alta ha realizado excavaciones para sus pozos de agua a un promedio de hasta 8 metros de profundidad con un costo de \$3000 para pozos artesanales y \$3700 para pozos perforados con equipo, en este estudio se encontró que la capa saturada tiene un espesor de hasta los 30 metros aproximadamente, por ello se sugiere que la comuna que excave artesanalmente o perforen con equipo por lo menos 5 metros más para de esta manera poder alcanzar un mayor volumen de agua, con relación al costo de los pozos ejecutados previamente, este aumento de 5 metros más tendría un costo aproximado de \$650, sabiendo que el costo de excavación por metro es de \$20, incluyendo mano de obra, materiales (bloques, arena, cementó y varillas de hierro) y bomba de 1 HP.

Perforación con equipo tendría un costo de \$2100, ya que el costo unitario por metro es de \$ 300 aproximadamente, mano de obra, materiales (tubo metálico de hierro) y bomba de 1 HP que alcanzaría una carga máxima de 37 m.

**Tabla 3.40 Presupuesto de elaboración y mejora de pozos según la manera de construcción**

Pozos 5 metros	Artesanal	Perforado Con equipos
Excavación por metro	\$100	\$1250
Mano de obra	\$100	\$100
Materiales	\$100	\$400
Bomba 1 HP	\$350	\$350
<b>Total</b>	<b>\$650</b>	<b>\$2100</b>

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- El balance hídrico realizado en los 3 intervalos de tiempo muestra que el terreno en el área de estudio empieza a recuperar su humedad a finales del mes de enero hasta el mes de abril, los meses lluviosos comienza del mes febrero y puede llegar hasta junio. Esto indica que para esos meses las precipitaciones ayudarán en la agricultura, la ganadería y abastecerán de agua a la población. En los demás meses la agricultura podría ser insostenible sin mantener un sistema de riego alternativo que mitigue el impacto del déficit.
- Las mediciones de los parámetros físico – químicos del agua de los pozos en el área de estudio indican buena calidad de agua tanto para agricultura como ganadería; sin embargo, los pozos 2, 9 y 11 presentan valores elevados de conductividad y sólidos disueltos debido a que están abandonados o con un mal acondicionamiento.
- Con la elaboración del mapa de flujo de agua subterránea estas indican una dirección preferencial del recorrido de las aguas subterráneas NE – SW, dirigiéndose al río Valdivia – California siendo el acuífero el que lo mantiene en meses que no llueve. La medición del nivel freático en distintos sitios durante 5 meses mostró un aumento del nivel de 0.2 m. Según el estudio de Rojas (2010) los niveles estáticos a lo largo de 10 meses variaron 1.4 m y en promedio en distintas zonas 0.5 m.
- Con el análisis microbiológico realizado en 3 pozos cercanos al recinto de Loma Alta y la Unión se halló presencia de coliformes totales, fecales y escherichia coli dentro de los rangos permisibles según la normativa INEN 1108. Para evitar problemas en la población se sugiere una correcta purificación del agua para consumo. A comparación con los resultados del estudio de Defaz (2015) donde los límites eran superados con creces y se hallaron patógenos como shigella y salmonella las condiciones actuales son excelentes.
- El levantamiento geológico ayudó a identificar las litologías presentes con las descripciones generales de las formaciones del área de estudio. La correlación

entre estos datos y los datos de resistividad obtenidos con los sondeos eléctricos verticales ayudaron a identificar que las capas que pueden contener el acuífero son en su mayoría clastos con matriz arenosa. Las capas impermeables pueden ser las arcillas compactas.

- Los sitios de aprovechamiento se definieron según las zonas en las que se detectaron capas saturadas de agua y según el espesor de la capa saturada, de manera que los mejores sitios son los que poseen espesores que van desde 15 hasta los 31 m.
- Los pozos 3 y 12 se encuentran en zonas cuya capa saturada está entre los 20 a 25 m de espesor, el pozo 10 está ubicado en una capa saturada de espesor 15 a 20 m, la profundidad de estos 3 pozos es de 8 m, el nivel freático para pozo 3 inicia a 1.5 m de profundidad, para el pozo 12 el nivel freático está en la superficie, mientras para el pozo 10 el nivel freático está a 0.6 m. Según la valoración económica explicada en la parte final de la discusión, aumentar 5 m de profundidad en estos pozos ayudará a que se puedan alcanzar niveles más bajos de agua cuando el nivel haya descendido por los diversos factores como la falta de precipitaciones.
- El espesor de la capa saturada tiende a disminuir a medida que se aleja del río Valdivia – California hasta reducirse considerablemente en los bordes de las áreas de aprovechamiento delimitadas.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Los meses de mayor control son los que presenten bajas precipitaciones que son de abril a enero, no hacerlo puede influir en la disminución de niveles de pozos cercanos y hacer que disminuya el nivel freático, esto puede tardar en volver a la normalidad cuando el acuífero se recargue.
- Se recomienda realizar sondeos verticales en la parte norte del poblado Loma Alta siguiendo el curso del río para que se pueda corroborar los espesores reales de las capas. Y definir más sitios de elaboración de pozos entre el Suspiro y Loma Alta.
- Es importante que la estación meteorológica ubicada en el suspiro tome datos de precipitaciones cada mes para que de tal forma con los datos se puedan establecer balances hídricos de manera anual.

- Un estudio geoquímico de las aguas ayudaría a determinar el tipo de agua obtenida de los pozos y descartaría la presencia de sales o intrusión marina.
- Se recomienda un inventariado mensual de los niveles estáticos de los pozos usados en la comuna para analizar sus comportamientos a lo largo del año según las variaciones en las precipitaciones.
- Se recomienda cuidar lo que cae en los pozos, la descomposición de plantas afecta la calidad de las aguas.
- Es recomendable que los comuneros que trabajaron junto a nosotros compartan con los pobladores los conocimientos recibidos sobre las maneras de inventariar pozos, llevar registro de sus niveles, y la manera para desenvolverse al realizar sondeos eléctricos verticales y tomografías geoelectricas de manera que el trabajo realizado sirva para que la población poco a poco tome conciencia y se haga responsable directo de la gestión del agua de su comuna.

# BIBLIOGRAFÍA

- AEMET. (15 de Junio de 2018). *MeteoGlosario Visual*. Obtenido de [https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/445\\_balance-hidrico](https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/445_balance-hidrico)
- Agrosal Ivia. (06 de Marzo de 2014). *Agrosal*. Obtenido de <http://agrosal.ivia.es/evaluar.html>
- Aquae Foundation. (07 de Febrero de 2020). *Fundación Aquae*. Obtenido de Fundación Aquae Org: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/>
- Arpi Barrera, J. A., & Yunga Guamán, M. J. (2017). *Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del Cantón Azogues*. Azogues: Universidad de Cuenca.
- Auge, M. (2008). *Métodos Geoeléctricos para la Prospección de agua subterránea*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Blanco, L. (10 de Abril de 2021). *Evall Web*. Obtenido de Evall Web site: <http://evall.uned.es/web/luisblanco/home/-/blogs/-que-son-las-isotermas-las-isobaras-y-las-isohietas->
- Bucheli, K., Baque, E., Muñoz, L., & Tumbaco, A. (2013). *Viculación con la Comunidad: Levantamiento de información de la Comuna Loma Alta*. Santa Elena: UPSE.
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2015). *Introducción a la Hidrogeología del Ecuador*. Quito: Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología.
- Calvetty Amboni, B. (2004). *Métodos eléctricos de prospección*. La Plata: UNLP.
- Campoverde, C., & Fajardo, G. (2018). *Contribución de la geología aplicada para la mejora en el diseño de un dique en la subcuenca del río Manglaralto*. Provincia Santa Elena: Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec>.
- Custodio, E., & Llamas, M. (1983). *Hidrología subterránea*. Barcelona: Omega.
- Darcy, C. (24 de Enero de 2020). *Resource Fulness*. Obtenido de Resource Fulness: <https://stem.guide/topic/salinidad/?lang=es>
- Dumont, J. F., Santana, E., Valdez, F., Tihay, J. P., Usselman, P., Iturralde, D., & Navarrete, E. (2006). *Fan beheading and drainage diversion as evidence of a 3200-2800 BP earthquake event in the Esmeraldas-Tumaco seismic zone: A case study for the effects of great subduction earthquakes*. Esmeraldas: Geomorfology.

- Elcacho, J. (30 de Julio de 2021). *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/natural/20210730/7634977/reconfirmado-lluvias-son-vez-mas-irregulares-calentamiento.html>
- Ferrer, D. C., & Novoa, L. M. (2017). *Análisis experimental de métodos de medición de resistividad del terreno para evaluar su profundidad de exploración*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Freire, F. F., Silva, D. F., & Tovar, G. D. (2011). *Manejo de Cuencas Hidrográficas: Usuarios del Agua de la Cuenca del río Valdivia-California*. Guayaquil: ESPOL.
- Gastellou, E. (9 de Agosto de 2020). *AcMax*. Obtenido de AcMax Web site: <https://acmax.mx/resistividad>
- Gómez, M. L. (2009). *Caracterización hidrogeoquímica e identificación de procesos de mezcla en un acuífero afectado por un vertadero municipal no controlado*. Ciudad de México: Boletín de la sociedad geológica mexicana.
- INAMHI. (2011). *La Hidrogeología del Ecuador*. Guayaquil: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Instituto Geográfico Militar. (05 de Agosto de 2017). *Gestión de Descarga del Proyecto Nacional*. Obtenido de [https://www.geoportaligm.gob.ec/proyecto\\_nacional/](https://www.geoportaligm.gob.ec/proyecto_nacional/)
- Jaillard, E., Ordonez, M., Benítez, S., Berrones, G., Jiménez, N., Montenegro, G., & Zambrano, I. (1995). *Basin development in an accretionary, oceanic-floored forearc setting: Southern coastal Ecuador during Late Cretaceous-Late Eocene time*. American Association of Petroleum Geologists. Memoir, 62:615-631.
- Jatrobat. (23 de Mayo de 2012). *Enciclopedia US*. Obtenido de Enciclopedia US Web site: [http://enciclopedia.us.es/index.php/Red\\_hidrogr%C3%A1fica](http://enciclopedia.us.es/index.php/Red_hidrogr%C3%A1fica)
- Ministerio de Ambiente. (2001). *Cambios Climáticos*. Quito: Gráficas Ibera.
- Ministerio de transporte y Obras públicas. (2012). *Estudio de ingeniería de la carretera Santo Domingo-Esmeraldas y la estructuración jurídica, técnica y económica-Financiera-Anexo N° 3 Geología y Geotecnia*. Ecuador: INECO.
- Mite Defaz, G. (2015). *Estudio microbiológico de los pozos de agua en la Comuna Loma Alta, parroquia Colonche y su posible incidencia en la salud de la población que la consume*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería*. Colombia: Alfaomega.
- Mora, C., Parra, P., & Blanco, Y. (2007). *Evaluación de los Sistemas Petrolíferos de las Cuencas del suroeste del litoral Ecuatoriano, Informe final: Bogotá; EP. PetroEcuador*.

- NASA. (31 de Diciembre de 2020). *POWER Data Access Viewer*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Núñez del Arco , E. (2003). *Geología del Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Recuperado de: <https://documents.ec/document/libro-geologia-delecuador-por-ing-nunez-del-arco.html>.
- Núñez, M. (2011). La Cuenca hidrografica en la gestion integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual Redesma* , 11.
- Núñez, S. (26 de Octubre de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de Ecología Verde Web site: <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html>
- Orellana, E. (1982). *Prospección Geoeléctrica en Corriente Contínua*. California: Paraninfo.
- Rojas Fajardo, J. C. (2010). *Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Valdivia*. Guayaquil: ESPOL.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (03 de Junio de 2021). *Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-confirma-la-presencia-del-fenomeno-del-nino-en-ecuador/#:~:text=Ecuador%20ha%20sido%20golpeado%20en,vial%2C%20con%20millonarias%20p%C3%A9rdidas%20econ%C3%B3micas>.
- TRAXCO. (10 de Diciembre de 2009). *Componentes para sistemas de riego Pivot*. Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>
- Viteri, F. (2019). Formaciones de la Costa. *Universidad Central del Ecuador*, 40.

# ANEXOS

Anexo 1. Tabla de parámetros para el balance hídrico

	P	ETP	ETR	Déficit	Reserva máx: Reserva	Excedentes
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						
Enero						
Febrero						
Marzo						
Abril						
Mayo						
Junio						
Julio						
Agosto						
Septiembre						
Total Anual						

Anexo 2. Tabla de parámetros y datos generales de los pozos

	Pozo 01	Pozo 02
Coordenada X		
Coordenada Y		
Coordenada Z		
Nivel Freático [m.s.n.m]		
Uso		
Broca [m]		
Nivel Estático [m]		
Profundidad [m]		
Conductividad		
Resistividad [ $\Omega$ o k $\Omega$ ]		
TDS [mg/L]		
Temperatura [°C]		
pH		
Salinidad [ppm]		
Observaciones		

### Anexo 3. INEN 1108: Requisitos microbiológicos para agua potable

	Máximo
Coliformes fecales - Tubos múltiples NMP/100 ml ó - Filtración por membrana UFC/100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia
<p>* &lt; 1,1 significa que el ensayo NMP utilizando 5 tubos de 200 cm<sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm<sup>3</sup> ninguno es positivo</p> <p>** &lt; 1 significa que no se observan colonias</p>	

### Anexo 4. Ficha descriptiva del afloramiento 1

FICHA REGISTRO DE AFLORAMIENTO					
Información General					
Ficha N°	1	Coordenadas WGS 1984 UTM - Zona 17 S	X: 0540643	Tipología de depósito: Depósito fluvial	
Hora	11:10		Y: 9789551		Z: 203
Fecha	9/8/2022	Lugar	Vía el suspiro		Numero de facies apreciables: 3
Responsable	Xavier Benalcázar y Nicole Ramos				
<b>Bosquejo de columna</b>		<b>Foto de afloramiento</b>	<b>Descripción Macro</b>		
			<b>Unidad estratigráfica</b>		
			<b>A</b>		
		<b>Color</b>			Café amarillento
		<b>Contacto</b>			No presenta
		<b>Potencia</b>			8 metros
		<b>Rumbo</b>			2°NE
		<b>Buzamiento</b>			9°/88°NW
		<b>Diaclasas</b>			Rumbo:335° Buzamiento: 295
		<b>Descripción A mesoescala</b>			
		<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
		<b>Color</b>	Café oscuro amarillento	Blanco amarillentas	Blanco grisáceo, amarillento
		<b>Tamaño del grano</b>	Medio a grueso	Fino	Fino a medio
		<b>Textura</b>	Clástica	Detrítica	Detrítica
		<b>Redondez</b>	Subredondeado	-	-
		<b>Matriz o Clasto soportados</b>	Clasto soportado	-	-
		<b>Gradación</b>	-	-	-
		<b>Litología</b>			
		<b>Matriz</b>	<b>Conglomerado</b>	<b>Arenisca</b>	<b>Lutita</b>
		Clastos	Presente	-	-
		<b>Meteorización</b>			Media meteorización de las capas

**Anexo 5. Ficha descriptiva del afloramiento 2**

**FICHA REGISTRO DE AFLORAMIENTO**

**Información General**

<b>Ficha N°</b>	2	<b>Coordenadas WGS 1984 UTM - Zona 17 S</b>	X: 0541425	<b>Tipología de depósito:</b> Depósito aluvial
<b>Hora</b>	12:20		Y: 9790584	
<b>Fecha</b>	9/8/2022	<b>Lugar</b>	Z: 78	
<b>Responsable</b>	Xavier Benalcázar y Nicole Ramos		Nuevo puente – El Suspiro	<b>Numero de facies apreciables: 2</b>

Bosquejo Columna	Foto de afloramiento	Descripción Macro				
		<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>A</b>			
		<b>Color</b>	Café grisáceo			
		<b>Contacto</b>	No presenta			
		<b>Potencia</b>	6 metros			
		<b>Rumbo</b>	82°SW			
		<b>Buzamiento</b>	20°/8°NW			
		<b>Falla</b>	Rumbo: 10°SE	Buzamiento:		295°
		<b>Descripción A mesoescala</b>				
		<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>A</b>		<b>B</b>	
		<b>Color</b>	Café oscuro amarillento		Blanco grisáceo amarillento	
<b>Tamaño del grano</b>	Fino		Fino a medio			
<b>Textura</b>	Detrítica		Detrítica			
<b>Redondez</b>	-		-			
<b>Matriz o Clasto soportados</b>	Clasto soportado		-			
<b>Gradación</b>	-		-			
<b>Litología</b>						
<b>Matriz</b>	<b>Conglomerado</b>	<b>Arenisca</b>	<b>Lutita</b>			
Clastos	Presente	-	-			
<b>Meteorización</b>		Media meteorización de las capas				

### Anexo 6. Ficha descriptiva del afloramiento 3

FICHA REGISTRO DE AFLORAMIENTO					
Información General					
Ficha N°	3	Coordenadas WGS 1984 UTM - Zona 17 S	X: 05399489	Tipología de depósito: Depósito aluvial	
Hora	12:50		Y: 9789637		
Fecha	9/8/2022		Z: 57		
Responsable	Xavier Benalcázar y Nicole Ramos			Presencia de capas de yeso	
<b>Bosquejo Columna</b>		<b>Foto de afloramiento</b>	<b>Descripción Macro</b>		
			<b>Unidad estratigráfica</b>		
			<b>A</b>		
		<b>Color</b>		Grisáceo amarillento	
		<b>Contacto</b>		No presenta	
		<b>Potencia</b>		6.8 metros	
		<b>Rumbo</b>		70°SE	
		<b>Buzamiento</b>		28°/30°SW	
		<b>Diaclasas</b>		No presenta	
		<b>Descripción A mesoescala</b>			
		<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
		<b>Color</b>	Amarillento	Blanco amarillentas	Blanco grisáceo
		<b>Tamaño del grano</b>	Medio	Fino	Muy fino
		<b>Textura</b>	Detrítica	Detrítica	Detrítica
		<b>Redondez</b>	-	-	-
		<b>Matriz o Clasto soportados</b>	-	-	-
		<b>Gradación</b>	-	-	-
		<b>Litología</b>			
		<b>Matriz</b>	<b>Conglomerado</b>	<b>Arenisca</b>	<b>Lutita</b>
		Clastos	-	-	-
		<b>Meteorización</b>			-

### Anexo 7. Ficha descriptiva del afloramiento 4.1

FICHA REGISTRO DE AFLORAMIENTO					
Información General					
<b>Ficha N°</b>	4.1	<b>Coordenadas WGS 1984 UTM - Zona 17 S</b>	X: 0536947	<b>Tipología de depósito:</b> Depósito fluvial	
<b>Hora</b>	13:30		Y: 9789508		
<b>Fecha</b>	9/8/2022		Z: 60		
<b>Responsable</b>	Xavier Benalcázar y Nicole Ramos		Cantera vía Loma Alta		
<b>Bosquejo Columna</b>	<b>Foto de afloramiento</b>	<b>Descripción Macro</b>			
		<b>Unidad estratigráfica</b>		<b>A</b>	
		<b>Color</b>		Pardo amarillento	
		<b>Contacto</b>		No presenta	
		<b>Potencia</b>		5.8 metros	
		<b>Rumbo</b>		50°SE	
		<b>Buzamiento</b>		15°/40°SW	
		<b>Diaclasas</b>		No presenta	
		<b>Descripción A mesoescala</b>			
		<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
		<b>Color</b>	Café pardo	Amarillentas	Café oscuro amarillento
		<b>Tamaño del grano</b>	Medio	Fino a medio	Medio
		<b>Textura</b>	Clástica	Detrítica	Clástica
		<b>Redondez</b>	Subredondeado	-	-
		<b>Matriz o Clasto soportados</b>	Matriz soportada	-	-
		<b>Gradación</b>	-	-	-
<b>Litología</b>					
<b>Matriz</b>	<b>Conglomerado</b>	<b>Arenisca</b>	<b>Lutita</b>		
Clastos	Presente	-	Presente		
<b>Meteorización</b>		Media meteorización de las capas			

### Anexo 8. Ficha descriptiva del afloramiento 4.2

FICHA REGISTRO DE AFLORAMIENTO

Información General					
<b>Ficha N°</b>	4.2	<b>Coordenadas WGS 1984 UTM - Zona 17 S</b>	X: 0536946	<b>Tipología de depósito: Depósito fluvial</b>	
<b>Hora</b>	13h30		Y: 9787430		
<b>Fecha</b>	9/8/2022		Z: 99		
<b>Responsable</b>	Xavier Benalcázar y Nicole Ramos		Cantera vía Loma Alta	<b>Numero de facies apreciables:</b>	
Descripción Macro					
Columna estratigráfica	Foto de afloramiento	Unidad estratigráfica	A		
		<b>Color</b>	Amarillento		
		<b>Contacto</b>	No presenta		
		<b>Potencia</b>	19.5 metros		
		<b>Rumbo</b>	82°SW		
		<b>Buzamiento</b>	20°/8°NW		
		<b>Diaclasas</b>	No presenta		
		Descripción A mesoescala			
		<b>Unidad estratigráfica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
		<b>Color</b>	Café amarillento	Pardo rojizo con café	Blanco grisáceo
		<b>Tamaño del grano</b>	Medio	Fino a medio	Grueso
		<b>Textura</b>	Clástica	Detrítica	Detrítica
		<b>Redondez</b>	-	-	-
		<b>Matriz o Clasto soportados</b>	Clasto soportado	-	-
		<b>Gradación</b>	-	-	-
		Litología			
<b>Matriz</b>	<b>Conglomerado</b>	<b>Arenisca</b>	<b>Lutita</b>		
Clastos	Presente	-	-		
<b>Meteorización</b>		Media meteorización de las capas			

## Anexo 9. Trabajo en campo realizado en el área de estudio

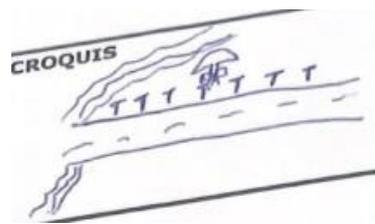
1	2	3
		
4	5	6
		

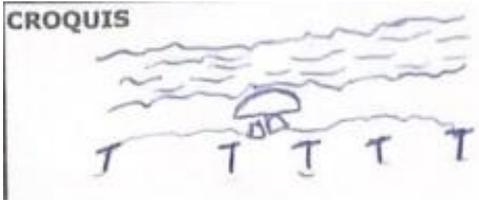
### Descripción:

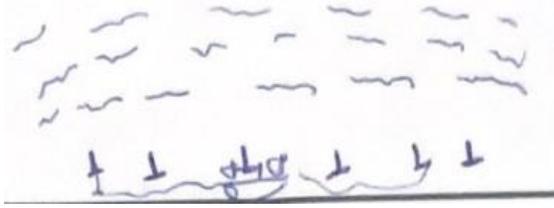
1. Toma de muestras de agua para el análisis bacteriológico junto a los comuneros.
2. Toma de mediciones de parámetros fisicoquímicos de los pozos de agua.
3. Medición del nivel estático de los pozos de agua junto al personal de la comuna.
4. Medición de Sev's en zonas estratégicas en el área de estudio.
5. Primer Sondeo eléctrico vertical junto al presidente de la comuna "Loma Alta".
6. Medición de profundidad de los pozos de agua.

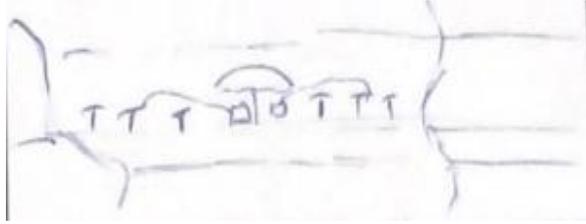
### Anexo 10. Tablas de mediciones en campo de Sondeos eléctricos verticales

CÓDIGO:		SEV - 01 - LA		CROQUIS			
FECHA:		19/4/2022		Rumbo: N 165°			
COORDENADAS X:		538396					
COORDENADAS Y:		9789132					
COORDENADAS Z:		50 ± 3					
Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia		Resistividad	
Punto	AB/2	MN/2	K	Valor	Unidad	Valor	Unidad
1	1	0.2	7.54	4.2960	Ω	32.3918	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	1.8183	Ω	30.2929	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	780.6200	mΩ	28.0945	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	273.8500	mΩ	21.3904	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	82.3750	mΩ	13.9033	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	212.7600	mΩ	14.2230	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	24.9020	mΩ	9.0623	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	63.9110	mΩ	9.2613	Ωm
9	10	0.5	313.37	24.3310	mΩ	7.6246	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	11.1230	mΩ	7.5423	Ωm
11	14.7	2	166.58	39.1040	mΩ	6.5139	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	4.3290	mΩ	6.2832	Ωm
13	21.5	2	359.91	16.7960	mΩ	6.0450	Ωm
14	31.6	2	781.13	6.5698	mΩ	5.1319	Ωm
15	46.4	2	1687.79	2.2390	mΩ	3.7790	Ωm
16	46.4	5	668.52	8.6944	mΩ	5.8124	Ωm
17	68.1	2	3639.24	10.1290	mΩ	36.8619	Ωm
18	68.1	5	1449.1	3.4006	mΩ	4.9278	Ωm
19	100	5	3133.75	1.4249	mΩ	4.4653	Ωm
20	100	10	1555.09	2.9056	mΩ	4.5185	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 02 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		19/4/2022		<b>Rumbo: N 20°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		537258					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9790225					
<b>COORDENADAS Z:</b>		48 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	2.8429	Ω	21.4355	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	1.2516	Ω	20.8517	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	557.8000	mΩ	20.0752	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	258.4000	mΩ	20.1836	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	108.3300	mΩ	18.2839	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	236.7000	mΩ	15.8234	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	41.3660	mΩ	15.0539	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	89.9760	mΩ	13.0384	Ωm
9	10	0.5	313.37	30.8180	mΩ	9.6574	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	9.9409	mΩ	6.7407	Ωm
11	14.7	2	166.58	39.6830	mΩ	6.6104	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	3.3116	mΩ	4.8065	Ωm
13	21.5	2	359.91	12.2400	mΩ	4.4053	Ωm
14	31.6	2	781.13	4.1376	mΩ	3.2320	Ωm
15	46.4	2	1687.79	1.4813	mΩ	2.5001	Ωm
16	46.4	5	668.52	4.3553	mΩ	2.9116	Ωm
17	68.1	2	3639.24	0.9904	mΩ	3.6043	Ωm
18	68.1	5	1449.1	2.2022	mΩ	3.1912	Ωm
19	100	5	3133.75	1.8275	mΩ	5.7269	Ωm
20	100	10	1555.09	2.7781	mΩ	4.3202	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 03 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		19/4/2022		<b>Rumbo: -</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Joselyn Solorzano					
<b>COORDENADAS X:</b>		542114					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9790664					
<b>COORDENADAS Z:</b>		86 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	13.0170	Ω	98.1482	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	5.1169	Ω	85.2476	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	1.8609	Ω	66.9738	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	584.3900	mΩ	45.6467	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	223.5900	mΩ	37.7375	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	530.5800	mΩ	35.4693	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	85.6830	mΩ	31.1818	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	201.6100	mΩ	29.2153	Ωm
9	10	0.5	313.37	72.0240	mΩ	22.5702	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	20.4500	mΩ	13.8667	Ωm
11	14.7	2	166.58	80.8500	mΩ	13.4680	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	5.9977	mΩ	8.7052	Ωm
13	21.5	2	359.91	23.0810	mΩ	8.3071	Ωm
14	31.6	2	781.13	7.9224	mΩ	6.1884	Ωm
15	46.4	2	1687.79	2.8900	mΩ	4.8777	Ωm
16	46.4	5	668.52	7.9772	mΩ	5.3329	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.0563	mΩ	3.8441	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 04 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		19/4/2022		<b>Rumbo: N 224°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		539340					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9789378					
<b>COORDENADAS Z:</b>		52 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	6.0394	Ω	45.5371	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	2.5991	Ω	43.3010	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	1.0756	Ω	38.7108	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	408.6400	mΩ	31.9189	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	169.8700	mΩ	28.6707	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	378.9200	mΩ	25.3308	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	70.5580	mΩ	25.6775	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	156.8100	mΩ	22.7233	Ωm
9	10	0.5	313.37	66.1230	mΩ	20.7210	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	22.9250	mΩ	15.5450	Ωm
11	14.7	2	166.58	92.5350	mΩ	15.4145	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	7.8951	mΩ	11.4591	Ωm
13	21.5	2	359.91	33.9390	mΩ	12.2150	Ωm
14	31.6	2	781.13	14.2500	mΩ	11.1311	Ωm
15	46.4	2	1687.79	6.8384	mΩ	11.5418	Ωm
16	46.4	5	668.52	17.8080	mΩ	11.9050	Ωm
17	68.1	2	3639.24	3.2116	mΩ	11.6878	Ωm
18	68.1	5	1449.1	8.0009	mΩ	11.5941	Ωm
19	100	5	3133.75	2.6140	mΩ	8.1916	Ωm
20	100	10	1555.09	5.2400	mΩ	8.1487	Ωm

CÓDIGO:		SEV - 05 - LA		CROQUIS			
FECHA:		19/4/2022		Rumbo: N 13°			
OPERADOR:		Joselyn Solorzano					
COORDENADAS X:		538958					
COORDENADAS Y:		9787085					
COORDENADAS Z:		64 ± 3					
Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia		Resistividad	
Punto	AB/2	MN/2	K	Valor	Unidad	Valor	Unidad
1	1	0.2	7.54	7.9779	Ω	60.1534	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	3.4662	Ω	57.7469	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	1.3371	Ω	48.1222	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	509.6500	mΩ	39.8088	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	187.4000	mΩ	31.6294	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	451.5800	mΩ	30.1881	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	65.1420	mΩ	23.7065	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	156.2700	mΩ	22.6451	Ωm
9	10	0.5	313.37	51.7760	mΩ	16.2250	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	16.1630	mΩ	10.9598	Ωm
11	14.7	2	166.58	66.1310	mΩ	11.0161	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	4.9520	mΩ	7.1874	Ωm
13	21.5	2	359.91	19.4620	mΩ	7.0046	Ωm
14	31.6	2	781.13	5.2789	mΩ	4.1235	Ωm
15	46.4	2	1687.79	2.1464	mΩ	3.6227	Ωm
16	46.4	5	668.52	4.9496	mΩ	3.3089	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.7514	mΩ	6.3738	Ωm
18	68.1	5	1449.1	2.7508	mΩ	3.9862	Ωm
19	100	5	3133.75	1.2333	mΩ	3.8649	Ωm
20	100	10	1555.09	2.2476	mΩ	3.4952	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 06 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		20/4/2022		<b>Rumbo: N 275°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Joselyn Solorzano					
<b>COORDENADAS X:</b>		538319					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9789410					
<b>COORDENADAS Z:</b>		44 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	1	0.2	7.54	2.1256	Ω	16.0270	Ωm
<b>2</b>	1.47	0.2	16.66	1.0266	Ω	17.1032	Ωm
<b>3</b>	2.15	0.2	35.99	581.1300	mΩ	20.9149	Ωm
<b>4</b>	3.16	0.2	78.11	293.7800	mΩ	22.9472	Ωm
<b>5</b>	4.64	0.2	168.78	145.2000	mΩ	24.5069	Ωm
<b>6</b>	4.64	0.5	66.85	358.3900	mΩ	23.9584	Ωm
<b>7</b>	6.81	0.2	363.92	68.4630	mΩ	24.9151	Ωm
<b>8</b>	6.81	0.5	144.91	167.1900	mΩ	24.2275	Ωm
<b>9</b>	10	0.5	313.37	67.0590	mΩ	21.0143	Ωm
<b>10</b>	14.7	0.5	678.08	24.2640	mΩ	16.4529	Ωm
<b>11</b>	14.7	2	166.58	87.7170	mΩ	14.6119	Ωm
<b>12</b>	21.5	0.5	1451.42	6.7066	mΩ	9.7341	Ωm
<b>13</b>	21.5	2	359.91	23.9540	mΩ	8.6213	Ωm
<b>14</b>	31.6	2	781.13	6.9991	mΩ	5.4672	Ωm
<b>15</b>	46.4	2	1687.79	2.7492	mΩ	4.6401	Ωm
<b>16</b>	46.4	5	668.52	6.8470	mΩ	4.5774	Ωm
<b>17</b>	68.1	2	3639.24	1.2701	mΩ	4.6222	Ωm
<b>18</b>	68.1	5	1449.1	2.7777	mΩ	4.0252	Ωm
<b>19</b>	100	5	3133.75	1.2063	mΩ	3.7802	Ωm
<b>20</b>	100	10	1555.09	2.4487	mΩ	3.8079	Ωm

CÓDIGO:		SEV - 07 - LA		CROQUIS			
FECHA:		20/4/2022		Rumbo: N 38°			
OPERADOR:		Emily Sánchez					
COORDENADAS X:		538735					
COORDENADAS Y:		9790490					
COORDENADAS Z:		69 ± 3					
Estación	Abertura	Abertura	Constante	Resistencia		Resistividad	
Punto	AB/2	MN/2	K	Valor	Unidad	Valor	Unidad
1	1	0.2	7.54	14.9560	Ω	112.7682	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	7.1368	Ω	118.8991	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	3.0687	Ω	110.4425	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	1.2059	Ω	94.1928	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	370.7200	mΩ	62.5701	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	895.9300	mΩ	59.8929	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	81.6780	mΩ	29.7243	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	193.6000	mΩ	28.0546	Ωm
9	10	0.5	313.37	37.1240	mΩ	11.6335	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	7.9325	mΩ	5.3789	Ωm
11	14.7	2	166.58	37.1900	mΩ	6.1951	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	2.3003	mΩ	3.3387	Ωm
13	21.5	2	359.91	8.4188	mΩ	3.0300	Ωm
14	31.6	2	781.13	4.1974	mΩ	3.2787	Ωm
15	46.4	2	1687.79	1.6129	mΩ	2.7222	Ωm
16	46.4	5	668.52	4.2370	mΩ	2.8325	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.7708	mΩ	6.4444	Ωm
18	68.1	5	1449.1	2.9875	mΩ	4.3292	Ωm
19	100	5	3133.75	1.1713	mΩ	3.6706	Ωm
20	100	10	1555.09	2.1522	mΩ	3.3469	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 08 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		20/4/2022		<b>Rumbo: N 210°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez		<b>Proyecto Comunitario Agrícola</b>			
<b>COORDENADAS X:</b>		538012					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9789393					
<b>COORDENADAS Z:</b>		49 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	1	0.2	7.54	2.5255	Ω	19.0423	Ωm
<b>2</b>	1.47	0.2	16.66	771.8100	mΩ	12.8584	Ωm
<b>3</b>	2.15	0.2	35.99	289.1100	mΩ	10.4051	Ωm
<b>4</b>	3.16	0.2	78.11	96.6030	mΩ	7.5457	Ωm
<b>5</b>	4.64	0.2	168.78	40.8300	mΩ	6.8913	Ωm
<b>6</b>	4.64	0.5	66.85	109.2100	mΩ	7.3007	Ωm
<b>7</b>	6.81	0.2	363.92	18.5430	mΩ	6.7482	Ωm
<b>8</b>	6.81	0.5	144.91	50.0100	mΩ	7.2469	Ωm
<b>9</b>	10	0.5	313.37	22.6170	mΩ	7.0875	Ωm
<b>10</b>	14.7	0.5	678.08	10.5270	mΩ	7.1381	Ωm
<b>11</b>	14.7	2	166.58	41.7950	mΩ	6.9622	Ωm
<b>12</b>	21.5	0.5	1451.42	5.1520	mΩ	7.4777	Ωm
<b>13</b>	21.5	2	359.91	19.5670	mΩ	7.0424	Ωm
<b>14</b>	31.6	2	781.13	7.9033	mΩ	6.1735	Ωm
<b>15</b>	46.4	2	1687.79	3.7645	mΩ	6.3537	Ωm
<b>16</b>	46.4	5	668.52	7.5240	mΩ	5.0299	Ωm
<b>17</b>	68.1	2	3639.24	0.9901	mΩ	3.6032	Ωm
<b>18</b>	68.1	5	1449.1	2.5380	mΩ	3.6778	Ωm
<b>19</b>	100	5	3133.75	2.7170	mΩ	8.5144	Ωm
<b>20</b>	100	10	1555.09	4.3140	mΩ	6.7087	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 09 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		20/4/2022		<b>Rumbo: N 10°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		537838					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9791207					
<b>COORDENADAS Z:</b>		62 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	1	0.2	7.54	1.2261	Ω	9.2448	Ωm
<b>2</b>	1.47	0.2	16.66	480.5800	mΩ	8.0065	Ωm
<b>3</b>	2.15	0.2	35.99	187.2000	mΩ	6.7373	Ωm
<b>4</b>	3.16	0.2	78.11	64.4800	mΩ	5.0365	Ωm
<b>5</b>	4.64	0.2	168.78	23.8810	mΩ	4.0306	Ωm
<b>6</b>	4.64	0.5	66.85	57.4660	mΩ	3.8416	Ωm
<b>7</b>	6.81	0.2	363.92	9.4224	mΩ	3.4290	Ωm
<b>8</b>	6.81	0.5	144.91	22.7810	mΩ	3.3012	Ωm
<b>9</b>	10	0.5	313.37	9.1421	mΩ	2.8649	Ωm
<b>10</b>	14.7	0.5	678.08	3.9527	mΩ	2.6802	Ωm
<b>11</b>	14.7	2	166.58	16.4030	mΩ	2.7324	Ωm
<b>12</b>	21.5	0.5	1451.42	1.6972	mΩ	2.4634	Ωm
<b>13</b>	21.5	2	359.91	6.8071	mΩ	2.4499	Ωm
<b>14</b>	31.6	2	781.13	2.8891	mΩ	2.2568	Ωm
<b>15</b>	46.4	2	1687.79	1.2839	mΩ	2.1670	Ωm
<b>16</b>	46.4	5	668.52	3.4296	mΩ	2.2928	Ωm
<b>17</b>	68.1	2	3639.24	0.6283	mΩ	2.2865	Ωm
<b>18</b>	68.1	5	1449.1	1.7119	mΩ	2.4807	Ωm
<b>19</b>	100	5	3133.75	0.7810	mΩ	2.4475	Ωm
<b>20</b>	100	10	1555.09	1.5969	mΩ	2.4833	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		<i>SEV - 10 - LA</i>		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		<i>20/4/2022</i>		<b>Rumbo: N 103°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		<i>Emily Sánchez</i>					
<b>COORDENADAS X:</b>		<i>538165</i>					
<b>COORDENADAS Y:</b>		<i>9788926</i>					
<b>COORDENADAS Z:</b>		<i>46 ± 3</i>					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	1	0.2	7.54	285.8900	mΩ	2.1556	Ωm
<b>2</b>	1.47	0.2	16.66	98.4200	mΩ	1.6397	Ωm
<b>3</b>	2.15	0.2	35.99	49.2800	mΩ	1.7736	Ωm
<b>4</b>	3.16	0.2	78.11	22.0590	mΩ	1.7230	Ωm
<b>5</b>	4.64	0.2	168.78	10.9710	mΩ	1.8517	Ωm
<b>6</b>	4.64	0.5	66.85	25.6920	mΩ	1.7175	Ωm
<b>7</b>	6.81	0.2	363.92	5.6561	mΩ	2.0584	Ωm
<b>8</b>	6.81	0.5	144.91	13.0040	mΩ	1.8844	Ωm
<b>9</b>	10	0.5	313.37	6.4233	mΩ	2.0129	Ωm
<b>10</b>	14.7	0.5	678.08	3.3564	mΩ	2.2759	Ωm
<b>11</b>	14.7	2	166.58	12.7560	mΩ	2.1249	Ωm
<b>12</b>	21.5	0.5	1451.42	1.9735	mΩ	2.8644	Ωm
<b>13</b>	21.5	2	359.91	6.8010	mΩ	2.4477	Ωm
<b>14</b>	31.6	2	781.13	3.2487	mΩ	2.5377	Ωm
<b>15</b>	46.4	2	1687.79	1.9293	mΩ	3.2563	Ωm
<b>16</b>	46.4	5	668.52	4.7083	mΩ	3.1476	Ωm
<b>17</b>	68.1	2	3639.24	1.3777	mΩ	5.0138	Ωm
<b>18</b>	68.1	5	1449.1	2.9271	mΩ	4.2417	Ωm
<b>19</b>	100	5	3133.75	1.7855	mΩ	5.5953	Ωm
<b>20</b>	100	10	1555.09	3.0568	mΩ	4.7536	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 11 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		21/7/2022		<b>Rumbo: N 337°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		538935					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9787893					
<b>COORDENADAS Z:</b>		76 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	4.2644	Ω	32.1536	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	1.7635	Ω	29.3799	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	764.3200	mΩ	27.5079	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	293.2900	mΩ	22.9089	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	111.5700	mΩ	18.8308	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	256.8800	mΩ	17.1724	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	42.0170	mΩ	15.2908	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	96.7920	mΩ	14.0261	Ωm
9	10	0.5	313.37	30.1460	mΩ	9.4469	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	10.6760	mΩ	7.2392	Ωm
11	14.7	2	166.58	41.0840	mΩ	6.8438	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	4.4480	mΩ	6.4559	Ωm
13	21.5	2	359.91	16.3100	mΩ	5.8701	Ωm
14	31.6	2	781.13	6.6630	mΩ	5.2047	Ωm
15	46.4	2	1687.79	3.8926	mΩ	6.5699	Ωm
16	46.4	5	668.52	8.9152	mΩ	5.9600	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.1262	mΩ	4.0985	Ωm
18	68.1	5	1449.1	2.9786	mΩ	4.3163	Ωm
19	100	5	3133.75	3.483	mΩ	10.9149	Ωm
20	100	10	1555.09	4.08	mΩ	6.3448	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 12 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		21/7/2022		<b>Rumbo: N 35°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		540753					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9790226					
<b>COORDENADAS Z:</b>		74 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	5.1989	Ω	39.1997	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	2.2376	Ω	37.2784	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	1.0304	Ω	37.0841	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	449.6600	mΩ	35.1229	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	181.4900	mΩ	30.6319	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	399.7200	mΩ	26.7213	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	61.6300	mΩ	22.4284	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	135.3900	mΩ	19.6194	Ωm
9	10	0.5	313.37	38.9930	mΩ	12.2192	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	12.4150	mΩ	8.4184	Ωm
11	14.7	2	166.58	49.9640	mΩ	8.3230	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	6.3907	mΩ	9.2756	Ωm
13	21.5	2	359.91	18.1490	mΩ	6.5320	Ωm
14	31.6	2	781.13	9.5800	mΩ	7.4832	Ωm
15	46.4	2	1687.79	3.8966	mΩ	6.5766	Ωm
16	46.4	5	668.52	8.8714	mΩ	5.9307	Ωm
17	68.1	2	3639.24	2.3699	mΩ	8.6246	Ωm
18	68.1	5	1449.1	4.8656	mΩ	7.0507	Ωm
19	100	5	3133.75	3.0764	mΩ	9.6407	Ωm
20	100	10	1555.09	5.1054	mΩ	7.9394	Ωm

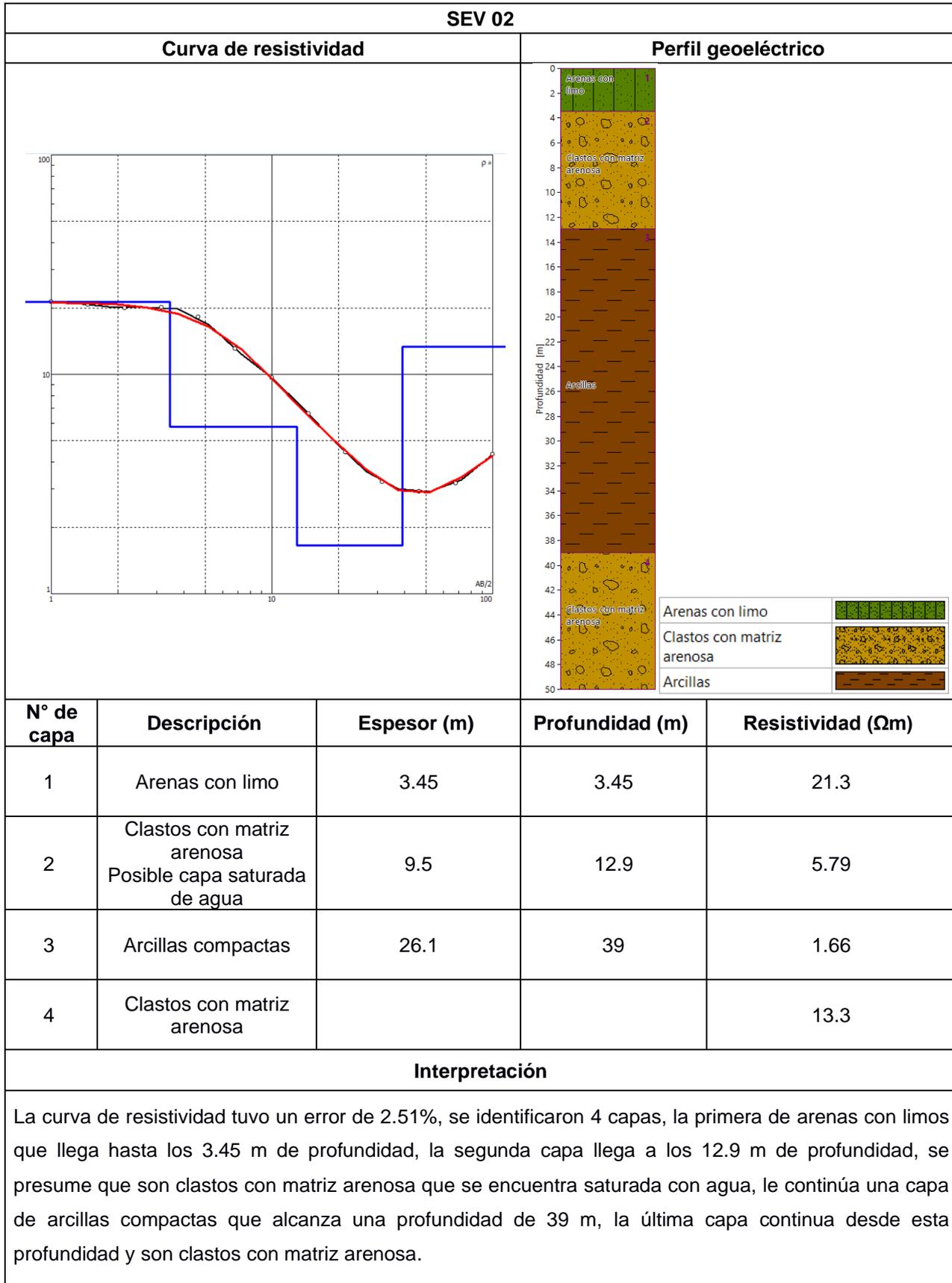
<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 13 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		21/7/2022		<b>Rumbo: N 209°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		539179					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9789043					
<b>COORDENADAS Z:</b>		57 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	839.8500	mΩ	6.3325	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	270.0700	mΩ	4.4994	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	105.3300	mΩ	3.7908	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	40.5640	mΩ	3.1685	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	15.9900	mΩ	2.6988	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	39.5840	mΩ	2.6462	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	6.5769	mΩ	2.3935	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	16.1160	mΩ	2.3354	Ωm
9	10	0.5	313.37	6.6262	mΩ	2.0765	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	3.4088	mΩ	2.3114	Ωm
11	14.7	2	166.58	13.0190	mΩ	2.1687	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	1.9456	mΩ	2.8239	Ωm
13	21.5	2	359.91	6.9611	mΩ	2.5054	Ωm
14	31.6	2	781.13	3.6020	mΩ	2.8136	Ωm
15	46.4	2	1687.79	2.0391	mΩ	3.4416	Ωm
16	46.4	5	668.52	4.9754	mΩ	3.3262	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.6567	mΩ	6.0291	Ωm
18	68.1	5	1449.1	2.4113	mΩ	3.4942	Ωm
19	100	5	3133.75	2.8152	mΩ	8.8221	Ωm
20	100	10	1555.09	3.3950	mΩ	5.2795	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 14 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		26/7/2022		<b>Rumbo: N 166°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		537689					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9790677					
<b>COORDENADAS Z:</b>		58 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	1.5057	Ω	11.3530	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	376.7100	mΩ	6.2760	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	113.8200	mΩ	4.0964	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	48.6680	mΩ	3.8015	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	23.3210	mΩ	3.9361	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	54.9700	mΩ	3.6747	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	11.4000	mΩ	4.1487	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	26.0030	mΩ	3.7681	Ωm
9	10	0.5	313.37	10.6210	mΩ	3.3283	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	4.5565	mΩ	3.0897	Ωm
11	14.7	2	166.58	18.8460	mΩ	3.1394	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	2.1863	mΩ	3.1732	Ωm
13	21.5	2	359.91	7.1285	mΩ	2.5656	Ωm
14	31.6	2	781.13	3.2110	mΩ	2.5082	Ωm
15	46.4	2	1687.79	1.3298	mΩ	2.2444	Ωm
16	46.4	5	668.52	3.6391	mΩ	2.4328	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.4807	mΩ	5.3886	Ωm
18	68.1	5	1449.1	2.7268	mΩ	3.9514	Ωm
19	100	5	3133.75	1.8625	mΩ	5.8366	Ωm
20	100	10	1555.09	2.5469	mΩ	3.9607	Ωm

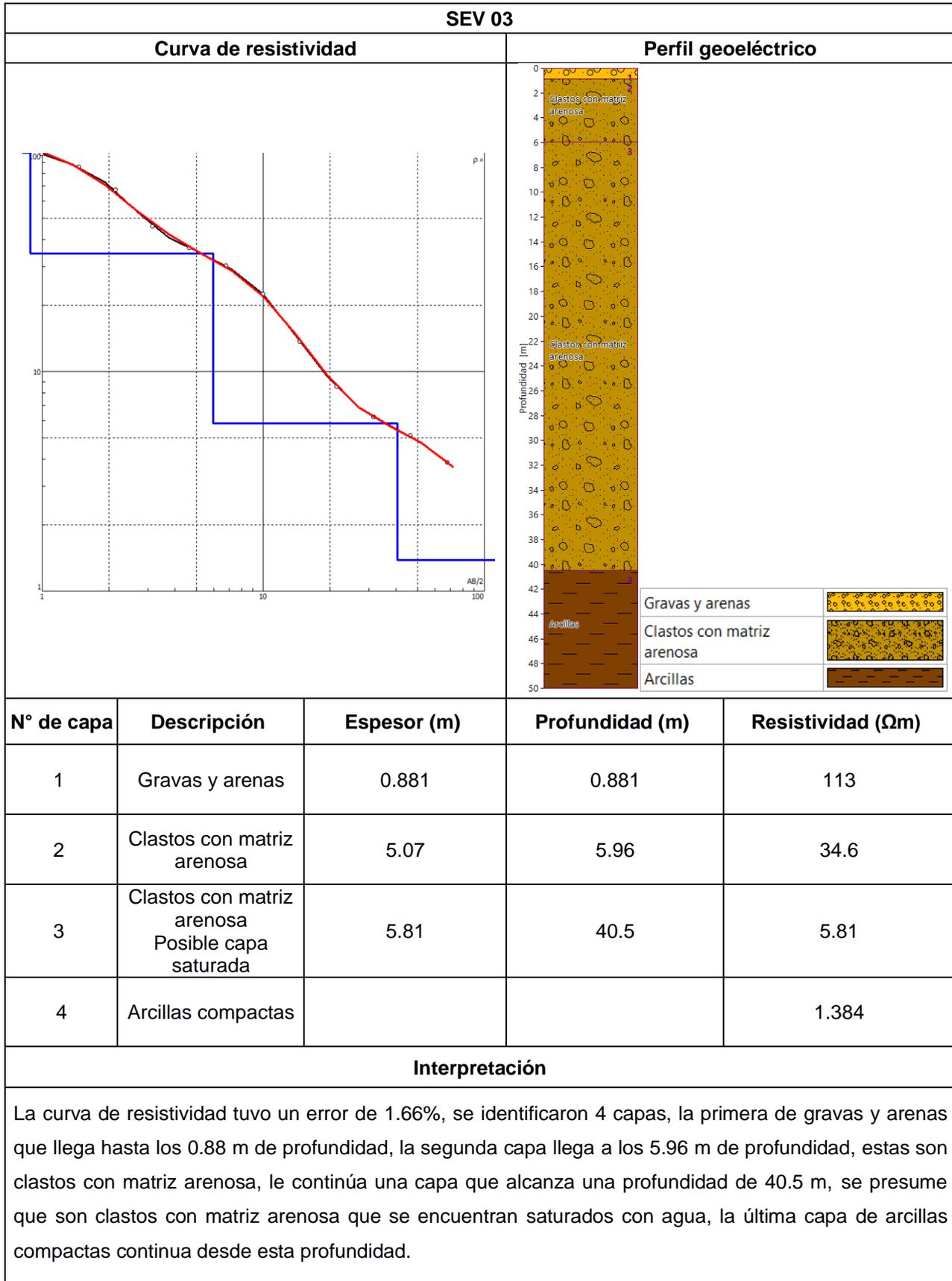
<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 15 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		29/7/2022		<b>Rumbo: N 60°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		538214					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9789879					
<b>COORDENADAS Z:</b>		79 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>1</b>	1	0.2	7.54	555.8500	mΩ	4.1911	Ωm
<b>2</b>	1.47	0.2	16.66	279.8700	mΩ	4.6626	Ωm
<b>3</b>	2.15	0.2	35.99	110.1400	mΩ	3.9639	Ωm
<b>4</b>	3.16	0.2	78.11	51.3720	mΩ	4.0127	Ωm
<b>5</b>	4.64	0.2	168.78	22.3030	mΩ	3.7643	Ωm
<b>6</b>	4.64	0.5	66.85	52.7410	mΩ	3.5257	Ωm
<b>7</b>	6.81	0.2	363.92	8.4832	mΩ	3.0872	Ωm
<b>8</b>	6.81	0.5	144.91	20.1800	mΩ	2.9243	Ωm
<b>9</b>	10	0.5	313.37	8.5270	mΩ	2.6721	Ωm
<b>10</b>	14.7	0.5	678.08	3.4388	mΩ	2.3318	Ωm
<b>11</b>	14.7	2	166.58	16.0990	mΩ	2.6818	Ωm
<b>12</b>	21.5	0.5	1451.42	1.6073	mΩ	2.3329	Ωm
<b>13</b>	21.5	2	359.91	7.4075	mΩ	2.6660	Ωm
<b>14</b>	31.6	2	781.13	2.8513	mΩ	2.2272	Ωm
<b>15</b>	46.4	2	1687.79	1.5506	mΩ	2.6171	Ωm
<b>16</b>	46.4	5	668.52	5.5279	mΩ	3.6955	Ωm
<b>17</b>	68.1	2	3639.24	1.8852	mΩ	6.8607	Ωm
<b>18</b>	68.1	5	1449.1	1.0925	mΩ	1.5831	Ωm
<b>19</b>	100	5	3133.75	1.3768	mΩ	4.3145	Ωm
<b>20</b>	100	10	1555.09	4.1818	mΩ	6.5031	Ωm

<b>CÓDIGO:</b>		SEV - 16 - LA		<b>CROQUIS</b>			
<b>FECHA:</b>		29/7/2022		<b>Rumbo: N 10°</b>			
<b>OPERADOR:</b>		Emily Sánchez					
<b>COORDENADAS X:</b>		537594					
<b>COORDENADAS Y:</b>		9788891					
<b>COORDENADAS Z:</b>		45 ± 3					
<b>Estación</b>	<b>Abertura</b>	<b>Abertura</b>	<b>Constante</b>	<b>Resistencia</b>		<b>Resistividad</b>	
<b>Punto</b>	<b>AB/2</b>	<b>MN/2</b>	<b>K</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
1	1	0.2	7.54	4.9695	Ω	37.4700	Ωm
2	1.47	0.2	16.66	1.9930	Ω	33.2034	Ωm
3	2.15	0.2	35.99	719.1700	mΩ	25.8829	Ωm
4	3.16	0.2	78.11	255.5700	mΩ	19.9626	Ωm
5	4.64	0.2	168.78	76.2550	mΩ	12.8703	Ωm
6	4.64	0.5	66.85	184.8500	mΩ	12.3572	Ωm
7	6.81	0.2	363.92	27.2850	mΩ	9.9296	Ωm
8	6.81	0.5	144.91	64.7300	mΩ	9.3800	Ωm
9	10	0.5	313.37	26.4370	mΩ	8.2846	Ωm
10	14.7	0.5	678.08	12.0550	mΩ	8.1743	Ωm
11	14.7	2	166.58	43.4340	mΩ	7.2352	Ωm
12	21.5	0.5	1451.42	5.9219	mΩ	8.5952	Ωm
13	21.5	2	359.91	20.4610	mΩ	7.3641	Ωm
14	31.6	2	781.13	9.1260	mΩ	7.1286	Ωm
15	46.4	2	1687.79	3.7014	mΩ	6.2472	Ωm
16	46.4	5	668.52	9.1260	mΩ	6.1009	Ωm
17	68.1	2	3639.24	1.5776	mΩ	5.7413	Ωm
18	68.1	5	1449.1	3.7525	mΩ	5.4377	Ωm
19	100	5	3133.75	2.0710	mΩ	6.4900	Ωm
20	100	10	1555.09	3.7621	mΩ	5.8504	Ωm

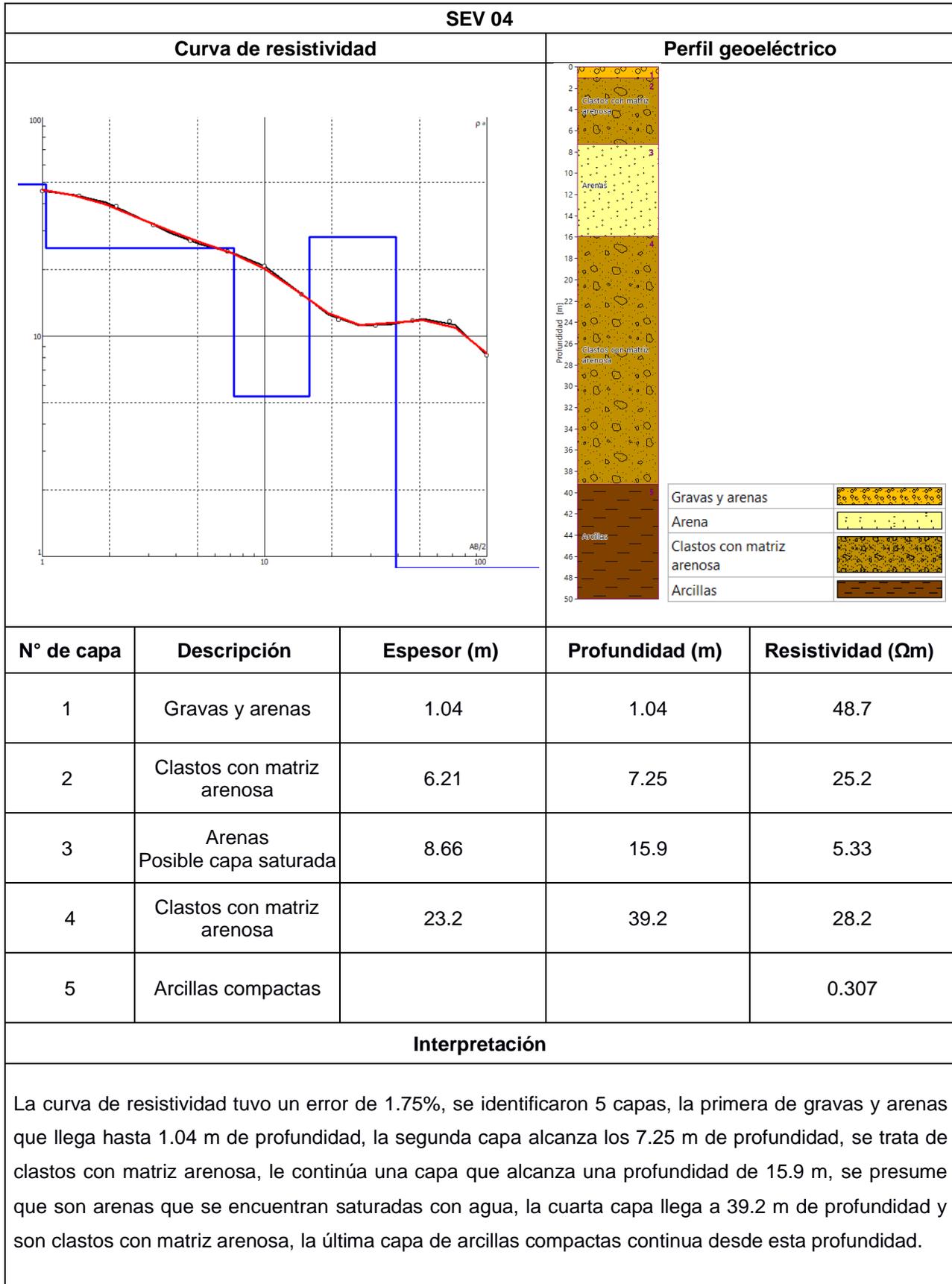
## Anexo 11. Sondeo Eléctrico Vertical N°2



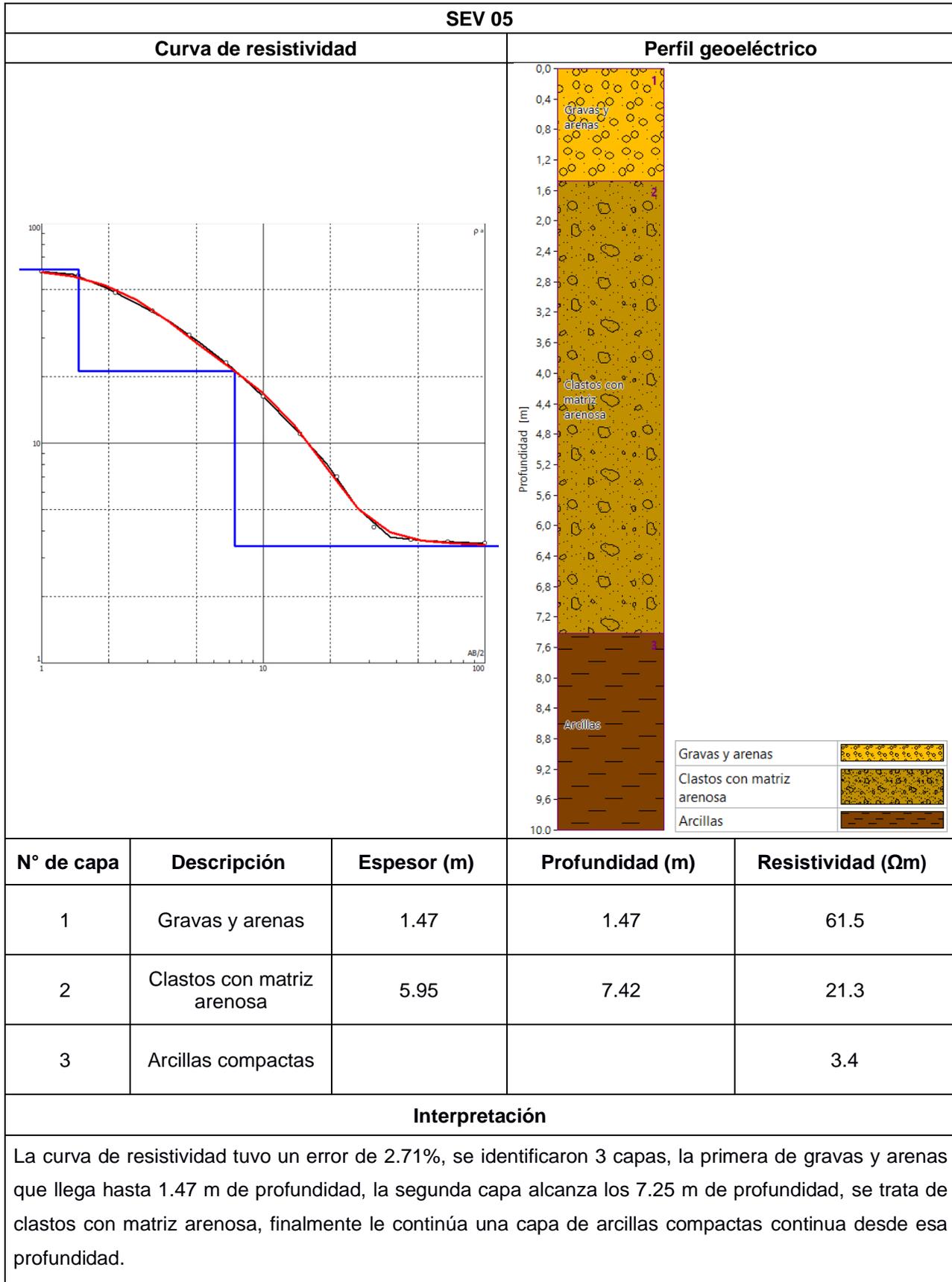
## Anexo 12. Sondeo Eléctrico Vertical N°3



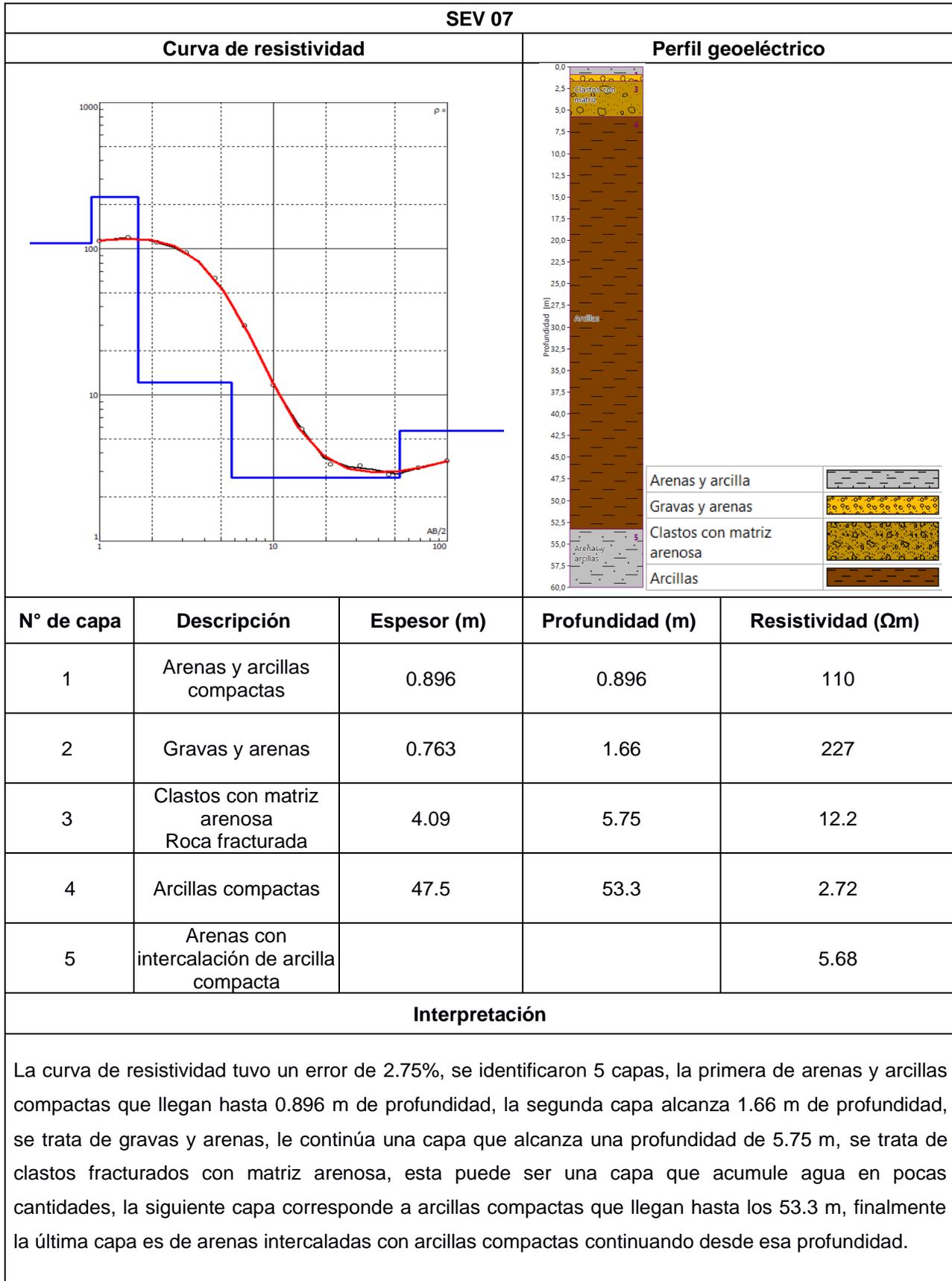
### Anexo 13. Sondeo Eléctrico Vertical N°4



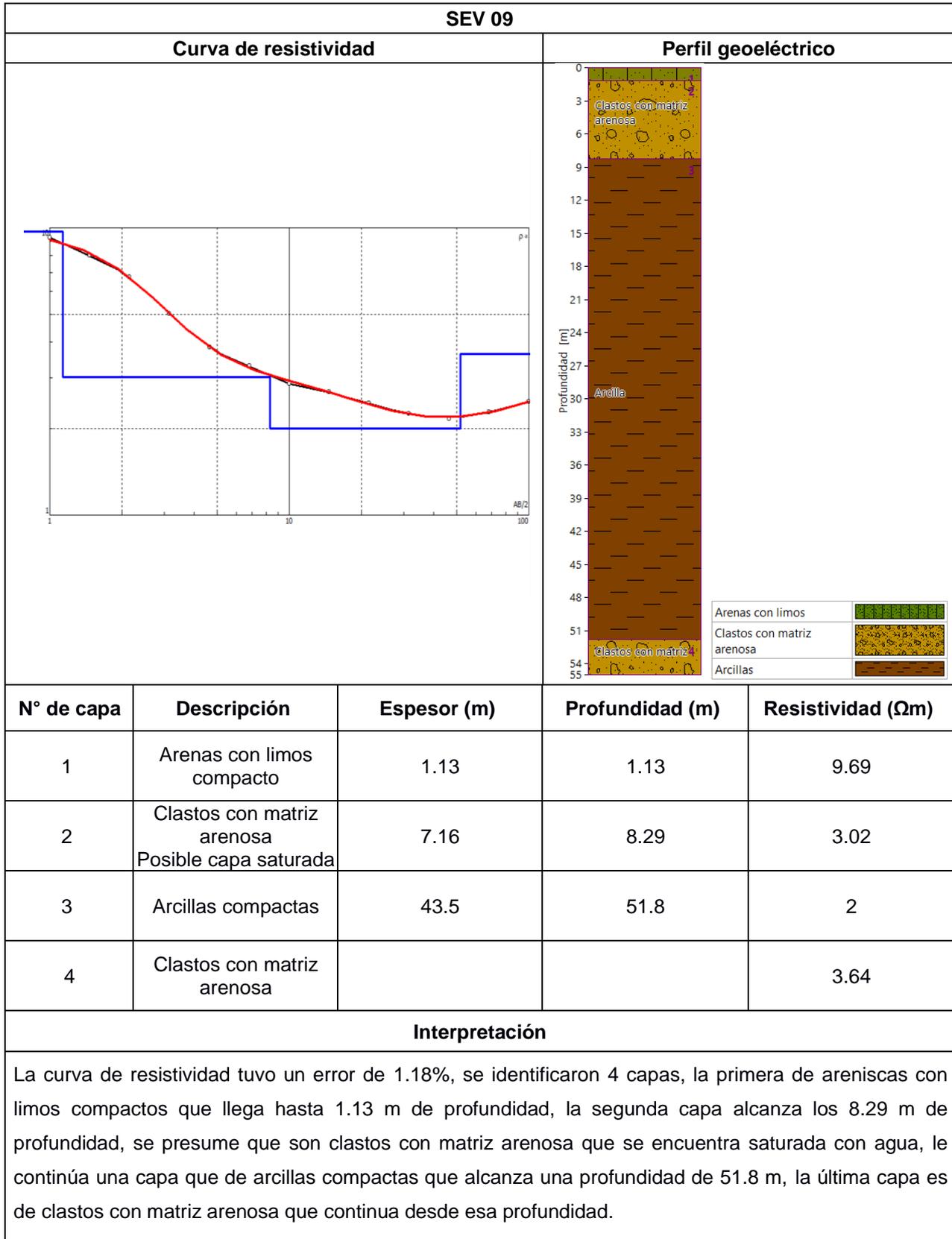
## Anexo 14. Sondeo Eléctrico Vertical N°5



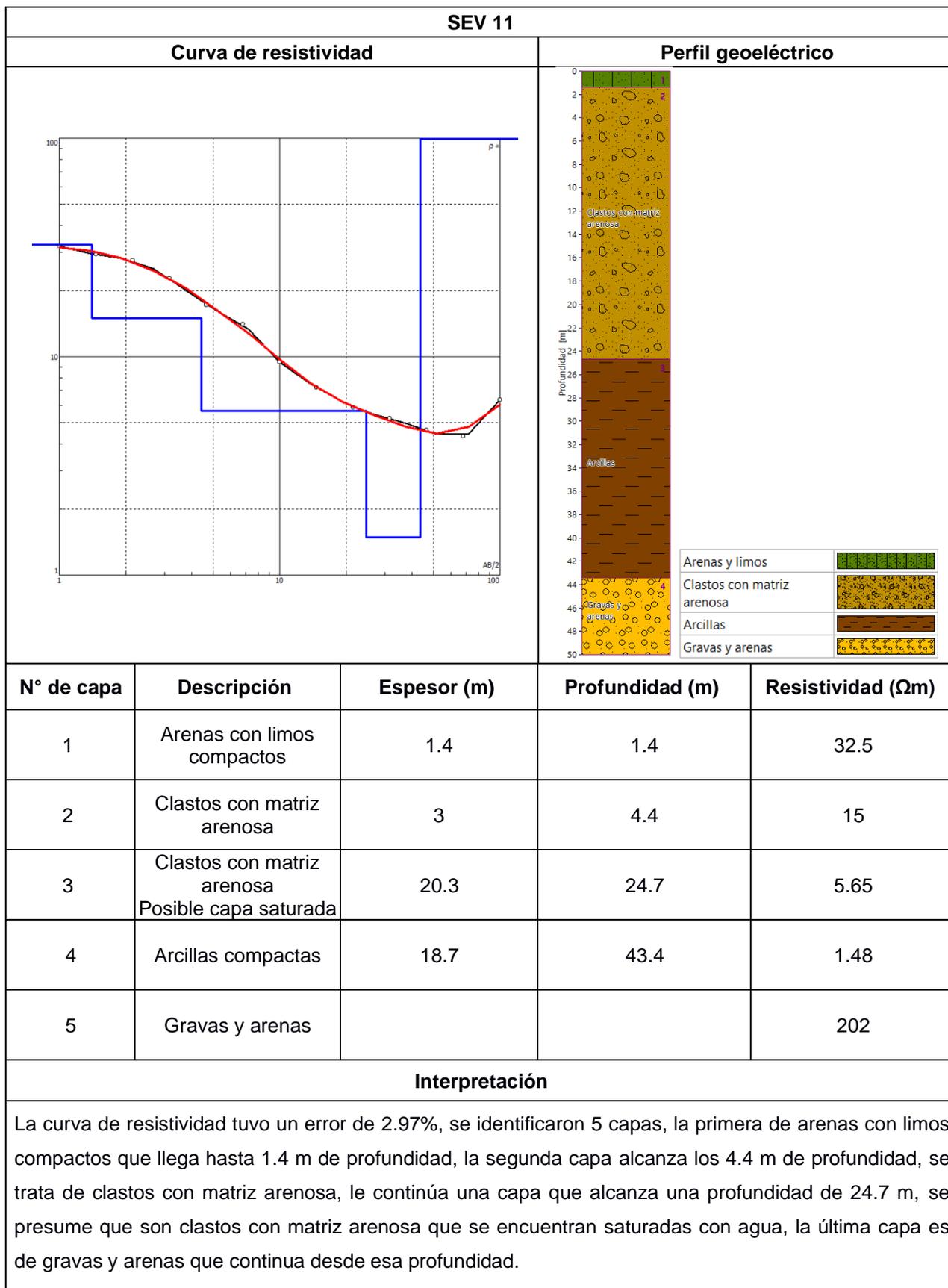
## Anexo 15. Sondeo Eléctrico Vertical N°7



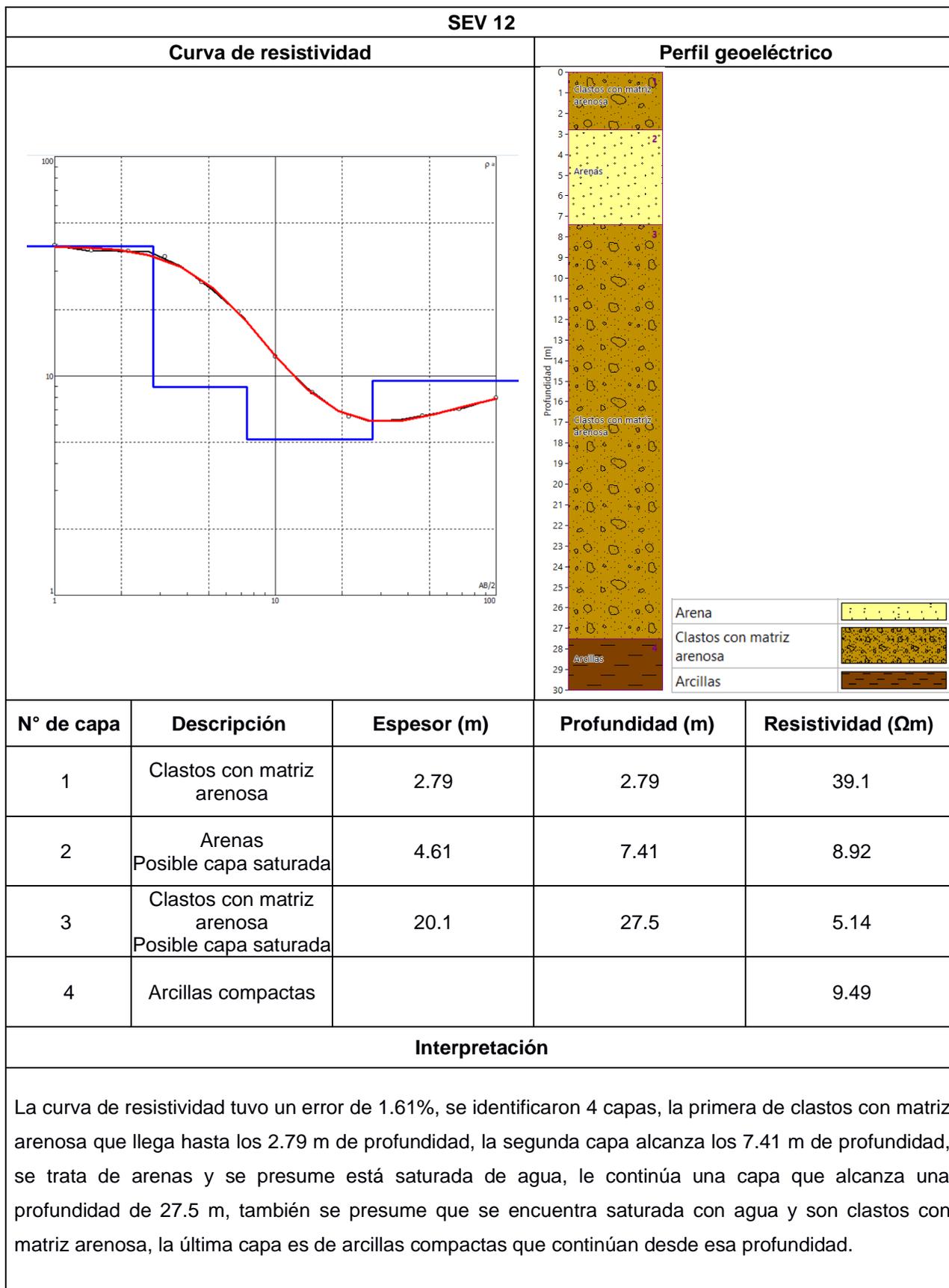
## Anexo 16. Sondeo Eléctrico Vertical N°9



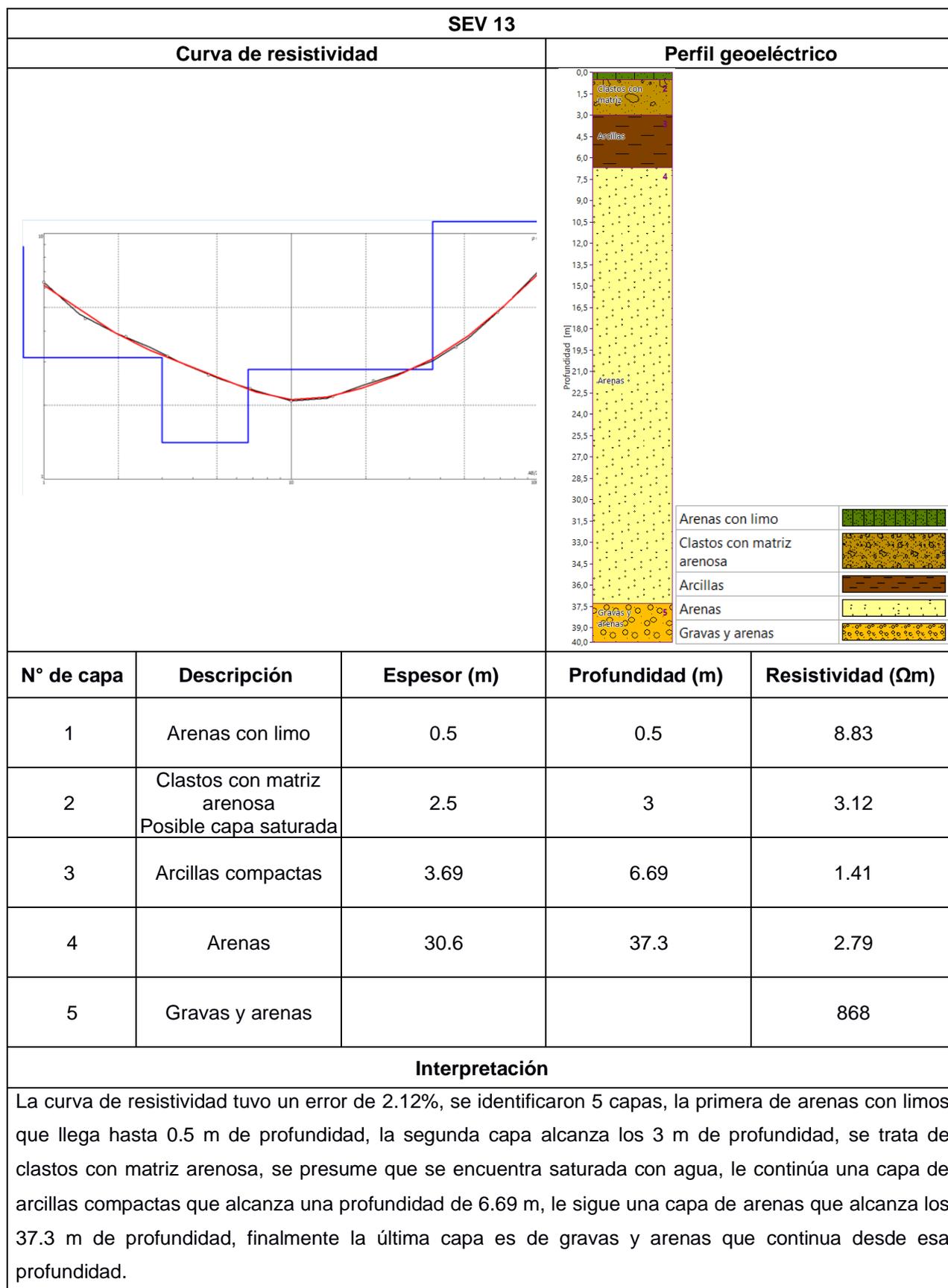
## Anexo 17. Sondeo Eléctrico Vertical N°11



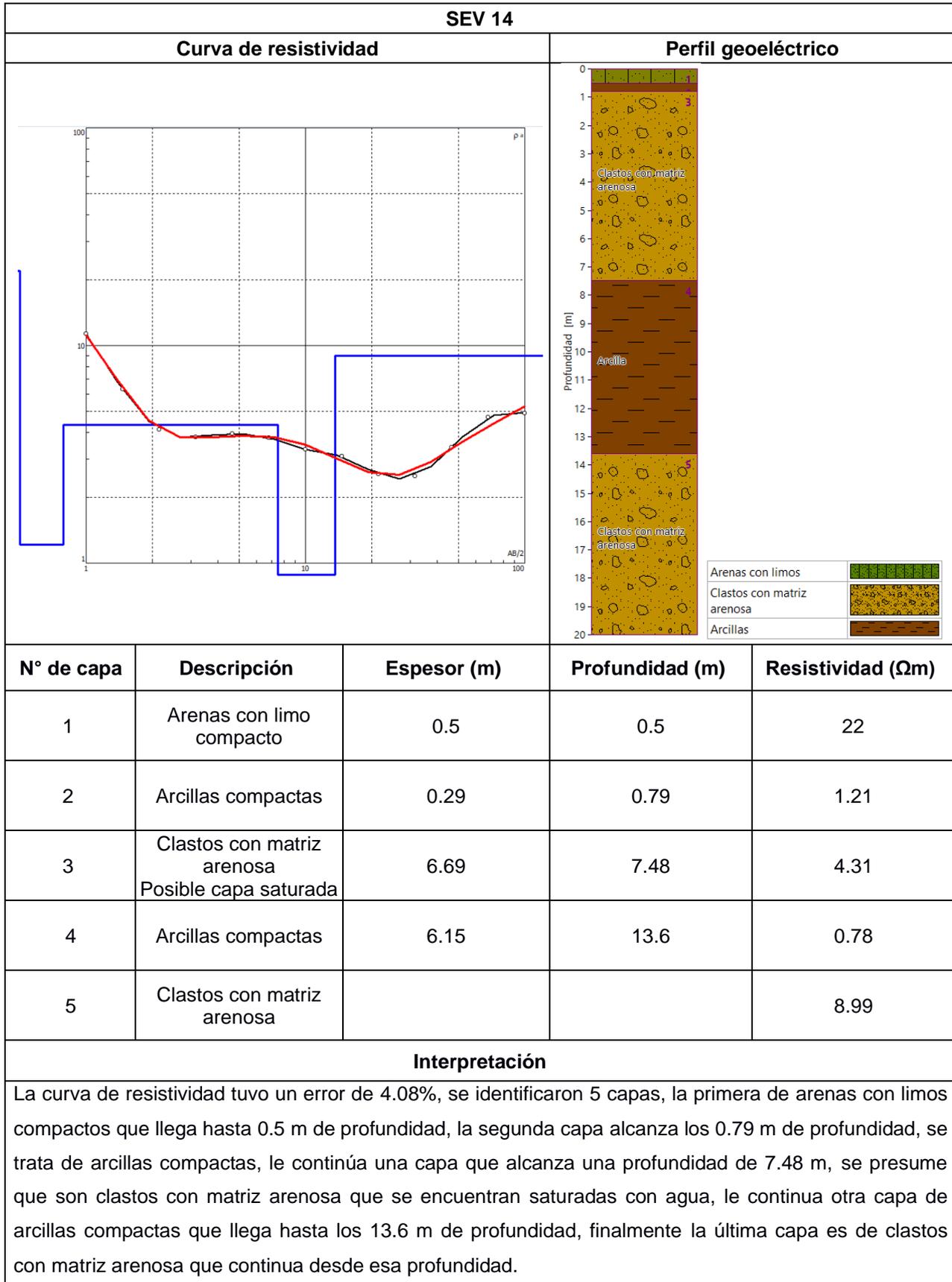
### Anexo 18. Sondeo Eléctrico Vertical N°12



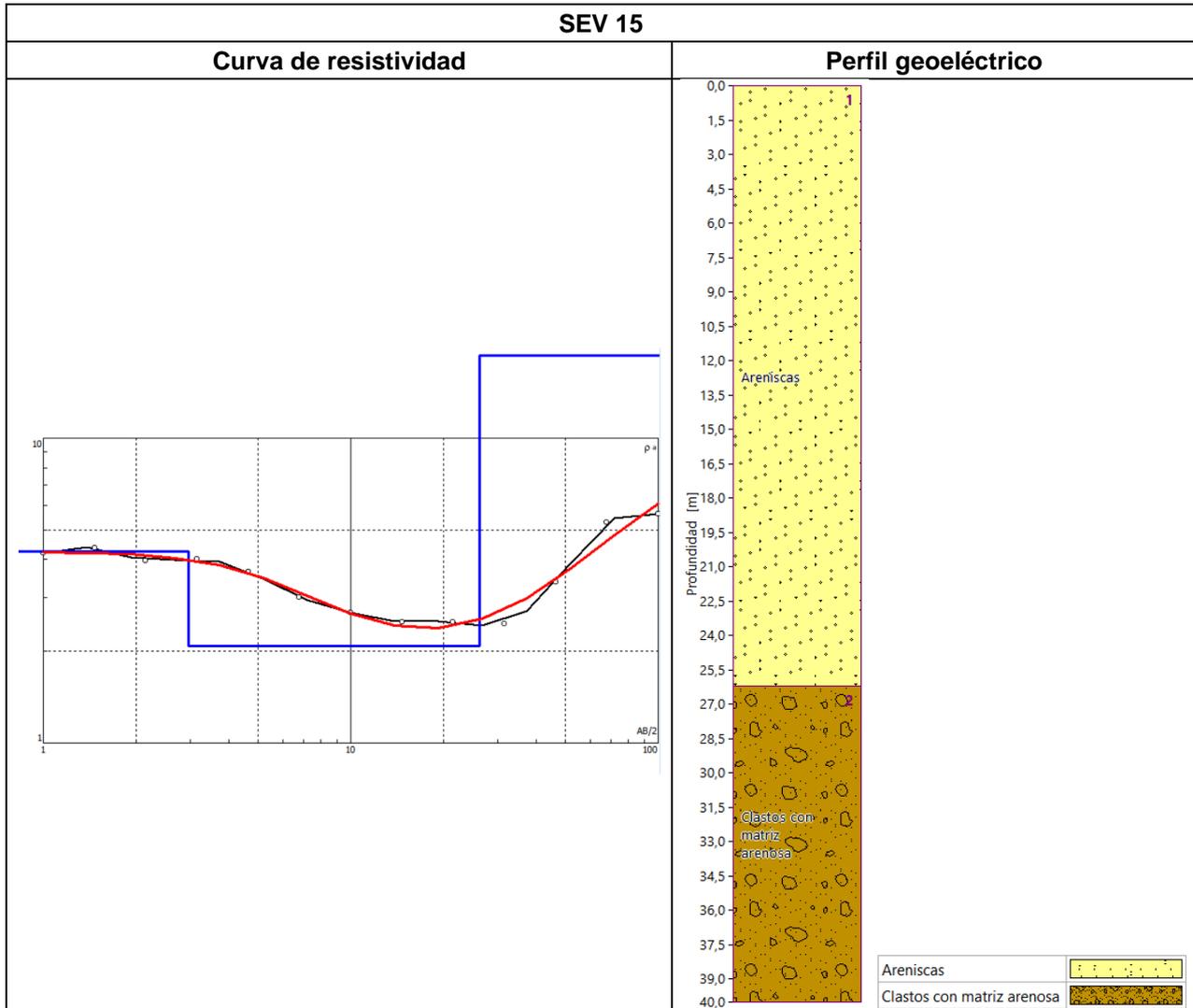
### Anexo 19. Sondeo Eléctrico Vertical N°13



## Anexo 20. Sondeo Eléctrico Vertical N°14



## Anexo 21. Sondeo Eléctrico Vertical N°15



N° de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad ( $\Omega m$ )
1	Areniscas	2.96	2.96	4.24
2		23.2	26.2	2.08
3	Clastos con matriz arenosa Posible capa saturada			18.6

### Interpretación

La curva de resistividad tuvo un error de 5.57%, se identificaron 2 capas, la primera de arenas con limos que llega hasta 26.2 m de profundidad y la segunda capa alcanza que continúa desde esta profundidad, se trata de clastos con matriz arenosa, se presume que se encuentra saturada con agua.