

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis Geoambiental y Geoeléctrico para la Hidrogeología del recinto El
Guanábano, Cascol-Manabí.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniería en Geología

Presentado por:

Paola Mishell Guerrero Baque
Kevin Alexander Padilla Cáceres

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Dedico todos estos años de estudio reflejados en este proyecto principalmente a Dios y a mis padres, en especial mi madre Nora Baque, por ser mi ejemplo e inspiración, a mis hermanos por ser mi fortaleza y alegría. A cada una de las personas que conocí a lo largo de mi carrera.

A mis docentes, por su esfuerzo y dedicación al ejercer su profesión.

Paola Guerrero Baque.

A Dios, por darme la guía y fortaleza en mis años de estudio.

A mis madres, Rosario y Rosa, por su incondicional amor y cariño; a mis padres, Jorge y Misael, por sus consejos, apoyo y sacrificio. A mis hermanos, Jorge y Cinthia, por el cuidado y palabras de aliento brindados.

A mi abuela Rosario, por siempre ser mi motivación y aunque no esté con nosotros, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi familia por ser la bendición más grande.

Kevin Padilla Cáceres.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento va dedicado a cada una de las personas que nos brindaron su apoyo y contribuyeron en el proceso previo a la obtención del título de Ingenieros Geólogos. Agradecemos a Dios por toda la protección y ayuda que nos dio en todo nuestro proceso académico.

De corazón el más sincero agradecimiento a nuestro Tutor, MSc. David Altamirano, Co-tutores, Dr. Paúl Carrión y Fernando Morante, por su tiempo, compañía y cooperación durante este largo trayecto.

Al equipo CIPAT (Don Carlos, Mafer, Ximena, Josué y Boris), especialmente a la Ing. Joselyne Solorzano por su asesoramiento y observaciones en este proyecto.

Una mención especial a la Sra. Carmen Morán, por acogernos en su hogar y brindarnos el soporte necesario en el trabajo de campo.

A cada uno de los docentes de ESPOL, compañeros y amigos quienes hicieron de esta etapa de estudio algo memorable e increíble.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Paola Guerrero Baque* y *Kevin Padilla Cáceres* 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”



Paola Guerrero Baque



Kevin Padilla Cáceres

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**DAVID RICARDO
ALTAMIRANO
MORAN**

M. Sc David Altamirano
PROFESOR DE LA MATERIA

M. Sc David Altamirano
PROFESOR TUTOR



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

Ing. Paúl Carrión PhD
PROFESOR CO-TUTOR

RESUMEN

En el recinto “El Guanábano” se realizó la perforación de tres pozos para obtener agua subterránea. Sin embargo, estos pozos al carecer de estudios previos no resultaron productivos. Actualmente un solo pozo está en funcionamiento; sumado a la escasez del líquido vital en etapas de sequía desencadenan problemas en el sector productivo del recinto, como la agricultura y la ganadería. Además, el sector carece de una correcta gestión de los recursos hídricos. En base a estas premisas el presente trabajo tiene como objetivo evaluar las características Ambientales e Hidrogeológicas mediante la aplicación de **Geología de campo y Geofísica** integrados en un **sistema de información geográfica** para la toma de decisiones estratégicas sobre aspectos de agua y ambiente en el recinto “El Guanábano”. La metodología aplicada se centró en: i) Búsqueda de información referente a la zona de estudio, ii) Trabajo de campo, iii) Procesamiento de datos, iv) Reclasificación y correlación de datos, v) Resultados y análisis de resultados. Finalmente, los estudios realizados mediante el análisis y correlación de los criterios (litología, densidad de drenaje, porcentaje de pendiente, sondeos eléctricos verticales y parámetros físicos-químicos) determinaron un potencial de media a media alta capacidad de almacenar aguas subterráneas en el área de estudio. En las zonas ubicadas en la comuna “El Chorrillo” y parte baja de “10 de agosto” se presentan arcillas saturadas, pero por su baja permeabilidad no permiten el paso del fluido hacia otras zonas, por lo que se infiere que el sector es una posible zona de acucludos. La comuna de “10 de agosto” presenta un mayor potencial, debido a la baja densidad de drenaje y a la alta permeabilidad de su litología (areniscas). En cuanto al análisis ambiental, se determinó que las actividades relacionadas a la agricultura y ganadería son las que generan mayor impacto, por lo que proponen lineamientos que ayuden a mitigarlos.

Palabras Clave: Geoeléctrica; Agua Subterránea; Prospección Geofísica; hidrogeología; Análisis ambiental

ABSTRACT

In "El Guanábano" three wells were drilled to obtain groundwater. However, these wells, lacking previous studies, were not productive. Currently only one well is in operation; Added to the scarcity of the vital liquid in stages of drought, they trigger problems in the productive sector of the enclosure, such as agriculture and livestock. In addition, the sector lacks proper management of water resources. Based on these premises, the objective of this work is to evaluate the Environmental and Hydrogeological characteristics through the application of Field Geology and Geophysics integrated with a geographic information system for strategic decision-making on water aspects and environment on the premises "The Soursop." The methodology applied focused on five stages: i) Search for information concerning the study area, ii) Fieldwork, iii) Data processing, iv) Reclassification and correlation of data, v) Results and analysis of results. Eventually, the studies based on the analysis and correlation of the criteria such as lithology, drainage density, slope percentage, vertical electrical soundings, and physical-chemical parameters determine the potential of medium-to-medium high capacity to store groundwater in the study area. Saturated clays are present in the areas located in the commune "El Chorrillo" and the lower part of "10 de Agosto". However, due to their low permeability, they do not allow the passage of the fluid to other areas, meaning that this sector is a possible zone of aquicludes. The commune of "10 de Agosto" presents a greater potential, due to the low density of drainage and the high permeability of its lithology (sandstones). Regarding the environmental analysis, it was determined that the activities related to agriculture and livestock are the ones that generate the greatest impact, for which they propose guidelines that help mitigate them.

Keywords: Geoelectric; Groundwater; Geophysical Prospecting; Hydrogeology; Environmental analysis

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
EVALUADORES.....	V
RESUMEN	VI
<i>ABSTRACT</i>	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación del problema	4
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Marco teórico.....	5
1.3.1 Marco Geográfico.....	5
1.3.2 MARCO GEOLÓGICO: Geología Regional.....	7
1.3.3 MARCO GEOLÓGICO: Geología local	9
1.3.4 Hidrogeología.....	10
1.3.5 Acuíferos.....	11

1.3.6	Tipos de acuíferos.....	11
1.3.7	Permeabilidad	11
1.3.8	Densidad de drenaje	12
1.3.9	Parámetros Físicos-Químicos	12
1.3.10	Mapa Hidrogeológico	13
1.3.11	Prospección geofísica	13
1.3.12	Resistividad de rocas	14
1.3.13	Sondeos eléctricos verticales (SEV´S).....	15
1.3.14	Drones	15
1.3.15	Fotogrametría	16
1.3.16	Análisis de jerarquización de Saaty.....	17
1.3.17	Matriz de Impacto Ambiental.....	17
CAPÍTULO 2		18
2.	Metodología.....	18
2.1	Materiales.....	18
2.1.1	Equipos e instrumentos.....	18
2.2	Metodología general.....	20
2.2.1	FASE I: Base conceptual	21
2.2.2	FASE II: Trabajo de campo	22
2.2.3	FASE III: Procesamiento de datos	27
2.2.4	FASE IV: Reclasificación y correlación de datos	33
CAPÍTULO 3		37
3.	Resultados y análisis	37
3.1	Prospección Geofísica.....	37
3.2	Algebra de mapas	43
3.2.1	Mapa geológico.....	43

3.2.2	Mapa de pendientes.....	44
3.2.3	Mapa de sondeos electricos verticales (SEV´s)	45
3.2.4	Mapa de densidad de drenaje.....	46
3.2.5	Mapa de parámetros fisico-químicos.....	47
3.2.6	Mapa de Zonificación de Áreas con Potencial de Aguas Subterráneas.	48
CAPÍTULO 4		54
4.	Conclusiones y Recomendaciones	54
4.1	Conclusiones.....	54
4.2	Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFÍA		57
APÉNDICES.....		61
ANEXOS		94

ABREVIATURAS

ALOS	Advanced land Observation Satellite
ASTM	American Society for Testing and Materials
CIPAT	Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra
DEM	Digital Elevation Model
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
IGM	Instituto Geográfico Militar
MDS	Modelo Digital de Superficies
MDT	Modelo Digital del Terreno
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
SEV's	Sondeos Eléctricos Verticales
SIG	Sistema de Información Geográfica
TDS	Sólidos Disueltos Totales
UAV	Unmanned Aerial Vehicle (DRONE)

SIMBOLOGÍA

E	Este
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado
km ³	Kilómetro cúbico
L	Litro
m	Metro
mm	Milímetro
m ²	Metro cuadrado
mg	Miligramos
msec	Milisegundos
N	Norte
pH	Potencial de Hidrógeno
S	Sur
SEV	Sondeo Eléctrico Vertical
uS	Microsiemens
Ωm	Ohmios*metro
°C	Grados Centígrados
ρ	Resistividad Aparente
W	Oeste

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de ubicación del área de estudio	6
FIGURA 2. Distribución de agua en el planeta. (Diputación Provincial de Soria, 2019)	10
FIGURA 3. Esquema de clasificación del Método Geoelectrico. Fuente: (Polania, 2017)	14
FIGURA 4. Valores de resistividad eléctrica de diferentes rocas y minerales. (Montalván, 2008).....	14
FIGURA 5. Dron Dji Phantom 4 Pro. Herramienta utilizada en el estudio. Autor: (Río- santana, 2019)	16
FIGURA 6. Levantamiento fotogramétrico. Fuente:(Río-santana, 2019).....	16
FIGURA 7. Esquema de la metodología aplicada para el desarrollo del proyecto. ...	20
FIGURA 8. Mapa Geológico. Modificado del Instituto Geográfico Militar, 1969.....	21
FIGURA 9. Levantamiento topográfico por dron realizado en el área de estudio. ...	22
FIGURA 10. Mapa de ubicación de sondeos eléctricos verticales. Fuente: Autores	26
FIGURA 11. Equipo utilizado para sondeos geo eléctricos	26
FIGURA 12. Registro de parámetros físicos-químicos del agua presente en un manantial.....	27
FIGURA 13. Curva aparente de resistividad generada en IPI2win asociadas al SEV- 01.	28
FIGURA 14. Ortofoto obtenida de la zona de estudio. Área 103: Cerro San Alejo. ...	29
FIGURA 15. Mapa de ubicación de recursos hídricos.	29
FIGURA 16. Curva de resistividad del SEV-01	38
FIGURA 17. Columna Estratigráfica del SEV-01.	39
FIGURA 18. Curva de resistividad del sondeo 2.....	40
FIGURA 19. Columna estratigráfica del SEV-02.....	41
FIGURA 20. Mapa geológico	43
FIGURA 21. Mapa geológico reclasificado.	44
FIGURA 22. Mapa de porcentaje de pendientes	44
FIGURA 23. Mapa de porcentajes de pendiente reclasificado.....	44
FIGURA 24. Mapa de ubicación de SEV´s	45

FIGURA 25. Mapa de sondeos eléctricos verticales (SEV's) con valoración.....	45
FIGURA 26. Mapa de densidad de drenaje	46
FIGURA 27. Mapa de densidad de drenaje reclasificado.	46
FIGURA 28. Mapa de ubicación de recursos hídricos.	47
FIGURA 29. Mapa de parámetros físicos-químicos con valoración.	47
FIGURA 30. Mapa de Zonificación de Áreas con Potencial de Aguas Subterráneas.	48
FIGURA 31. Actividades que generan impactos ambientales y sociales en el área de estudio.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de valorización de criterios de Saaty.	17
Tabla 2. Equipos utilizados para el registro de datos obtenidos en el área de estudio.	18
Tabla 3. Áreas sobrevoladas mediante dron.....	23
Tabla 4. Descripción de Estación Geológica 1.....	24
Tabla 5. Descripción de Estación Geológica 2.....	25
Tabla 6. Coordenadas de los SEV´s.....	25
Tabla 7.- Registro de parámetros físicos-químicos de los recursos hídricos presentes en el recinto “El Guanábano”	30
Tabla 8. Variables evaluadas para la generación de la Matriz causa – efecto Geoambiental.	31
Tabla 9. Valor de importancia para cada factor. Fuente: (ECOSAMBITO C. LTDA., 2018)	32
Tabla 10. Valores de las características de los impactos. Fuente: (ECOSAMBITO C. LTDA., 2018)	33
Tabla 11. Valoración geológica del área de estudio.....	34
Tabla 12. Valoraciones de pendientes medias del área de estudio.	34
Tabla 13. Valoración de la densidad de drenaje en el área de estudio.	34
Tabla 14. Valoración de Saaty aplicada a cada uno de los criterios.	35
Tabla 15. Ponderación de criterios en base a la “Jerarquización Analítica de Saaty”	35
Tabla 16. Tabla referencial de los rangos aproximados de resistividad acorde a la litología presentes en la zona de estudio.	37
Tabla 17.- Interpretación de la columna geoelectrica del SEV-01.....	38
Tabla 18.- Interpretación de la columna geoelectrica del SEV-02.....	40
Tabla 19. Matriz causa y efecto sobre los impactos ambientales y sociales encontrados durante el desarrollo del proyecto.....	49

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los principales factores para el desarrollo de la vida y en particular, desempeña un papel importante dentro de muchas de las actividades que desarrollan los seres humanos. Este recurso es catalogado como imprescindible y necesario, desde su uso dentro de los hogares hasta su empleo en los sectores productivos de un determinado país, siendo así una fuente de desarrollo social y económico (Briones et al., 2020).

En el planeta no existe una distribución equitativa del recurso hídrico, por lo cual es de suma importancia su gestión de manera sostenible y responsable. Se estima que el 97% del agua presente en nuestro planeta es salada, mientras que cerca del 3% es dulce y de este total, el 68.7% está presente en los casquetes polares, el 30.01 % en aguas subterráneas y el porcentaje restante en ríos, pantanos, lagos, entre otros. Entre los factores relacionados al aumento de la demanda de agua se destaca el crecimiento demográfico, procesos de industrialización, expansión de la agricultura y cambios de los patrones de consumo (Herrera-Franco et al., 2020).

Hoy en día, los efectos del cambio climático, consecuencia de la actividad humana, han llevado al planeta a un escenario de crisis de escasez de agua, por su uso insostenible. Este problema global es notorio y se demuestra en las condiciones severas de escasez que al menos una vez al año, dos tercios de la población mundial sufre. La escasez del agua es uno de los temas a trabajar para generaciones actuales y futuras con el fin de buscar soluciones óptimas ante una preocupación de escala mundial y de crecimiento acelerado. (Herrera-Franco et al., 2020)

Una alternativa para la obtención del recurso hídrico son los acuíferos o zonas de aguas subterráneas, considerados como una de las reservas de mayor importancia para los seres humanos, ya que podrían llegar a constituir un 50% de las reservas de agua dulce consumible a nivel mundial. Las aguas subterráneas dentro del ciclo hidrológico sirven como fuente de agua potable para muchas poblaciones (Briones et al., 2020).

En la actualidad ha crecido el aprovechamiento de las aguas subterráneas, en países como Ecuador, Nigeria, India, Indonesia y Estados Unidos, debido a que generan un mayor abastecimiento a largo plazo en varios sectores que necesitan del recurso hídrico. En gran medida este crecimiento se da en países que presentan condiciones geográficas favorables. (Cárdenas Castillero et al., 2021).

Ecuador es un país que dispone de una gran riqueza hídrica, sin embargo existen poblaciones que poseen limitado acceso al agua potable o simplemente no cuentan con este servicio (WWAP, 2019). En el recinto “El Guanábano”, ubicado en la parroquia Cascol, provincia de Manabí, no existe información geológica e hidrológica suficiente para la elaboración de proyectos en busca del recurso hídrico, denegando así la posible explotación de acuíferos, construcción de pozos y sistemas de agua potable.

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de las características Ambientales e Hidrogeológicas mediante la aplicación de trabajo de campo y Geofísica integrados en un sistema de información geográfica para la toma de decisiones estratégicas sobre aspectos de agua y ambiente en el recinto “El Guanábano”. Parte de la elaboración de proyectos hidrogeológicos, se complementan mediante análisis de impactos ambientales, una herramienta preventiva, que busca minimizar los efectos ambientales.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el recinto “El Guanábano” se han realizado trabajos referentes a la perforación de pozos en busca de agua subterránea, de los 3 pozos construidos por el municipio y la prefectura, únicamente uno de ellos está en funcionamiento. El dinero y tiempo invertido en estas obras han sido en vano, ya que se realizaron los trabajos de perforación sin ningún estudio geológico o hidrogeológico que respalde la ubicación de los pozos. Sus habitantes para suplir la demanda del líquido vital se abastecen de agua por medio de tanqueros o de reservorios construidos artesanalmente en las cercanías de los esteros. Gran parte de los reservorios proveen el líquido vital en épocas de lluvia, generalmente durante los meses de junio a diciembre, mientras que el resto del año el agua es escasa.

En ciertas localidades existen pozos que han sido privatizados, acción que va en contra de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2014), la cual prohíbe cualquier forma de privatización del agua. Es decir, no se debe reconocer ninguna forma de apropiación sobre este recurso. Esta ley es desconocida para gran parte de los habitantes, quienes buscan otras formas de abastecerse de agua.

En general, los habitantes del recinto “El Guanábano” realizan actividades relacionadas a la agricultura y ganadería, donde el uso del recurso hídrico es indispensable; el poco abastecimiento de agua en la zona afecta en gran parte al sector productivo primario del recinto “El Guanábano”. La mayoría de los reservorios y pozos en funcionamiento no presentan un control en la calidad de sus aguas, siendo el agua un bien sensible, puede contaminarse fácilmente perjudicando a corto y largo plazo la salud de las personas que la consuman.

Por lo tanto, si el recinto carece de información referente a la caracterización del subsuelo, control y gestión de sus fuentes hídricas, aspectos importantes para estimar la calidad y posible ubicación de sus aguas subterráneas, será muy difícil poder desarrollar proyectos de explotación y uso de manera responsable del recurso hídrico (Jegat & Cardillo, 2018).

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es reconocida como un patrimonio estratégico de uso público, fundamental e irrenunciable y constituye un elemento vital para todo ser vivo, por lo tanto, el desarrollo de temas relacionados a la búsqueda y prospección de agua es indispensable. Las necesidades del recurso aumentan a medida que incrementa la población, con lo cual se debe garantizar tanto la disponibilidad como el uso sostenible del recurso hídrico para todos, siguiendo los lineamientos del sexto objetivo de desarrollo sostenible (ODS) (Núñez Chávez, 2018).

En el Ecuador, es cada vez más escaso este recurso especialmente en zonas urbano-marginales, donde las etapas de sequías generalmente repercuten las partes áridas y semiáridas, generando mayor dificultad para encontrar agua superficial. Por esta razón la búsqueda de aguas subterráneas y su extracción deben ser prioritarias para suplir la falta del líquido vital (Lasagna et al., 2019).

Actualmente las estrategias relacionadas a la extracción del agua tienen mayor efectividad si se llevan a cabo con medidas que permitan un suministro óptimo del agua. Además, realizar una evaluación de impactos ambientales, donde se identifiquen las actividades que pueden afectar a una determinada zona, permitirá que se generen propuestas para mitigar cualquier posible forma de contaminación.

En base a la problemática existente en el recinto “El Guanábano”, la participación de la ingeniería geológica es de gran relevancia en el desarrollo de estudios que determinen la zonificación de áreas con potencial de agua subterránea, generando propuestas para la correcta gestión del agua y ambiente. Además de relacionar el estudio propuesto con el diseño de pozos que logren suplir la demanda del líquido vital e impulsen el sector productivo y económico.

1.2.1 Objetivo General

Evaluar las características Ambientales e Hidrogeológicas mediante la aplicación de la Geofísica y trabajo de campo integrados en un sistema de información geográfica para la toma de decisiones estratégicas sobre aspectos de agua y ambiente en el recinto “El Guanábano”.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Ejecutar un reconocimiento geológico y levantamiento topográfico mediante el uso de herramientas geológicas y drone para la determinación de áreas de interés relacionadas a la prospección geofísica.
2. Desarrollar campañas geoeléctricas mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) para la interpretación litológica de las capas del subsuelo.
3. Analizar los recursos hídricos del área de estudio por medio del registro de los parámetros físicos-químicos de pozos, reservorios y manantiales existentes para la integración de información y aspectos que relacionen el agua y ambiente.
4. Identificar los impactos ambientales generados por actividades antrópicas mediante la matriz causa-efecto Geoambiental para la determinación de lineamientos que mitiguen la contaminación en el área de estudio.
5. Realizar un Mapa de Zonificación de áreas con Potencial de Aguas Subterráneas a partir de la correlación de los datos obtenidos en campo y mediante softwares para la delimitación de zonas que presentan características favorables para la presencia de acuíferos.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Marco Geográfico

El cantón Paján se localiza en la parte sur de la provincia de Manabí-Ecuador, lo conforman cuatro parroquias rurales: Lascano, Cascol, Campozano, Guale; y una parroquia urbana que lleva el mismo nombre. Presenta un área aproximada de 1100 km², el principal afluente de su red hídrica es el río Paján. Dentro de la parroquia Cascol, se encuentra el área de estudio de este proyecto, el recinto “El Guanábano” (Figura 1). Presenta una población de alrededor de 1200 habitantes, los cuales

realizan principalmente actividades agrícolas y ganaderas. El suministro de agua dentro del recinto se lo realiza por tanqueros y por el uso de ciertos reservorios y escasos pozos ubicados en las cercanías de las vertientes de pequeños esteros.(García, 2011)

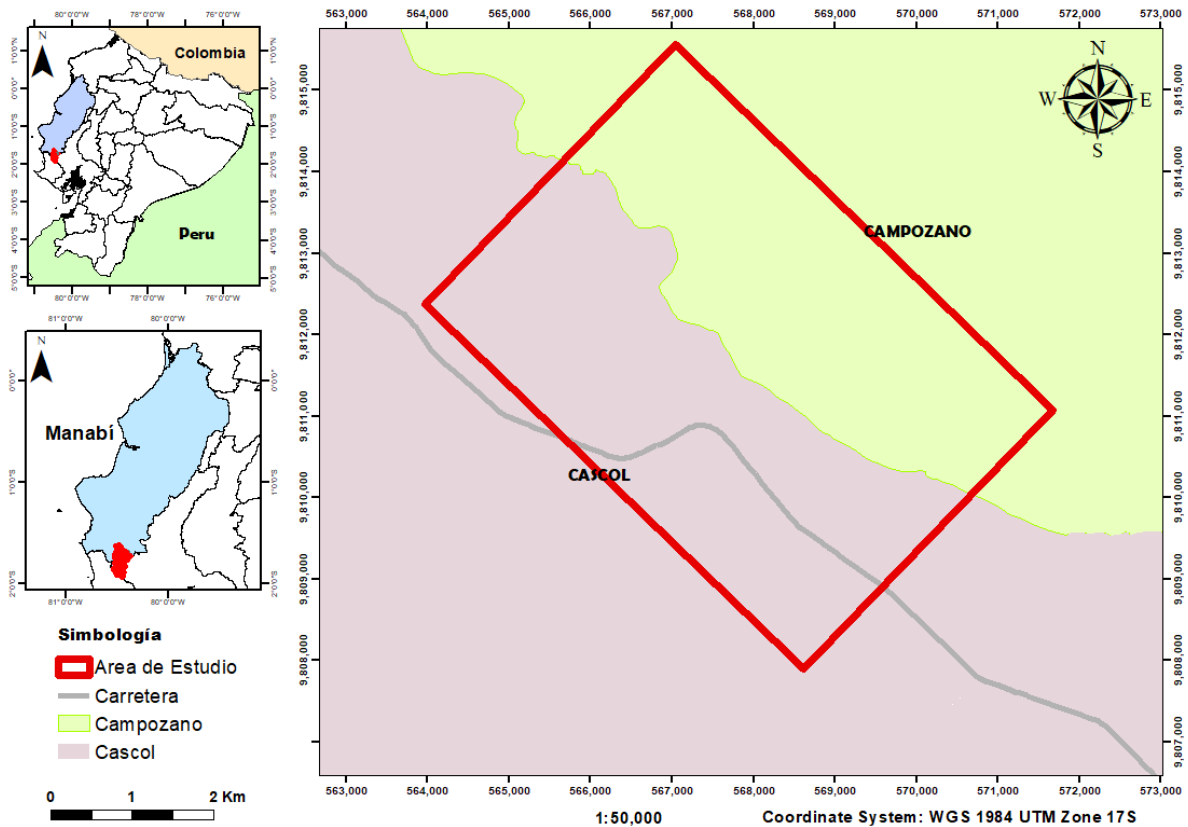


FIGURA 1. Mapa de ubicación del área de estudio

1.3.1.1 Clima, temperatura y precipitación

El cantón Paján presenta un clima subtropical, con una temperatura promedio de entre 21 y 25 °C, además de una precipitación media anual aproximada de 2000 mm. En este territorio hay zonas de déficit hídrico con evapotranspiración potencial de hasta 1600 mm (desde el oriente hasta el occidente). Los meses propensos a sequías son entre julio y diciembre, mientras que los meses que favorecen la agricultura son de enero a junio. La cuenca hidrográfica de Paján ocupa el 35,13% de la subcuenca del río Daule (Zambrano, 2011).

1.3.1.2 Geomorfología – Relieve

Su ubicación destaca en los relieves costaneros centrales, dividido por dos bloques morfoestructurales (oriental y occidental), marcados por la falla Cascol. Las formas de relieve que se presenta en la zona son: cuestras estructurales o estructuras inclinadas, chevrones con pendientes abruptas y áreas de valles con vastas terrazas, en estas zonas fluyen ríos sinuosos que son afluentes del río Paján. (Plaza, 2019)

1.3.2 MARCO GEOLÓGICO: Geología Regional

El área noroccidental ecuatoriana se caracteriza por el solapamiento de bloques formados propios de la zona que son la base del margen costero ecuatoriano, algunos propios de corteza continental y otros de naturaleza oceánica. Su lecho rocoso máfico está conformado de forma parcial por rocas de origen sedimentario, de estratificación indefinida y poco consolidadas, que datan del Cretácico al Cuaternario. (Chacón, 2018)

La zona de Costa abarca una extensa área en la parte oeste de los Andes. Presenta un basamento de potentes flujos volcánicos propios de la Formación Piñón (Cretácico); por encima de las rocas volcánicas, la Formación Cayo se asentó como una serie volcano-sedimentaria (Paleoceno). Sobre esta última formación se depositó la Formación San Eduardo en la cuenca de Manabí, se trata de un cuerpo calcáreo de secuencias turbidíticas con estructuras complejas. (Chacón, 2018)

La región costera del Ecuador presenta una estratigrafía Neógena que se compone de cinco formaciones. En primer lugar, se describen las secuencias sedimentarias de grano fino conocidas como Fm. Dos Bocas, Villingota y Ónzole y luego se encuentran las formaciones de grano grueso denominadas Fm. Angostura y Borbón (Reyes & Michaud, 2012). Por último, el testigo final de la sedimentación marina Neógena en el Cuaternario es la Formación Tablazo (Pleistoceno), la cual está compuesta de conglomerados, lumaquelas (calizas fosilíferas), arcillas y areniscas de aguas marinas poco profundas en un ambiente tipo playa.

A continuación, se detalla parte de la secuencia estratigráfica de la zona de estudio.

1.3.2.1 Formación Piñón

La formación pertenece al Cretácico Inferior y parte del Cretácico superior. Conforman el basamento de la cordillera Chongón y se define como un complejo ígneo volcánico compuesto principalmente de basaltos, doleritas libres de olivino, lavas y diques. Los basaltos se describen como masivos o acolchados, y las intrusiones de nivel superficial incluyen microgabbros y ferrogabbros. (Van Melle et al., 2008)

1.3.2.2 Formación Cayo

La formación Cayo pertenece al Cretácico Superior, es una serie potente de sedimentos duros, resistentes a la erosión. Se constituye de areniscas y grauvacas medias a gruesas, con alternancia, partes de rocas volcánicas básicas con matriz de tipo arcillosa (Villalva, 2017). Esta formación yace sobre la Formación Piñón y se encuentra ampliamente a lo largo de la cordillera Chongón Colonche. El espesor estimado de la formación es de 1600m.

1.3.2.3 Formación Ónzole.

La Formación Ónzole presenta una litología compuesta de limolitas y arcillas de tono azul verdoso; que se tornan de color grisáceo en zonas altas. Las capas son ricas en foraminíferos. Se divide en dos unidades separadas por areniscas del Miembro Súa, una inferior y otra superior. Data del Plioceno Temprano y describe un paleoambiente de plataforma continental en su miembro inferior; mientras que, en el miembro superior, el paleoambiente es marino de aguas cálidas (Nuñez del Arco, 2003). El Miembro Ónzole Inferior, está comprendido entre 300 a 800 m de espesor de lodolitas limosas uniformes. Por otra parte, El Miembro Súa presenta 250 m de areniscas grauvaquicas estratificadas. Finalmente, en el miembro superior se encuentran las areniscas bioturbadas de grano grueso a fino (Bravo-Jiménez, 2017).

1.3.2.4 Formación Angostura

La Formación Angostura, pertenece al Mioceno Medio. Esta sobrepuesta por la formación Ónzole. Presenta una litología variada de areniscas blancas cuarzosas y areniscas marrones cuarzo – feldespáticas (Bravo-Jiménez, 2017). Por encima de estas rocas se apoyan lutitas grises a grises azuladas, algo calcáreas, que poseen intercalaciones espaciadas de areniscas color gris claro de grano fino a grueso. Su paleoambiente es de plataforma externa a marino somera. (Ramírez, 2013)

1.3.2.5 Formación Borbón

La edad de la formación es Plioceno-Pleistoceno. Su litología describe areniscas de grano medio a grueso de tipo conglomerática, está compuesta por numerosos microfósiles. Se observa un predominio de arcillas en la parte superior de la formación con intercalaciones entre limolitas y arenas. Se determina el paleoambiente de la formación como Nerítico de Plataforma interna ubicado de 10 a 30 m de profundidad. Presenta abundantes microfósiles (Ramírez, 2013).

1.3.3 MARCO GEOLÓGICO: Geología local

En la cuenca de Manabí se encuentra la parroquia Cascol- cantón Paján, zona de estudio, que está influenciada por estructuras regionales especialmente en el área de la cordillera costera como son: el levantamiento Jipijapa y el anticlinal de Tosagua (Laínez, 2009). Empieza su evolución geológica en el Jurásico con la emanación de flujos volcánicos del complejo Ígneo que forman la capa. La sedimentación marina inicia en el Cretácico superior con la Formación Cayo, luego el periodo de erosión continua hasta el Mioceno Medio, en donde se depositan las areniscas transgresivas de la Fm. Angostura; posteriormente, se asientan limos y arcillas de la formación Ónzole en la parte superior del Mioceno Medio y en el Mioceno Superior. Finalmente, en la parte alta y continuando posiblemente al Plioceno se sedimentan las areniscas calcáreas de la Formación Borbón. (INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 1969)

1.3.4 Hidrogeología

Se define como la rama de la hidrología que se basa en la geología y la mecánica de fluidos para el estudio de las aguas subterráneas, su origen, formación e interacción entre el suelo y la roca, estado y propiedades del agua (WMO & UNESCO, 1998). El producto de la infiltración de agua superficial a través del subsuelo, la cual llega a una zona o capa del suelo en donde posteriormente se almacena, es lo que se denomina agua subterránea. La infiltración puede ocurrir de forma natural como consecuencia de las precipitaciones o acumulación en vertientes, lagos, ríos; también puede existir de forma artificial debido al riego, represamiento de agua, canales de infiltración e inyección directa en el acuífero a través de los pozos de extracción. (Apolo & Llor Flores de Valgas, 2020)

El agua subterránea constituye una de las fuentes principales de agua para el consumo humano en zonas rurales. En la figura 2, se muestra la distribución de agua en el planeta, en donde el 97% de este elemento se encuentra en los mares y océanos del mundo, mientras que el porcentaje restante se distribuye mayormente en glaciares, capas de hielo y acuíferos subterráneos, los cuales resultan ser salinos o se encuentran en zonas de difícil acceso. Como conclusión se determina que el agua dulce en circulación, de la que los ecosistemas y la sociedad dependen tan críticamente, representa por lo tanto solo una pequeña fracción del suministro total de agua de la Tierra. (Boori et al., 2019)



FIGURA 2. Distribución de agua en el planeta. (Diputación Provincial de Soria, 2019)

Los estudios hidrogeológicos son de gran interés especialmente para la búsqueda y provisión de agua a poblaciones, ya que se requiere de observación, conocimiento e interpretación para encontrar el recurso. Por otra parte debido a la creciente percepción de que el decrecimiento en la calidad del agua constituye un grave problema socioeconómico (Villalva, 2017).

1.3.5 Acuíferos

Un acuífero se define como un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. Generalmente se encuentran localizados en zonas saturadas, es decir en capas de estratos altamente porosos (material con gran cantidad de espacios vacíos) y permeables (capacidad del material para permitir el paso de un fluido). (Apolo & Loor Flores de Valgas, 2020)

1.3.6 Tipos de acuíferos

Existen cuatro principales tipos de acuíferos que se clasifican según el material del que están compuestos y su estructura, estos son: acuíferos confinados, acuícludos semiconfinados y libres. Los primeros ocurren al encontrarse almacenada el agua en dos tipos de estratos impermeables y diferentes, por lo que no permite que el agua subterránea escape o fluya a través, mientras que los acuícludos son formaciones geológicas que pueden almacenar agua pero con un poder de transmisión bajo a nulo por su baja permeabilidad (Limos o arcillas). Los acuíferos semiconfinados, presentan límites superior e inferior cuya conductividad eléctrica es baja, permitiendo así el paso de cierta cantidad de agua. El acuífero libre, está estructurado por una capa totalmente permeable, esto permite la circulación libre o flujo constante del agua (Apolo & Loor Flores de Valgas, 2020)

1.3.7 Permeabilidad

La permeabilidad es una propiedad relacionada a la capacidad que posee un material para permitir el paso de un fluido sin alterar su estructura interior. Un material será permeable si en un tiempo determinado deja pasar cierta cantidad de fluido e impermeable si por el contrario la cantidad de fluido es despreciable. (Apolo & Loor Flores de Valgas, 2020)

1.3.8 Densidad de drenaje

Este índice se define como la relación de la longitud total de los ríos y afluentes de una cuenca entre el área total de la cuenca sobre la que drenan las corrientes hídricas. Se expresa en términos de km/km² y se relaciona inversamente con la permeabilidad del suelo; ambos parámetros muy importantes en relación a las aguas subterráneas (Valencia, 2017).

$$D_d = (\text{Longitud corrientes, Km}) / (\text{Área cuenca, Km}^2)$$

1.3.9 Parámetros Físicos-Químicos

Actualmente la calidad del agua se ha valorado a partir de variables físicas y químicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Estos parámetros dan información que se puede medir de forma rápida y genera datos importantes para el monitorio de sistemas de agua. Entre estos se destaca:

- **Temperatura.** – Se refiere a la medida de la energía cinética media de las moléculas de agua, se expresa en grados Celsius.
- **Solidos disueltos (TDS).** - Es el porcentaje de residuo seco que indica la presencia de pequeñas cantidades de materia orgánica disueltas en el agua.
- **Salinidad.** – Es el total de sales minerales presentes y se expresa en mg/l.
- **pH.** – Se refiere a la alcalinidad, basicidad o acidez, que por el contenido de minerales o determinadas sustancias puede variar.
- **Conductividad.** – Es la capacidad que posee la sustancia como conductora de corriente eléctrica, se mide en ($\mu\text{S/cm}$) o (mS/cm).
- **Resistividad.** – Es el parámetro inverso a la conductividad, es decir hace referencia a la capacidad de una solución para oponerse al paso de corriente eléctrica.

1.3.10 Mapa Hidrogeológico

Mapa que muestra los principales rasgos hidrogeológicos de una zona, por ejemplo, el espesor del acuífero, los niveles de agua, los datos de calidad del agua, las áreas de recarga y de descarga, las líneas de flujo, entre otros (Pierre et al., 1982).

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica (SIG) suponen una herramienta de gran utilidad en cuanto a las tareas relacionadas a la investigación, los proyectos de ingeniería especializados sobre el medio hídrico y la creación de cartografía temática. Para el desarrollo del estudio, es indispensable la información proveniente de un mapa hidrogeológico base de manera que permite visualizar de manera clara la distribución de las aguas subterráneas y ubicar las zonas importantes para obtener el recurso con mayor exactitud.

1.3.11 Prospección geofísica

Los diferentes métodos de prospección geofísica tienen como finalidad obtener información de cuerpos y estructuras geológicas del subsuelo, haciendo posible la dimensión, condiciones y en ocasiones el conocimiento de sus propiedades físicas. Por lo general la aplicación de los métodos de prospección consiste en llevar a cabo una serie de medidas sobre la superficie del terreno o en el aire de su entorno, estas medidas suelen hacerse a lo largo de un sondeo. (Solorzano, 2019)

En cuanto al método eléctrico, la corriente continua o de baja frecuencia se introduce al terreno por medio de electrodos. Con ello se podrá determinar la intensidad del campo del flujo de corriente y la forma de la superficie que dependerá de la distribución de resistividades en las rocas del subsuelo; por tal razón, se realizan las distintas mediciones con el fin de determinar el número de capas por el cual está constituido el subsuelo a estudiar. (Ramiro-camacho, 2017)

Este método de prospección se divide en dos categorías dependiendo de la naturaleza de la fuente. La fuente será de origen artificial cuando es generada y aplicada al subsuelo, por lo tanto, se trata un método de corriente artificial. Por otra parte, si se tiene corriente proveniente directamente de fuentes existentes, se trata de un método de corriente natural. De la misma manera, estas categorías se subdividen en base a la corriente continua y alterna (Figura 3).

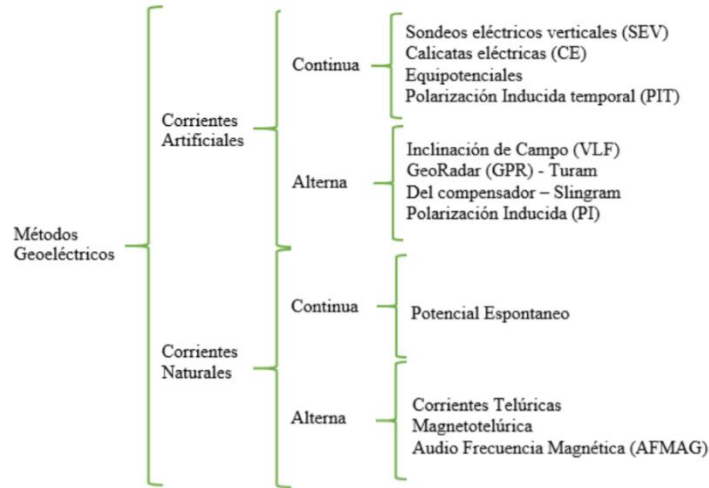


FIGURA 3. Esquema de clasificación del Método Geoelectrico. Fuente: (Polania, 2017)

1.3.12 Resistividad de rocas

La resistividad eléctrica de las rocas (Figura 4) es un parámetro cuya variación depende de las características del terreno, entre las que se encuentran: temperatura, porosidad, permeabilidad, salinidad, tipo de roca, procesos geológicos que afecta los materiales, presencia de materiales arcillosos, entre otros. En rocas cristalinas como granulita, granito, diorita, el factor del que más dependen es el contenido de agua en fracturas y grietas. De forma análoga, la porosidad, naturaleza de electrolitos, grado de saturación, caracterizan la resistividad de las rocas como calizas, areniscas, entre otros. Generalmente, las rocas compactas son malas conductoras y cuando están secas, la mayoría de las rocas no son conductoras de electricidad. (Feijoo Calle & Padrón Suarez, 2020)

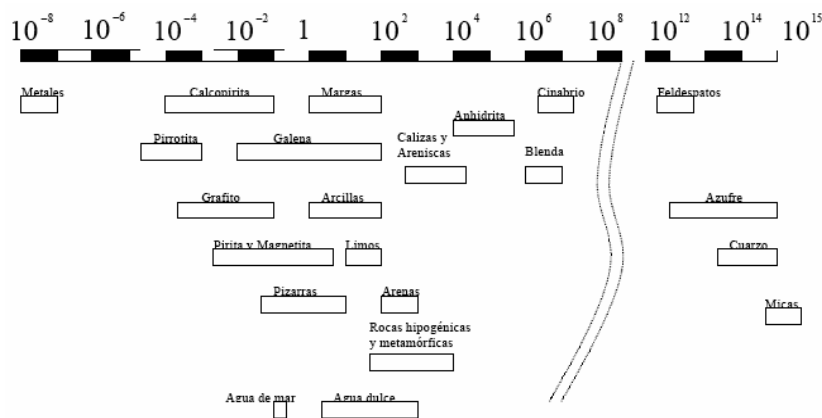


FIGURA 4. Valores de resistividad eléctrica de diferentes rocas y minerales. (Montalván, 2008)

Para la determinación de la resistividad generalmente se emplea la siguiente la relación:

$$\rho = R (A / L)$$

Donde:

ρ es la resistividad en ohm·metro ($\Omega \cdot m$)

R es la resistencia que presenta la roca en ohmios (Ω)

A es la sección de la roca en metros cuadrados (m^2)

L es la longitud de la roca en metros (m).

1.3.13 Sondeos eléctricos verticales (SEV'S)

Un sondeo eléctrico vertical (SEV) puede realizarse sobre cualquier combinación de formaciones geológicas, utilizado, principalmente para la detección y el establecimiento de los límites de capas horizontales del subsuelo estratificado (Polania, 2017). Este método está regido por la ley de Ohm, la cual indica que la corriente fluye a través de un conductor y ésta es proporcional al voltaje. Esta técnica implica la separación continua de los electrodos de corriente A y B del punto central, siguiendo una línea recta para la medición de la resistividad en cada ubicación o posición. Por lo general, es más común emplear la configuración Schlumberger obteniendo la variación de la resistividad del subsuelo a profundidad (Solorzano, 2019).

1.3.14 Drones

Son estructuras aéreas autónomas o piloteadas a distancia (Figura 5). Entre sus usos destacan: fotogrametría, geología, topografía, agricultura, fotografía, entre otros. El funcionamiento de un dron se asimila al de un avión o helicóptero, puesto que cuenta con motor y aletas o hélices que posibilitan el vuelo. Mediante mandos de control se puede programar o dirigir el vuelo (Río-santana, 2019). Los modelos que permiten el vuelo de forma automática son aquellos que poseen un GPS incorporado, lo cual permite observar lo que recoge la cámara en tiempo real. De esta manera se puede identificar que actualmente los trabajos de topografía se pueden complementar o realizar directamente con un modelo topográfico generado por Dron. Además de esto, existe la ventaja de eliminar el riesgo de volver a realizar el trabajo de campo debido

a datos faltantes, es decir que exige menor trabajo de campo en comparación a otros métodos.



FIGURA 5. Dron Dji Phantom 4 Pro. Herramienta utilizada en el estudio. Autor: (Ríosantana, 2019)

1.3.15 Fotogrametría

La palabra fotogrametría proviene del vocablo fotograma que implica “foto” de luz, “gramma” de trazado, y “metría” de medida, por lo que su concepto en definición implica medir mediante fotografías. Se define como una técnica que se fundamenta en la obtención de información cualitativa y cuantitativa relativa a objetos físicos de corto o largo alcance y su entorno, al realizar mediciones e interpretaciones a través de una serie de fotografías. A partir de los datos obtenidos, estos se integran a un software de fotogrametría y se pueden crear orto mosaicos geo-referenciados, modelos de elevación o modelos 3D del área del proyecto.



FIGURA 6. Levantamiento fotogramétrico. Fuente:(Ríosantana, 2019)

Esta técnica está integrada con las técnicas de percepción remota y de fotointerpretación. Puede dividirse en dos áreas, métricas e interpretativa. El área de especial interés para los topógrafos es la métrica, puesto que aplica para la determinación de áreas, volúmenes, elevaciones, elaboración de mapas ortográficos, entre otros.

1.3.16 Análisis de jerarquización de Saaty

El Proceso Jerárquico de Análisis, fue creado por el matemático Thomas L. Saaty, quien lo desarrolló como un sistema flexible de análisis de decisión multicriterio discreta. El análisis se evalúa a través de varias etapas permitiendo organizar la información, descomponerla y analizarla por partes. En primer lugar, se establece una comparación por pares de los criterios, los cuales se ponderan subjetivamente en base a su importancia (Tabla 1), mediante el establecimiento de una matriz cuadrada. Posteriormente se establecen los pesos, que proporcionan una medida cuantitativa de los juicios de valor entre pares de factores (Mendoza et al., 2019).

Tabla 1. Escala de valorización de criterios de Saaty.

Valoración entre fila/columna	El criterio de la fila al compararlo con el criterio de la columna es:
1	Igualmente, importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostrablemente más importante
9	Absolutamente más importante

1.3.17 Matriz de Impacto Ambiental

El desarrollo de un proyecto a lo largo de su ciclo de vida se cumple por etapas, como su construcción, operación y desmantelamiento, y es durante estas actividades donde se puede determinar los impactos ambientales que se generan en la zona de estudio. El objetivo de la matriz de impacto ambiental es la identificación de hallazgos que afecten los diferentes componentes, ya sea social, agua, aire, flora, fauna, entre otros (Coria, 2008). Una vez reconocido los impactos, se procede a su ponderación en base a variables cualitativas para estimar sus significancia positiva o negativa. Hoy en día las matrices de evaluación de impacto ambiental son una nueva propuesta didáctica para las ciencias de la tierra y el medio ambiente, de carácter interdisciplinar que está destinada a identificar, valorar y considerar medidas preventivas o corregir las consecuencias de los efectos ambientales que determinadas acciones antrópicas pueden causar sobre la calidad de vida del ser humano.

CAPÍTULO 2



2. METODOLOGÍA





La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto se basa en un modelo secuencial que consta de cinco fases, en las cuales se relacionan datos obtenidos en campo, así como datos bibliográficos correspondiente a variables litológicas, topográficas, parámetros físicos-químicos y mediciones de prospección geoelectrica que permiten comprender la Hidrogeología presente en el recinto “El Guanábano”.

2.1 Materiales

2.1.1 Equipos e instrumentos

Tabla 2. Equipos utilizados para el registro de datos obtenidos en el área de estudio.

Nombre del equipo	Imagen	Utilidad	Organización
Equipamiento personal de campo		Protección y resguardo del geólogo y el equipo de campo.	Personal
Brújula Brunton y martillo geológico		Toma de rumbo y buzamiento de capas Toma de muestras de roca	CIPAT - ESPOL
GPS		Toma de coordenadas de campo	CIPAT - ESPOL

Nombre del equipo	Imagen	Utilidad	Organización
Equipo multiparamétrico WTW		Registro de datos de TDS, salinidad, conductividad, resistividad y temperatura	CIPAT - ESPOL
Medidor de PH		Registro de PH en pozos y manantiales.	CIPAT - ESPOL
Terrameter SAS 1000		Sondeos eléctricos verticales	CIPAT - ESPOL
Drone DJI Phantom 4 Pro		Topografía - Captura de imágenes del área de estudio	Personal

2.2 Metodología general

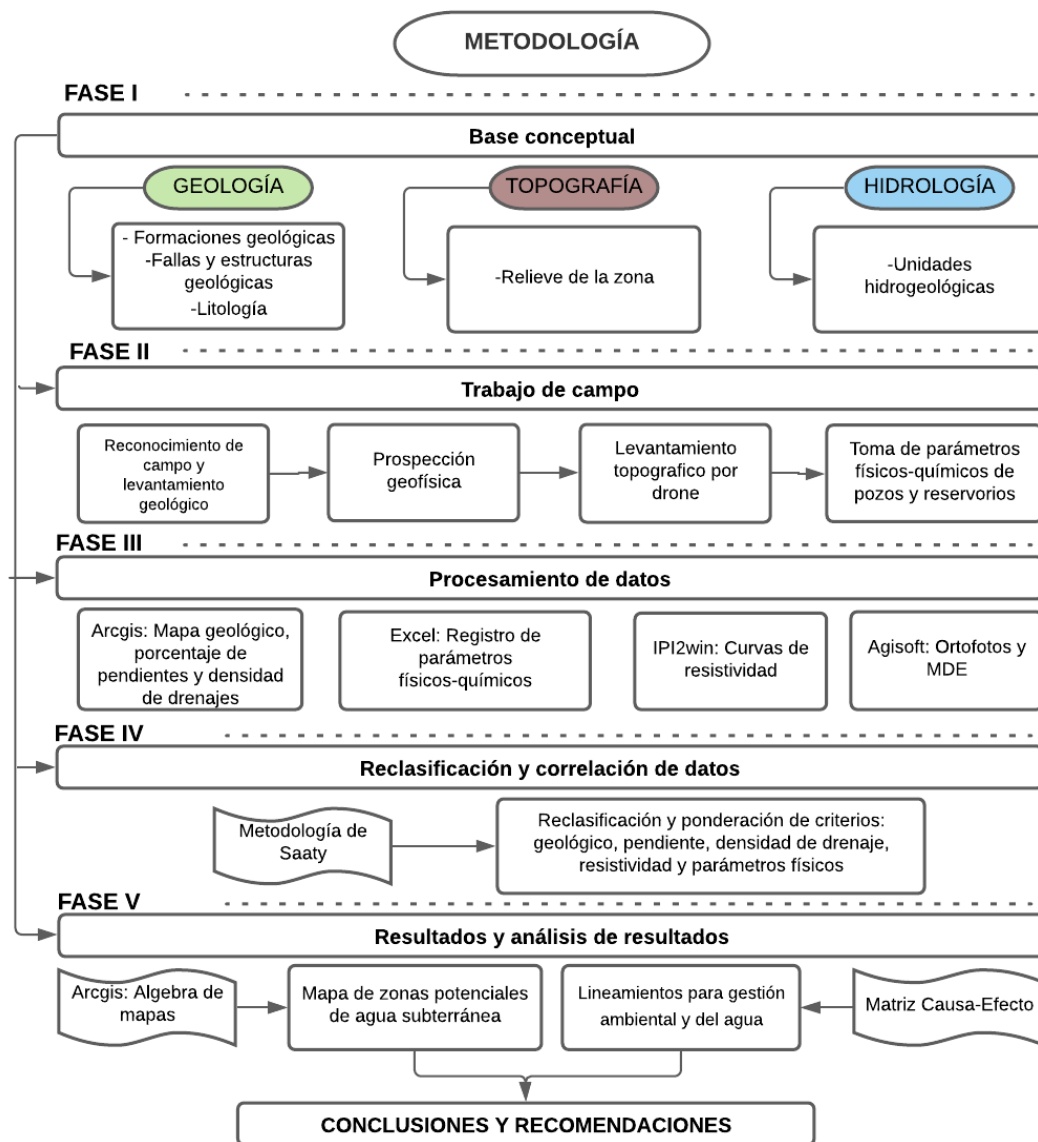


FIGURA 7. Esquema de la metodología aplicada para el desarrollo del proyecto.

El esquema ilustrado en la Figura 7 detalla cada una de las cinco fases del modelo sistemático empleado. En la primera y segunda fase se realiza la recopilación de datos obtenidos de estudios previos y en campo. La tercera fase consta del procesamiento de dichos datos mediante los softwares (ArcGIS, Agisoft, IPI2win y Excel). En la cuarta fase se realiza la correlación y reclasificación de todos los datos generados. En la última fase, en base a los resultados obtenidos se realiza un análisis de estos que ayudan a determinar las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

2.2.1 FASE I: Base conceptual

La primera fase consistió en la recopilación de la información Geológica, Topográfica, Hidrológica y datos de precipitación del área de estudio; tomados de proyectos, mapas e informes previos. Así se obtuvo una base conceptual de la zona que permitió tener de respaldo información esencial dentro del trabajo de campo. Entre los principales datos obtenidos para la generación de los mapas Geológico (Ver Figura 8) y Topográfico (Porcentaje de pendiente y Densidad de drenaje), además de proporcionar información necesaria a lo largo de este estudio resaltan:

- Información base: Hoja geológica (PEDRO CARBO-Hoja 15), Archivo SIG
- Imagen satelital: Advanced Land Observation Satellite (ALOS PALSAR)

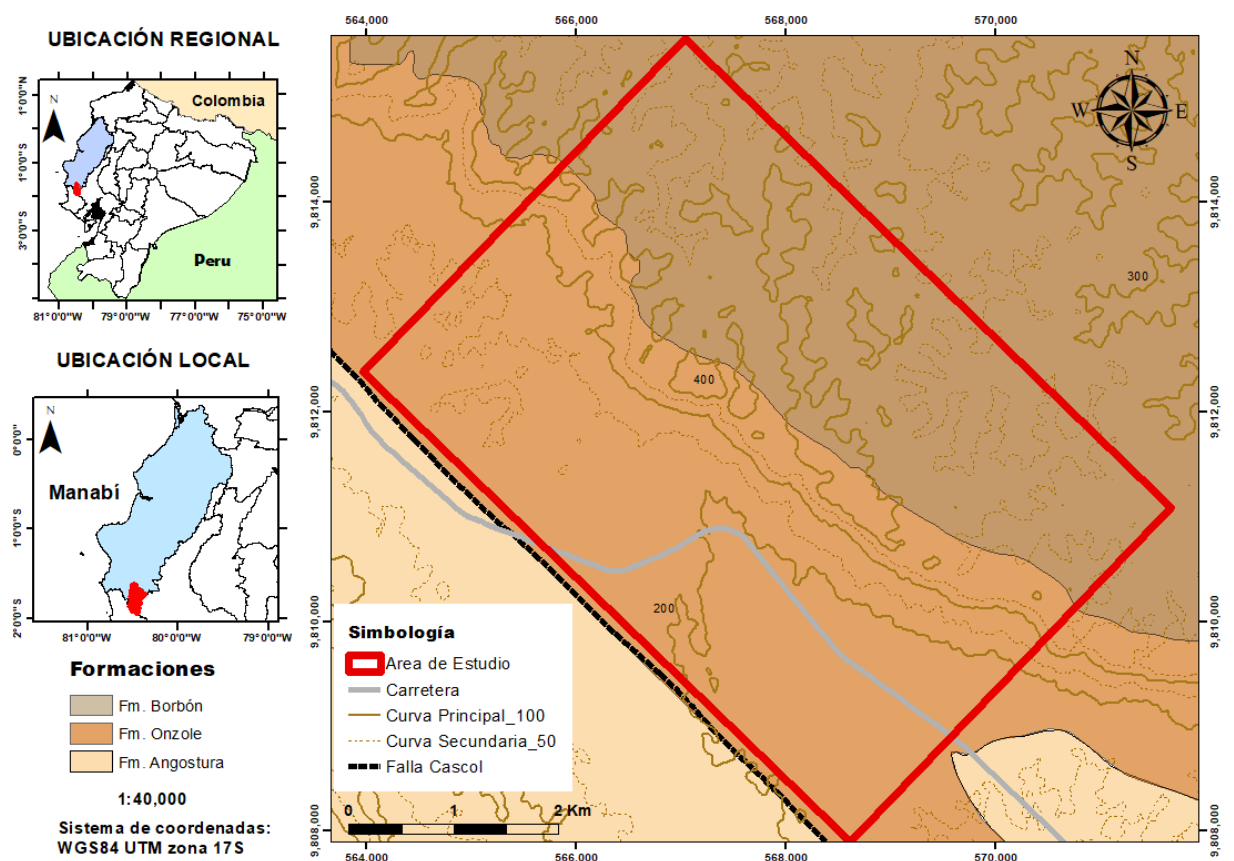


FIGURA 8. Mapa Geológico. Modificado del Instituto Geográfico Militar, 1969

2.2.2 FASE II: Trabajo de campo

Levantamiento topográfico por Dron

Para poder obtener los datos topográficos en zonas poco accesibles se realizó un levantamiento topográfico mediante el dron DJI Phantom 4 Pro, un vehículo aéreo autónomo y portátil, el cual cuenta con la autonomía para realizar levantamientos topográficos de largo alcance y buena precisión en poco tiempo. El dron se encargó de la toma georreferenciada de fotografías aéreas verticales consecutivos, con la finalidad de generar pares estereoscópicos entre las fotos (Figura 9).



FIGURA 9. Levantamiento topográfico por dron realizado en el área de estudio.

En total se sobrevolaron 5 áreas de interés, con un tiempo de vuelo estimado de 15 a 20 minutos por zona. Se generaron áreas en ArcGIS como formato shapefile (SHP) con dimensiones aproximadas entre 0.20 y 0.30 km² (Ver Tabla 3). Además, se obtuvo un MDT a partir del cual se generaron curvas de nivel con una equidistancia de un metro, esto se correlacionó con las curvas de nivel obtenidas de la imagen satelital (ALOS PALSAR) para obtener un mayor detalle de la zona de estudio.

Tabla 3. Áreas sobrevoladas mediante dron


Código de área	Área (km²)	Coordenada X – Punto inicial WGS84	Coordenada Y- Punto inicial WGS84	Descripción
Área 100	0.290	569056.1	9810925.1	10 de agosto
Área 101	0.281	568423.9	9808706.9	El Chorrillo
Área 102	0.226	567452.9	9813462.3	Manantial San Alejo
Área 103	0.200	568519.6	9811258.9	Zona cerro San Alejo
Área 104	0.288	568594.9	9807965.8	El Chorrillo – Zona Gallera

Reconocimiento de campo

En esta etapa se realizó la exploración del área de estudio siguiendo una ruta diseñada previamente con la información obtenida en la fase anterior. Se realizaron 5 estaciones geológicas asociadas a zonas que presentan un gran interés geológico e hídrico juntamente con la accesibilidad del terreno. Se analizaron parámetros como las características del suelo, estructuras geológicas presentes, presencia de agua y cobertura vegetal que presentaba cada estación. Además, se registró su ubicación y una foto de referencial.

A continuación, se presenta la estructura y observaciones realizadas en la primera y segunda estación, el registro de las demás estaciones se encuentra en el apéndice A.

Tabla 4. Descripción de Estación Geológica 1

Estación Geológica N.º 1			
Coordenadas		X	568399
		Y	9809620
		Z	148
Parámetros	Características	Foto	
<i>Características del suelo</i>	Suelo arcilloso- arenoso no tan compacto		
<i>Estructuras Geológicas Identificadas</i>	No se presentan afloramientos, el sector se localiza en una cota relativamente baja.		
<i>Presencia de Agua</i>	La zona cuenta con un pozo que dejó de operar aproximadamente hace 5 meses.		
<i>Cobertura vegetal</i>	Existe una moderada cobertura vegetal debido a que en las cercanías se realizan actividades agrícolas.		


Estación #2			
Coordenadas		X	568990
		Y	9809517
		Z	150
Parámetros	Características	Foto	
<i>Características del suelo</i>	Suelo arcilloso poco compacto		
<i>Estructuras Geológicas Identificadas</i>	No se presenta un afloramiento		
<i>Presencia de Agua</i>	Reservorio ubicado en las cercanías del cauce un estero. Presenta una profundidad aproximada de 5 m.		
<i>Cobertura vegetal</i>	Existe una moderada cobertura vegetal debido a que en las cercanías del sector se realizan actividades agrícolas.		

Tabla 5. Descripción de Estación Geológica 2

Mediante el reconocimiento del área de estudio se registró la ubicación de los pozos, manantiales y reservorios que componen los recursos hídricos del recinto. Además, se identificaron las actividades que generan de manera directa o indirecta impactos ambientales en la zona. Con la información obtenida en campo se determinaron las zonas más factibles y con un alto interés hídrico para realizar las campañas geoelectricas.

Prospección geofísica: Sondeos eléctricos Verticales (SEV's)

La segunda etapa de esta fase consistió en la toma de datos de resistividad mediante la prospección geofísica en zonas de mayor interés para el estudio. Se realizaron 14 sondeos eléctricos verticales (SEV's) utilizando el equipo ABEM Terrameter SAS1000 (véase Figura 11). A través de un arreglo de electrodos acorde a la configuración Schlumberger. La longitud total de los sondeos varió entre los 94 y 200 metros, mientras que se alcanzaron valor hasta los 70 m de profundidad. En la Tabla 6, se muestran las coordenadas de los SEV's realizados.

Tabla 6. Coordenadas de los SEV's

SEV	WGS 84 - X	WGS 84 - Y	WGS 84 - Z
1	566247	9813074	297
2	567053	9813635	309
3	568985	9809129	144
4	568673	9809345	150
5	568697	9809442	153
6	568772	9808790	139
7	568861	9808719	138
8	568832	9812356	386
9	568416	9810810	263
10	568517	9810723	248
11	568130	9810426	189
12	568959	9808740	143
13	569084	9809385	150
14	569082	9809423	150

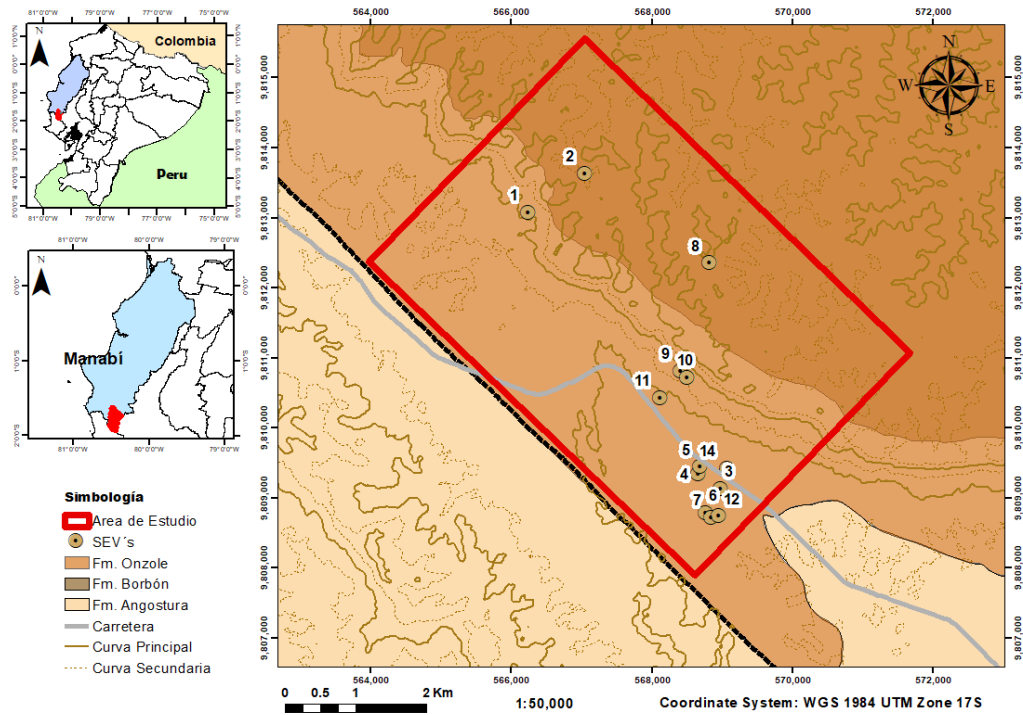


FIGURA 10. Mapa de ubicación de sondeos eléctricos verticales. Fuente: Autores



FIGURA 11. Equipo utilizado para sondeos geo eléctricos

Toma de datos de parámetros físicos-químicos de recursos hídricos

Para la toma de datos de los parámetros físicos-químicos del agua encontrada en pozos, reservorios y manantiales, se utilizó el equipo multiparamétrico WTW (Ver Figura 12). Mediante el cual, se realizó el registro de los valores de TDS, salinidad, conductividad,

resistividad y temperatura. El medidor de pH determinó el nivel de acidez o alcalinidad del agua.



FIGURA 12. Registro de parámetros físicos-químicos del agua presente en un manantial.

2.2.3 FASE III: Procesamiento de datos

En esta fase se desarrolló el procesamiento de los datos obtenidos en campo mediante el uso de los softwares IPI2win, Agisoft, Excel y ArcGIS. Se obtuvieron valores de resistividad, curvas de nivel del área de estudio y valores de los parámetros físicos químicos de los recursos hídricos presentes en la zona.

ArcGIS

Los datos obtenidos dentro del reconocimiento geológico y levantamiento topográfico fueron relacionados con la base conceptual elaborada en la primera fase para la construcción del mapa Geológico (Ver Figura 8), Porcentaje de Pendientes (Ver Figura 22), y Densidad de Drenaje (Ver Figura 26) de la zona de estudio.

IPI2win

Al obtener los datos de los 14 sondeos realizados en campo fueron procesados mediante el software IPI2win, el cual generó una curva de resistividad aparente para cada sondeo (Ver Figura 13). Además, se obtuvieron los valores aproximados de profundidad, espesor y resistividad de cada capa del subsuelo. La profundidad máxima aparente que puede

alcanzar un sondeo se relaciona con la longitud del tendido máximo que este presenta (AB), siendo su valor aproximado de profundidad $IAB/3$.

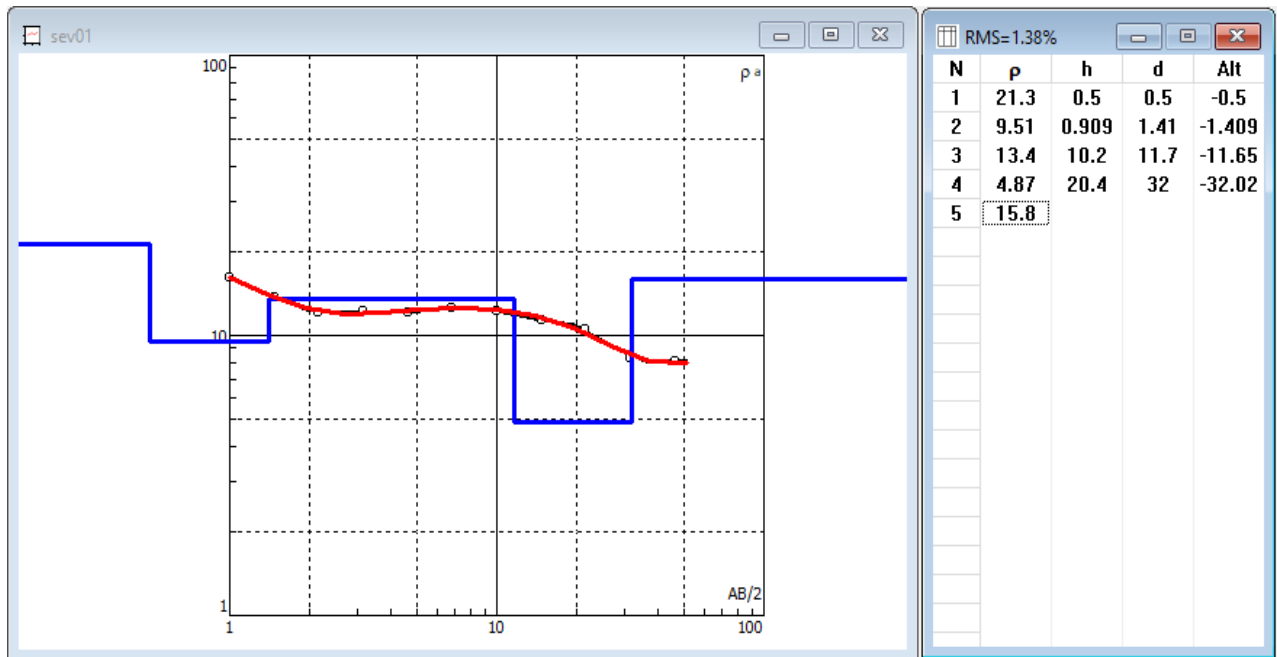


FIGURA 13. Curva aparente de resistividad generada en IPI2win asociadas al SEV-01.

Agisoft Metashape Profesional

Las imágenes obtenidas a partir de los sobrevuelos con el dron fueron procesadas a través del software Agisoft Metashape Profesional. Este software toma la información de calibración de la cámara y puntos donde se captaron las fotos, para inicialmente orientarlas y posteriormente poder generar una nube de puntos densa de la superficie del terreno sobrevolado. La nube de puntos densa se asemeja a los puntos que se suelen tomar en terreno al realizar levantamientos topográficos manuales, sin embargo, se diferencia en la densidad del muestreo. Para grandes extensiones la densidad manual llega a cuadrículas de 50 metros o más, mientras que con el dron la cuadrícula de punto se reduce a centímetros, creando un modelo de superficie más detallado.

A partir de la nube de puntos, se procedió a reconstruir y texturizar la malla del terreno, es decir a digitalizar la superficie del terreno. Mediante esta malla se pudieron generar modelos de elevación digital (DEM) y ortofotos, que sirven como base cartográfica para el estudio del área determinada.

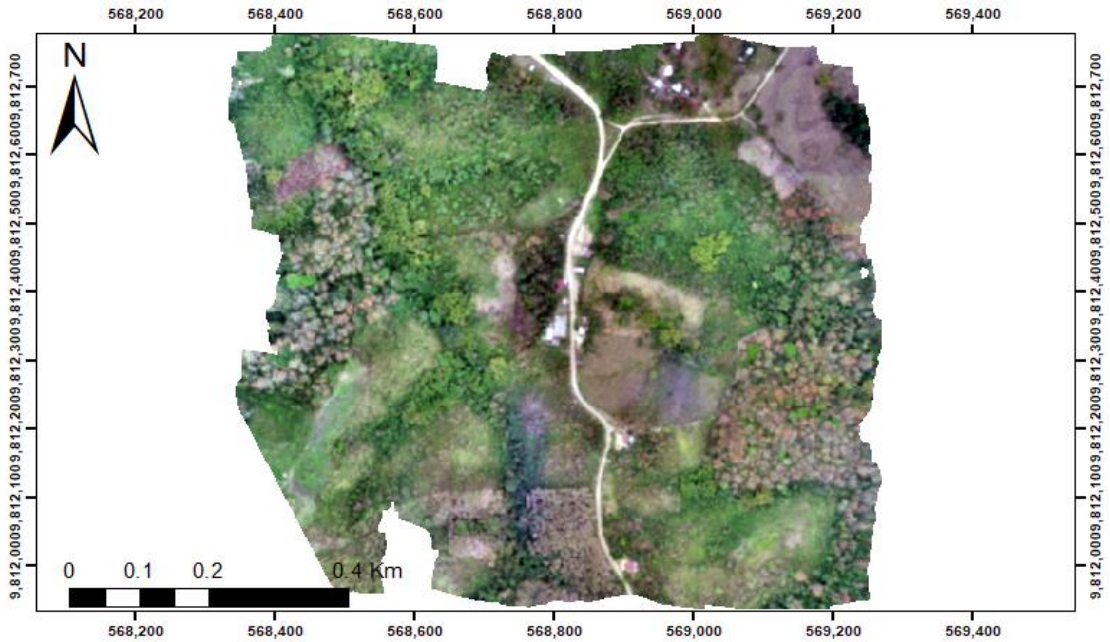


FIGURA 14. Ortografía obtenida de la zona de estudio. Área 103: Cerro San Alejo.

Excel: Parámetros físicos-químicos

Los valores de los parámetros físicos-químicos de los recursos hídricos dentro de la zona de estudio fueron tabulados se detalla cada uno de sus valores en la Tabla 7 y la ubicación de estos en la Figura 15.

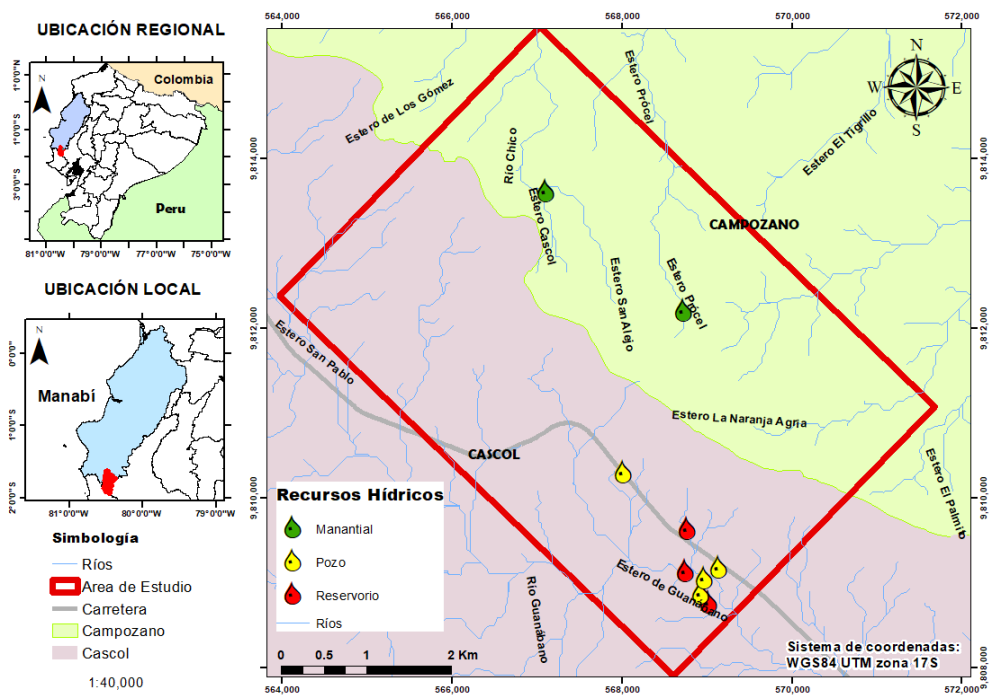


FIGURA 15. Mapa de ubicación de recursos hídricos.

Tabla 7.- Registro de parámetros físicos-químicos de los recursos hídricos presentes en el recinto “El Guanábano”

Recurso Hídrico		TDS (mg/l)	Temperatura (°C)	Sal (%)	Conductividad (uS/cm)	Resistividad (ohm.cm)	pH
Manantial- “10 de agosto”	M1	619	23.4	0.2	619	1615	8.64
Manantial- “San Alejo”	M2	528	26.4	0.2	526	1899	7.63
Manantial- “Chorrillo”	M3	1065	29	0.4	935	1069	6.8
Pozo	P1	1162	27.8	0.5	1161	861	7.22
Pozo	P2	1288	30.7	0.6	1289	776	7.6
Pozo	P3	1350	30.6	0.6	1350	741	7.06
Pozo	P4	1501	27.2	0.7	1497	668	7.90
Reservorio	R1	1253	26.6	0.6	1249	806	7.24
Reservorio	R2	1308	29.7	1.1	1292	476	7.05

Matriz de causa/efecto Geoambiental

La matriz Geoambiental se adaptó en función del proyecto y permitió el análisis general sobre determinados impactos identificados en el área. Los objetivos fundamentales para su desarrollo fueron: identificar, valorar y comunicar los efectos producidos en el medio para posteriormente brindar lineamientos relacionados a la gestión ambiental y del agua. En primera instancia mediante la fase de trabajo de campo, se reconocieron actividades que afectan los componentes sociales, salud, calidad del suelo, calidad del agua, flora y fauna del sector.

Se destacan las siguientes actividades o hallazgos:

- Desacuerdos entre comuneros y empresas privadas
- Perforación de pozos sin estudios previos en la zona
- Consumo de agua con determinado grado de salinidad
- Vertedero de residuos solidos
- Actividades antrópicas: Agricultura, Ganadería y Elaboración artesanal de carbón

Los hallazgos identificados generan distintos impactos sobre los componentes mencionados, por lo que se procedió a su ponderación mediante una tabla de variables en la cual se consideraron 6 variables (Tabla 8). De esta tabla las variables tomadas para la evaluación fueron: Naturaleza, Duración, Reversibilidad, Probabilidad, Intensidad y Extensión.

Tabla 8. Variables evaluadas para la generación de la Matriz causa – efecto Geoambiental.

NATURALEZA	Benéfico = +1
	Detrimento = -1
DURACIÓN	Temporal = 1
	Permanente = 2
REVERSIBILIDAD	A corto plazo = 1
	A largo plazo = 2
PROBABILIDAD	Poco Probable = 0.1
	Probable = 0.5
	Cierto = 1
INTENSIDAD	Baja = 1
	Media = 2
	Alta = 3
EXTENSIÓN	Puntual = 1
	Local = 2
	Regional = 3

Naturaleza: La naturaleza del impacto puede ser positiva o negativa, y se valora como “-1” al ser detrimento y “+1” si es benéfico.

Duración: Hace referencia al tiempo que permanece el efecto del impacto, siendo permanente(1) o temporal(2).

Reversibilidad: Se califica en función de su capacidad de recuperación. Si el impacto es asimilado en poco tiempo, será a corto plazo (1), mientras que si el entorno no asimila el efecto o toma mucho tiempo; será a largo plazo(2).

Probabilidad: Esta definida como la posibilidad de ocurrencia del impacto. Si es poco probable (0.1), si tiene media posibilidad de que ocurra (0.5) o si tiene alta probabilidad de que ocurra dicho impacto (1).

Intensidad: Las acciones mencionadas tienen un efecto sobre cada componente, por lo que la intensidad será alta(1) si es notable, media (2) si es difícil de medir o baja (3) si el efecto es imperceptible o sutil.

Extensión: Se refiere a la extensión espacial del impacto. Es regional, si sobrepasa los límites del área analizada; Local, cuando el efecto está en los límites del área; y Puntual si el efecto se limita a la huella del impacto.

Los valores de magnitud que se observaron en la matriz, se determinaron en relación a la siguiente expresión:

Magnitud (M) = Naturaleza * Probabilidad * (Duración + Reversibilidad + Intensidad + Extensión)

Estos valores se presentan en un rango de 1 a 10, de acuerdo a los criterios de evaluación y metodología utilizados, aquellos impactos de valor positivo resultarán en un valor de 10 o -10 si es de carácter negativo. A continuación, cada impacto fue valorado en base a la importancia que representan para el ecosistema, según la tabla 9.

Tabla 9. Valor de importancia para cada factor. Fuente: (ECOSAMBITO C. LTDA., 2018)

DURACIÓN	INFLUENCIA	ESCALA
Temporal	Puntual	1
Media	Puntual	2
Permanente	Puntual	3
Temporal	Local	4
Media	Local	5
Permanente	Local	6
Temporal	Regional	7
Media	Regional	8
Permanente	Regional	9
Permanente	Regional	10

De esta forma, el valor de impacto finalmente se coloca en un rango de 0 a 100, al multiplicar los valores de magnitud e importancia. Se jerarquizó los impactos en valores porcentuales y se determinó su significancia. Se observan valores de 0 a 100 de carácter positivo, divididos en 5 rangos y de 0 a -100 de igual manera, donde la significancia va desde no significativo, poco significativo, medianamente significativo, significativo y muy significativo (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Valores de las características de los impactos. Fuente: (ECOSAMBITO C. LTDA., 2018)

RANGO	CARACTERÍSTICA	SIGNIFICANCIA
81 -100	+E	Muy significativo
61 - 80	+D	Significativo
41 - 60	+C	Medianamente significativo
21 - 40	+B	Poco significativo
0 - 20	+A	No Significativo
(-)1 - 20	-A	No Significativo
(-)21 - 40	-B	Poco significativo
(-)41 - 60	-C	Medianamente significativo
(-)61 - 80	-D	Significativo
(-)81 - 100	-E	Muy significativo

2.2.4 FASE IV: Reclasificación y correlación de datos

Para poder relacionar los mapas de Geología, Porcentaje de Pendientes y Densidad de Drenaje con los datos obtenidos en campo como la resistividad aparente de las rocas del subsuelo y los parámetros físicos-químicos de los recursos hídricos; fue necesario reclasificar y homogenizar sus valores a una unidad de medida. En este proyecto, se empleó una escala de potencial con un rango de 1 a 5, donde 1 refleja el valor más bajo y 5 el valor más alto referente al criterio a desarrollar (Potencial de Aguas Subterráneas). En relación con el criterio geológico, se realizó una nueva valoración acorde a la litopermeabilidad que presenta cada formación en el área de estudio. (Tabla 11 y Figura 21). Para el criterio de pendientes, la valoración se realizó según la clasificación de Porcentajes de pendientes aplicada por (Ortiz, 2004). (Tabla 12 y Figura 23). En el criterio de densidad de drenaje se realizó una valoración acorde a la clasificación utilizada por (Shukla, 2014). Con respecto a los criterios de resistividad de las capas del subsuelo y

parámetros físicos-químicos obtenidos en campo, fue necesario realizar una división del área de estudio acorde a la distribución y localización de los sondeos, recursos hídricos y comunidades dentro de la zona de estudio. La nueva valoración que se empleó en dichas zonas tomó como criterios primordiales el espesor de las capas saturadas para el criterio de resistividad; mientras que, los valores de salinidad y TDS del agua analizada fueron los aspectos principales para la valoración de los parámetros físicos-químicos (Figura 28).

Tabla 11. Valoración geológica del área de estudio.

Criterio	Formaciones	Composición	Valoración
Litología	<i>Fm Ózole</i>	Arcillas y Limolitas laminadas	3
	<i>Fm Borbón</i>	Areniscas con bancos calcáreos, arcillas con intercalaciones de arenas y limolitas.	4

Tabla 12. Valoraciones de pendientes medias del área de estudio.

Criterio	Porcentaje de pendiente	Descripción del terreno	Valoración
Porcentaje de pendiente	0-5 %	Plano - Suave	4
	5-15%	Leve inclinación, moderadamente ondulado	3
	15-25%	Ondulado	2
	25-50%	Colinado	1
	50-70%	Escarpado	1
	>70 %	Montañoso abrupto	1

Tabla 13. Valoración de la densidad de drenaje en el área de estudio.

Criterio	Unidad (km/km²)	Descripción	Valoración
Densidad de drenaje	< 1	Muy baja	4
	1-2	Baja	3
	2-4	Moderada	2
	4-6	Alta	1
	> 6	Muy alta	1

Ponderación de criterios

Se determinó el grado de importancia que tiene cada criterio para la zonificación de áreas con potencial para alojar aguas subterráneas, con el fin de poder acoplar todos los factores en un solo mapa. Se empleó el Método de Jerarquización Analítica de Saaty (1980), comparando por pares cada factor mediante una matriz cuadrada, sus componentes fueron: litología, porcentaje de pendientes, densidad de drenaje, prospección geoelectrica y parámetros físicos-químicos de la zona.

Tabla 14. Valoración de Saaty aplicada a cada uno de los criterios.

Valoración entre fila/columna	El criterio de la fila al compararlo con el criterio de la columna es:
1	Igualmente, importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostablemente más importante
9	Absolutamente más importante

Tabla 15. Ponderación de criterios en base a la “Jerarquización Analítica de Saaty”

Criterios	Litología	% Pendiente	Densidad de Drenaje	Prospección Geoelectrica	Parámetros físicos-químicos	Suma	Ponderación
Litología		5	5	5	7	22.00	0.433
% Pendiente	0.2		1	3	7	11.20	0.220
Densidad de Drenaje	0.2	1		5	5	11.20	0.220
Prospección Geoelectrica	0.2	0.33	0.2		5	5.73	0.113
Parámetros físicos-químicos	0.143	0.1423	0.2	0.2		0.69	0.013
						50.82	1.000

Para la generación del mapa de zonas con potencial de aguas subterráneas basado en los criterios previamente mencionados, se lo obtiene mediante la suma de todos los rasters reclasificados y ponderados usando álgebra de mapas con la siguiente ecuación:

Mapa de Zonas con potencial de aguas subterráneas= (0.434 * Litología) +(0.220 * Pendientes) +(0.220 * Densidad de Drenaje) +(0.113 * Prospección Geoeléctrica)+(0.013 * Parámetro Físico-químico de agua).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Prospección Geofísica

En base a los datos registrados por medio de los 14 Sondeos Eléctricos Verticales y a su respectivo procesamiento a través del software IPI2win, se obtuvieron los valores correspondientes a los espesores, resistividades y profundidades aparentes de las capas del subsuelo. Se generó una tabla referencial de rangos de resistividades aproximado, correlacionando sus valores con la geología del sector y los datos recabados en campo (Tabla 16).

Dentro de las descripciones de las capas de cada sondeo, se elaboraron columnas estratigráficas y geoelectricas, para determinar la presencia de capas con un mayor grado de interés hídrico (capas saturadas). A continuación, se detallan las descripciones de los dos primeros sondeos realizados, el análisis de los demás sondeos se encuentra dentro del apéndice A.

Tabla 16. Tabla referencial de los rangos aproximados de resistividad acorde a la litología presentes en la zona de estudio.

Litología	Rango de Resistividades (Ωm)
Suelo arcilloso – arenoso (espesores menores a 1m)	25-35
Arenisca	60-90
Limolitas	40-90
Arcillas arenosas	11-40
Arcillas laminadas	5-11
Arcillas saturadas	3-5
Arcillas saturadas con posible mineralización	0-3

SEV-01

En la Tabla 17 se presenta la probable distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima aproximada de 31.6 m, en su primera capa registra una resistividad de 21.3 Ω m, correspondiente posiblemente a un suelo arcilloso con un espesor aproximado de 0.5 m; lo que concuerda con el material presente en la superficie del terreno. En la segunda

capa se presenta una resistividad menor con un valor de 9.51 Ωm , el cual puede interpretarse como un material más suelto que permite el paso continuo de electricidad, características que pueden corresponder a arcillas laminares. En la tercera capa se registra un aumento de la resistividad de 13.4 Ωm , a una profundidad de 11.7 m; esta resistividad está relacionada con arcillas arenosas. En la cuarta capa a una profundidad de 32 m, el valor de la resistividad disminuye a un valor aproximado de 4.87 Ωm ; por lo que se puede interpretar como una posible capa de arcillas saturadas. A una profundidad superior a los 32 m se detecta una resistividad de 15.8 Ωm que representa posiblemente arcillas arenosas.

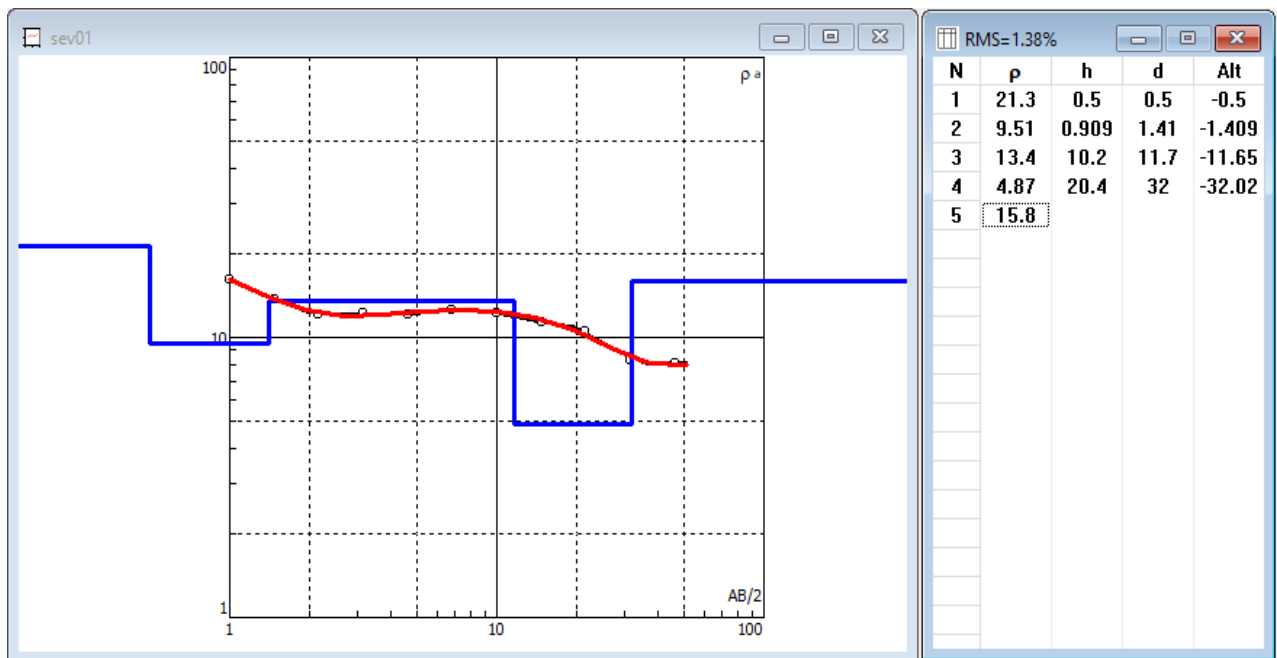


FIGURA 16. Curva de resistividad del SEV-01

Tabla 17.-Interpretación de la columna geoelectrica del SEV-01.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Suelo arcilloso	0.5	0.5	21.3
2	Arcillas laminares	0.909	1.41	9.51
3	Arcillas arenosas	9.79	11.2	13.4
4	Arcillas saturadas	20.4	32	4.87
5	Arcillas arenosas			15.8

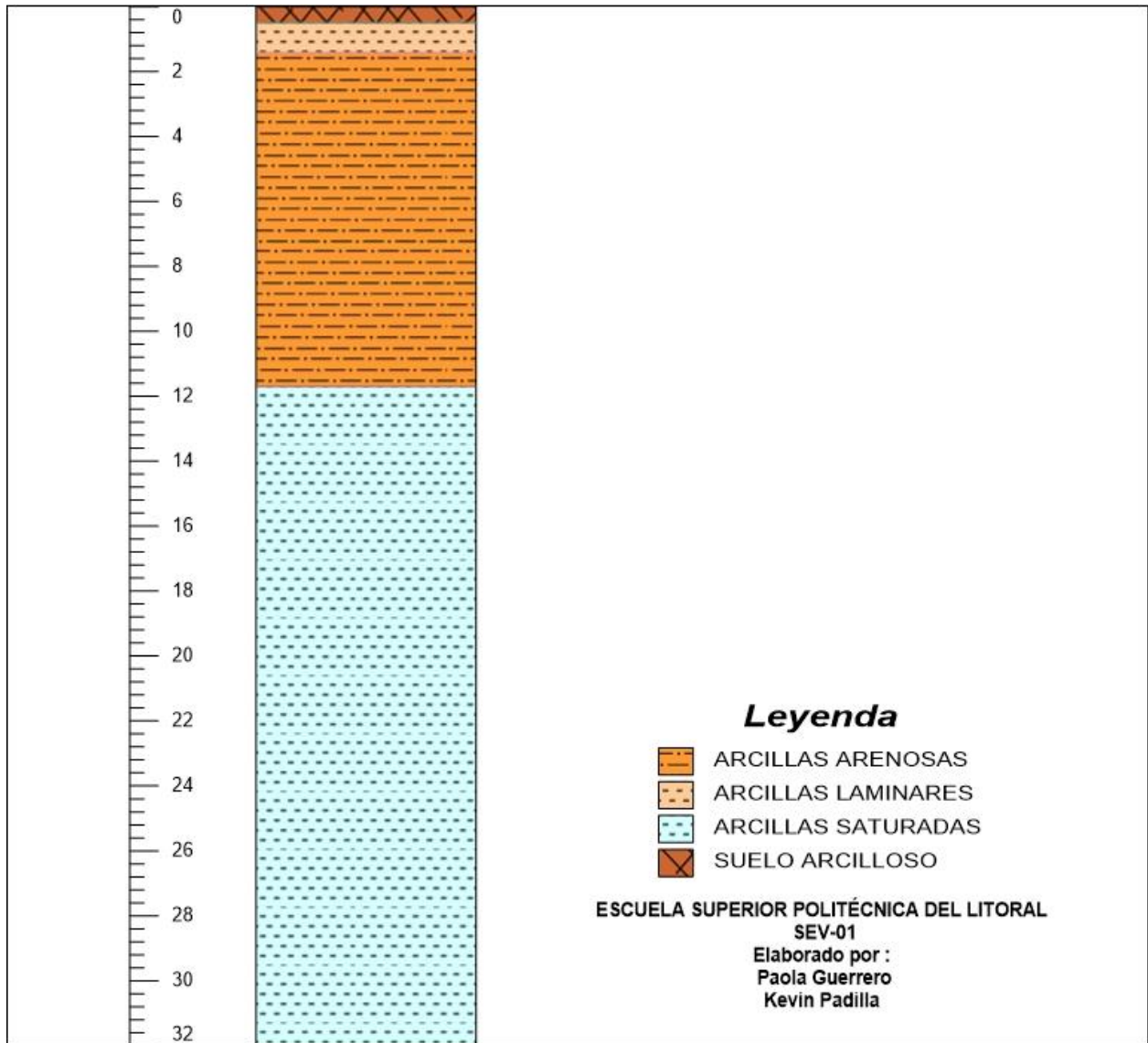


FIGURA 17. Columna Estratigráfica del SEV-01.

SEV-02

En la Tabla 18 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 32.2 m, en su primera capa presenta un espesor aproximado de 0.487 m y registra una resistividad de 44 Ωm ; esto se asocia a una capa de arena que concuerda con el material observado en superficie. En la segunda capa se presenta una disminución de la resistividad con un valor de 9.56 Ωm , el cual puede interpretarse como arcillas laminadas. En la tercera capa se registra un aumento de la resistividad a un valor de 13.6 Ωm , a una profundidad de 19.8 m; este valor se puede asociar a arcillas arenosas. En la cuarta capa se presenta un valor de la resistencia de 4.74 Ωm , a una profundidad de 32.2 m; esto puede representar una capa de arcillas saturadas. A una profundidad

superior a los 32.2 m se detecta una resistividad de 1.58 Ωm , que representa posiblemente arcillas saturadas con una posible mineralización.

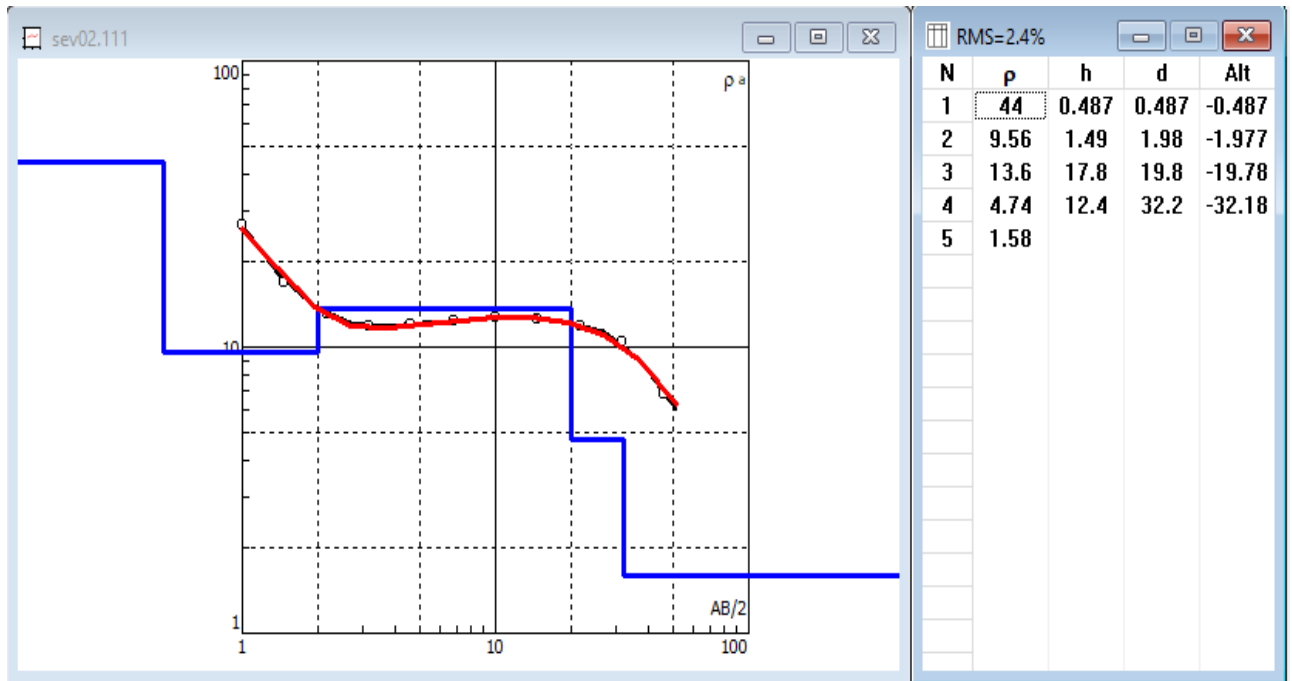


FIGURA 18. Curva de resistividad del sondeo 2.

Tabla 18.- Interpretación de la columna geoelectrica del SEV-02

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Arena	0.487	0.487	44
2	Arcillas laminadas	1.98	1.98	9.56
3	Arcillas arenosas	17.8	19.8	13.6
4	Arcillas saturadas	12.4	32.2	4.74
5	Arcillas saturadas con posible mineralización			1.58

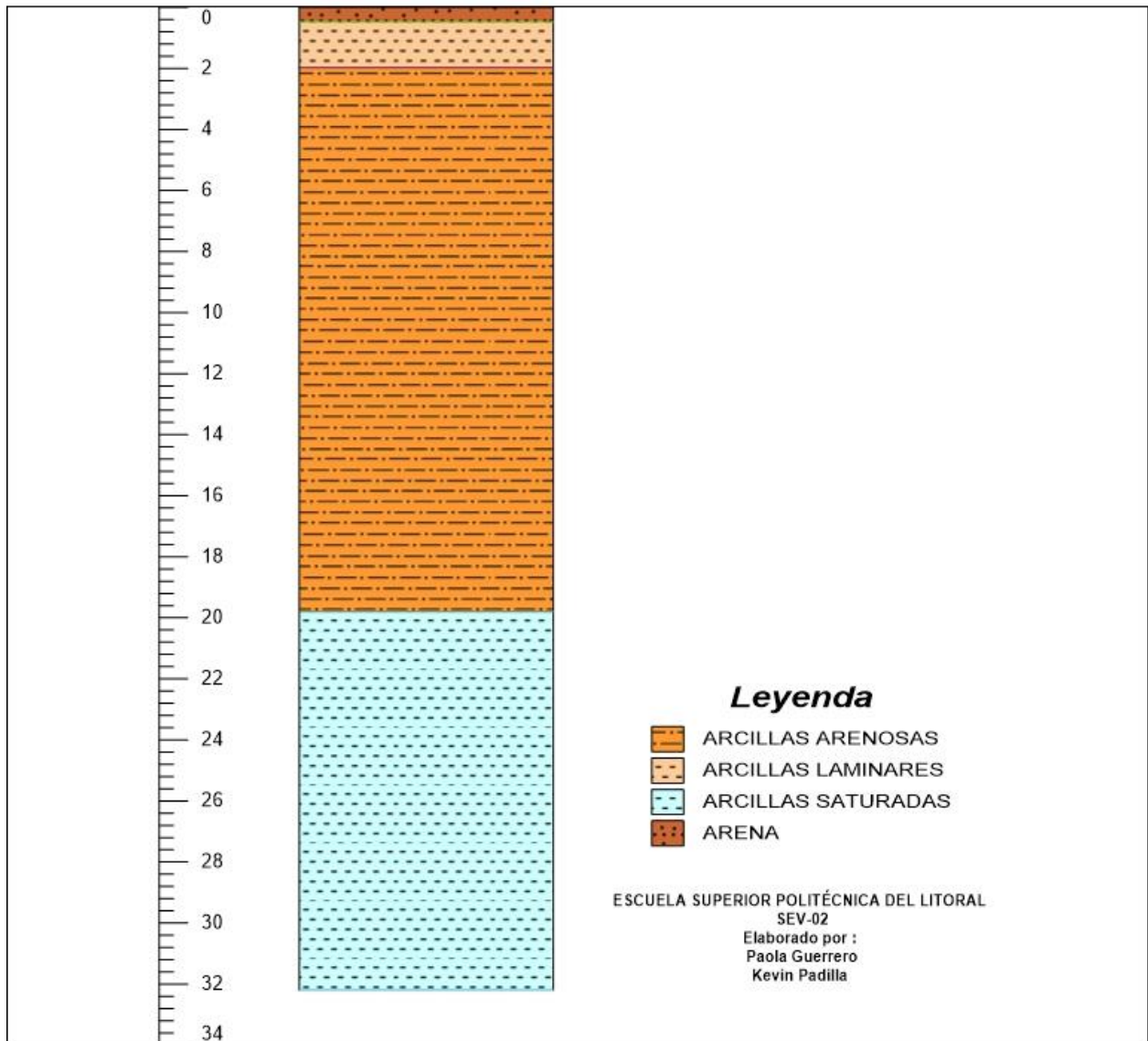


FIGURA 19. Columna estratigráfica del SEV-02.

Al analizar las capas interpretadas de cada uno de los sondeos, es notorio que existe un predominio de arcillas laminadas y arenosas sobre la mayor parte del área de estudio. Además, en la mayoría de los sondeos se presentan capas de arcillas saturadas, que varían su espesor y profundidad aparente. Sin embargo, en el SEV-08 no se presenta la capa saturada evidenciada en los otros sondeos, esto se correlaciona con la ubicación y profundidad máxima del sondeo, ya que se lo realizó sobre una de las cotas de mayor valor (450 m.s.n.m.) en el área de estudio.

Al correlacionar las interpretaciones y ubicación de los sondeos con la variación del porcentaje de pendiente en el área de estudio, se identificó que en la comuna “El Chorrillo”, donde predominan las cotas más bajas (terreno casi plano), se presentan capas de arcillas saturadas con un espesor considerable y a una profundidad menor a

los 15 m. Mientras que, en la comuna de “10 de agosto” y “San Alejo”, caracterizadas por presentar porcentajes de pendiente moderado (terreno ondulado), las capas saturadas identificadas son de mayor espesor.

Los datos obtenidos por medio del análisis de los parámetros físicos-químicos de la zona reflejan que el porcentaje de salinidad aumenta con la disminución del porcentaje de pendiente del terreno. Esto se evidencia en los manantiales ubicados en las partes altas (Formación Borbón) de la zona de estudio, que presentan una salinidad de 0.2, valores de 528 mg/L (TDS) y 7.63 pH. Mientras que, en los pozos y reservorios de la parte baja los niveles de salinidad varían entre 0.4 a 0.7.

Esta variación de la salinidad podría ocurrir debido a que, en las partes altas donde se localizan los manantiales, el agua proviene de la infiltración de las zonas montañosa sumado a una cobertura vegetal abundante que sirve juntamente con el subsuelo como un filtro natural. Mientras que, en las partes bajas (escasa vegetación) debido al recorrido que debe realizar el agua subterránea, esta puede sufrir variaciones en su salinidad causado por el contacto con las areniscas con niveles de bancos calcáreos (identificadas por el reconocimiento geológico en el ascenso a las zonas altas).

3.2 ALGEBRA DE MAPAS

3.2.1 MAPA GEOLÓGICO

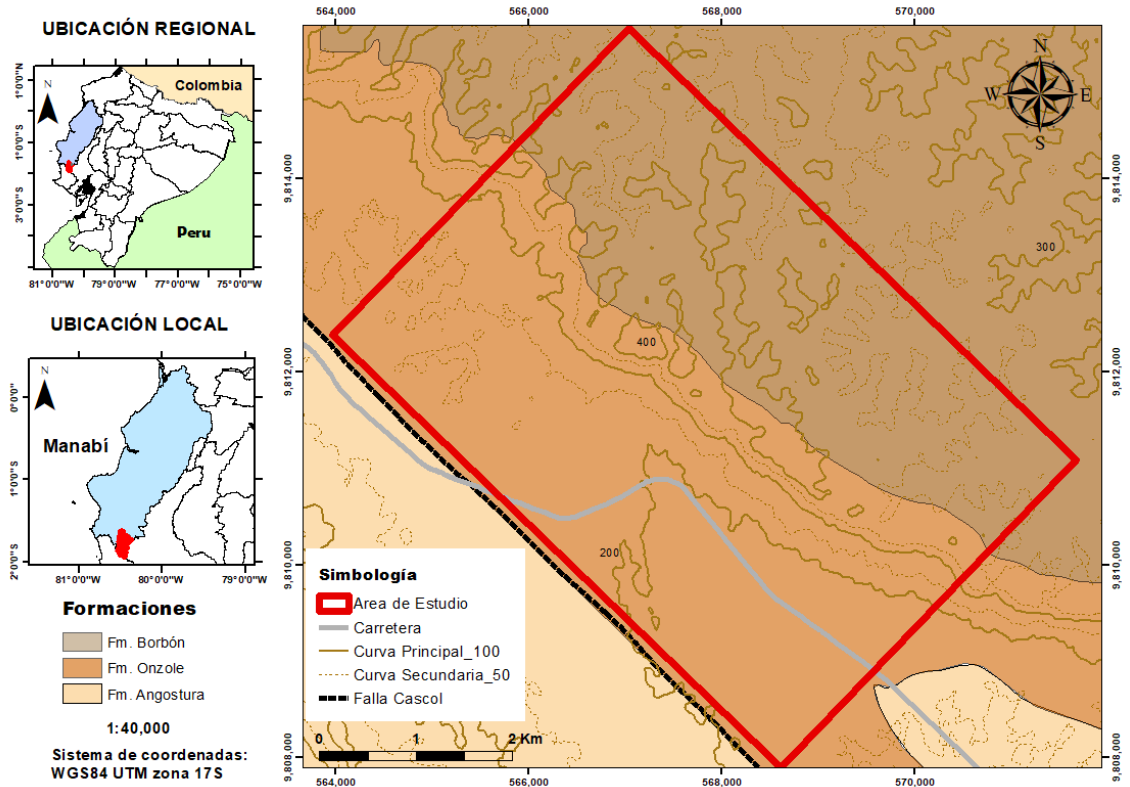


FIGURA 20. Mapa geológico

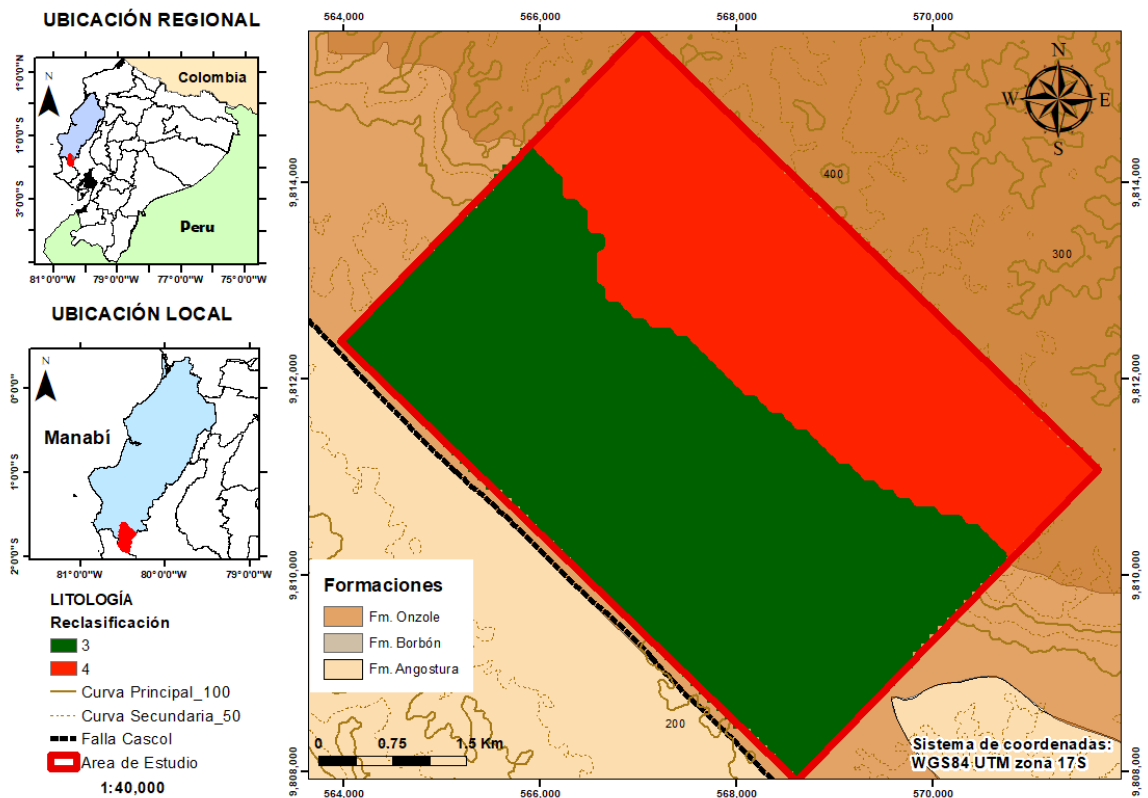


FIGURA 21. Mapa geológico reclasificado.

3.2.2 MAPA DE PENDIENTES

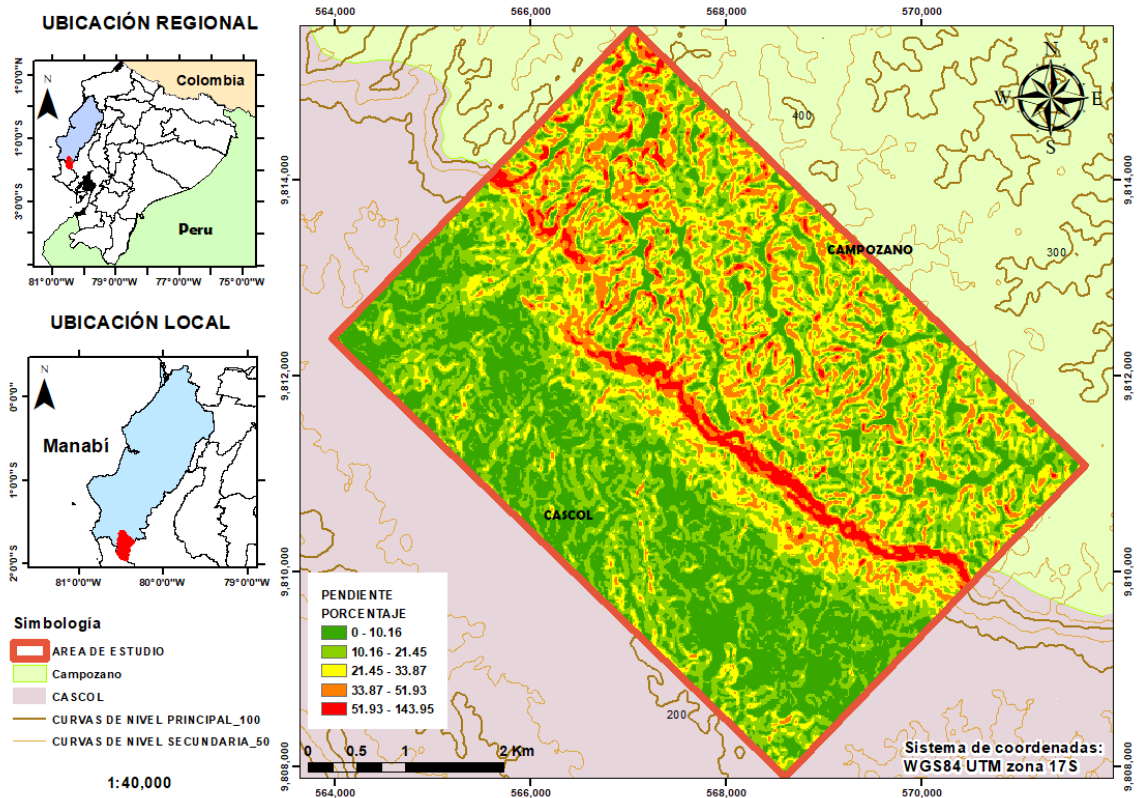


FIGURA 22. Mapa de porcentaje de pendientes

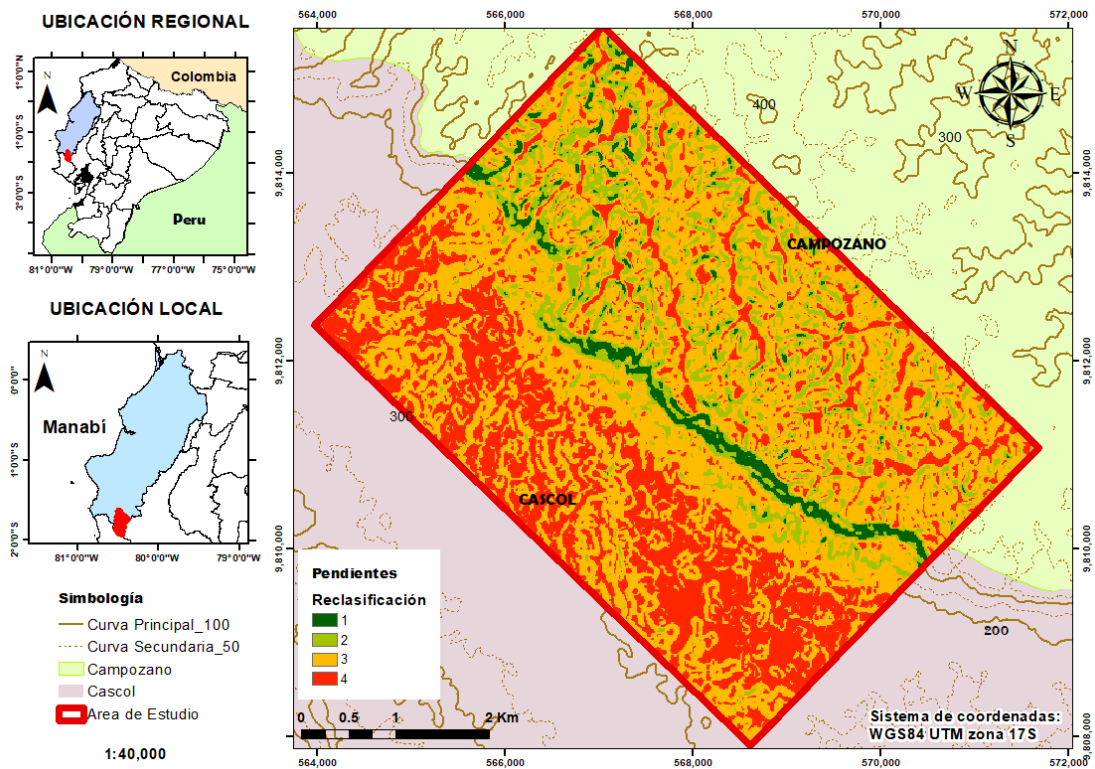


FIGURA 23. Mapa de porcentajes de pendiente reclasificado.

3.2.3 MAPA DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (SEV's)

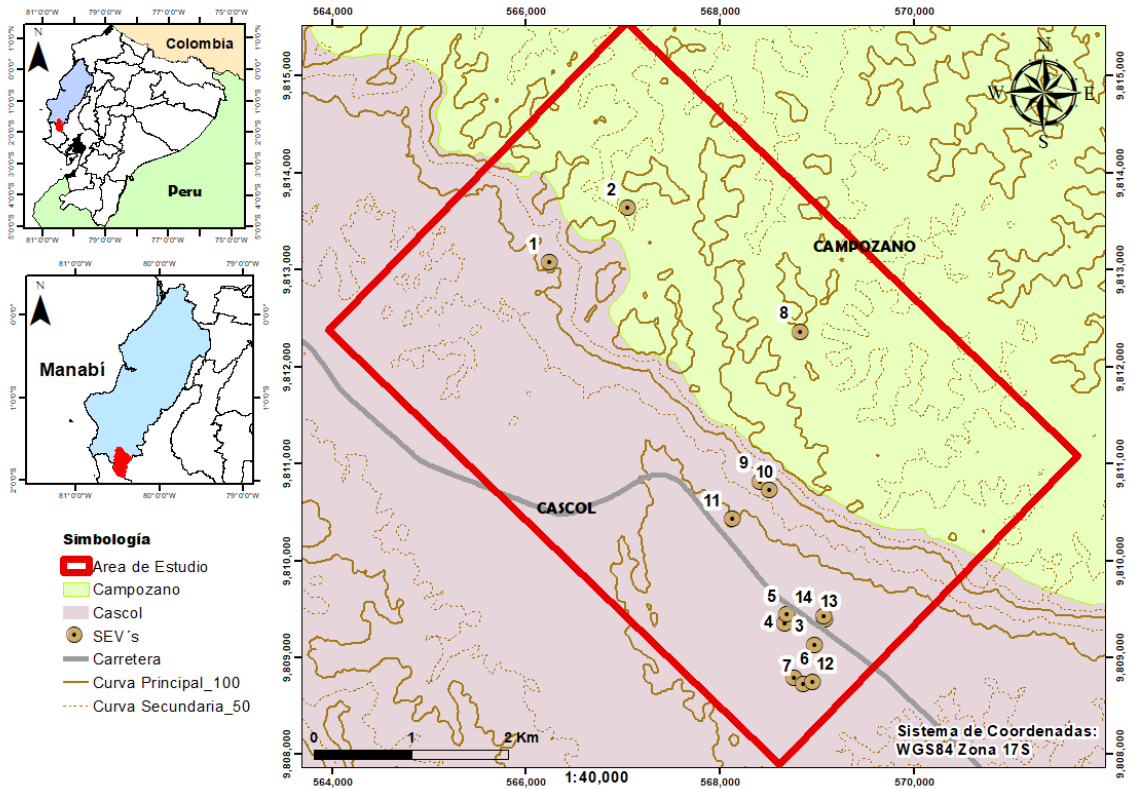


FIGURA 24. Mapa de ubicación de SEV's

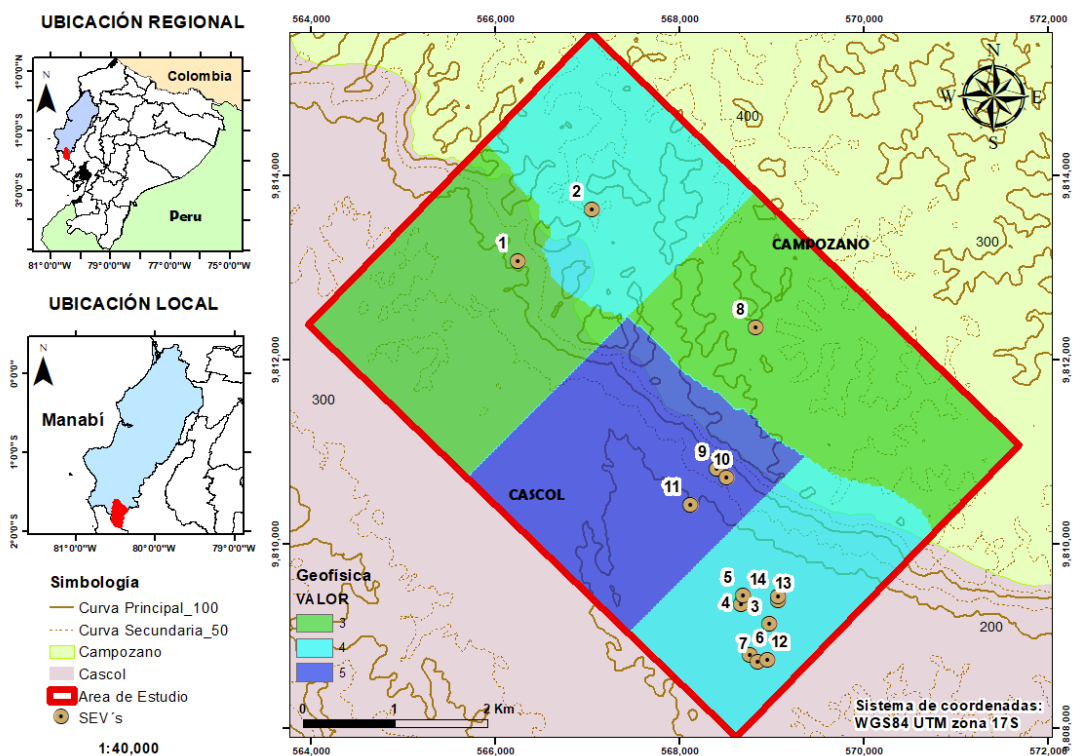


FIGURA 25. Mapa de sondeos eléctricos verticales (SEV's) con valoración.

3.2.4 MAPA DE DENSIDAD DE DRENAJE

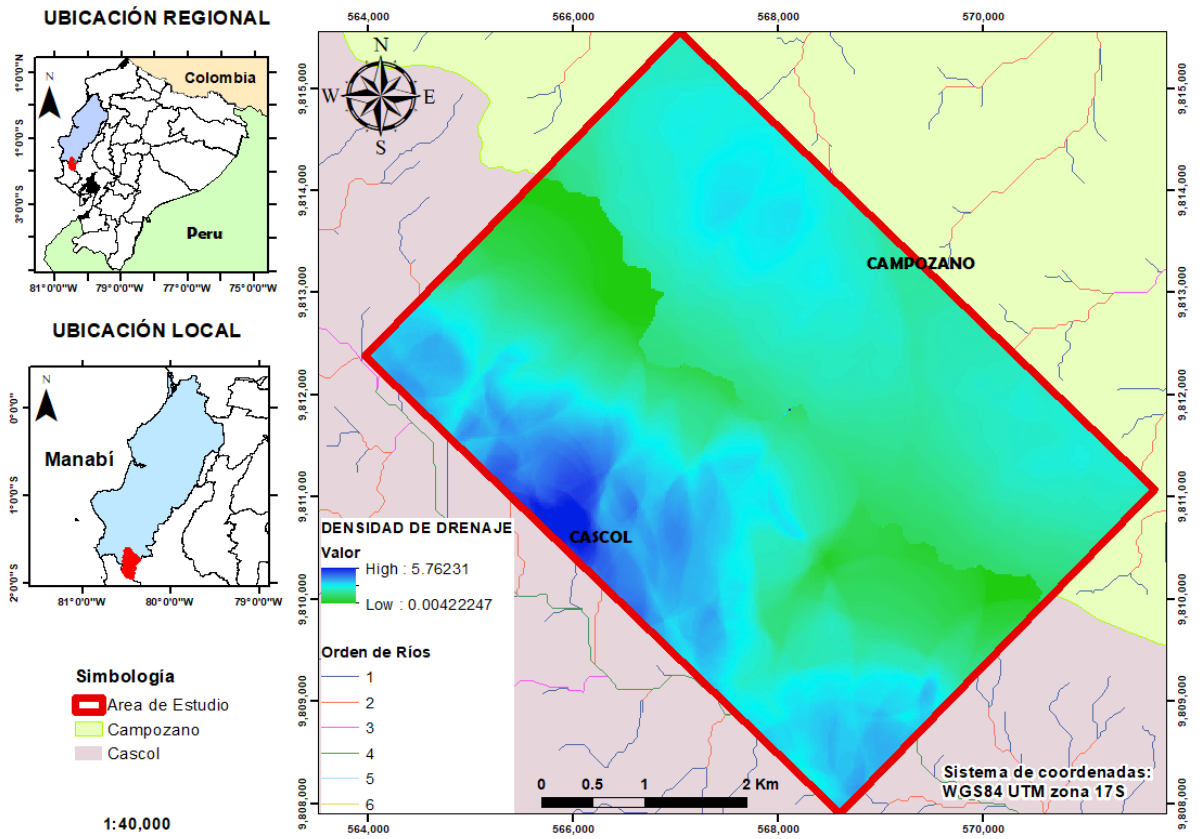


FIGURA 26. Mapa de densidad de drenaje

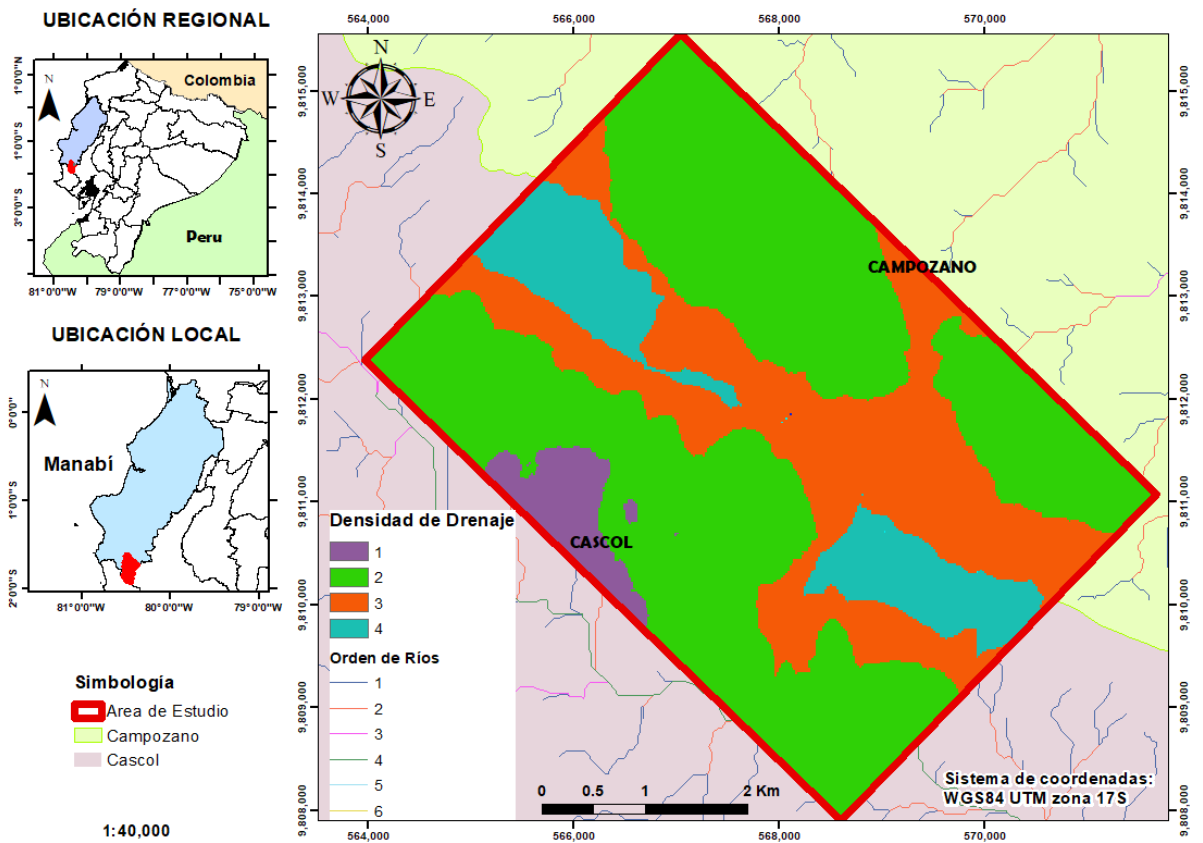


FIGURA 27. Mapa de densidad de drenaje reclasificado.

3.2.5 MAPA DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

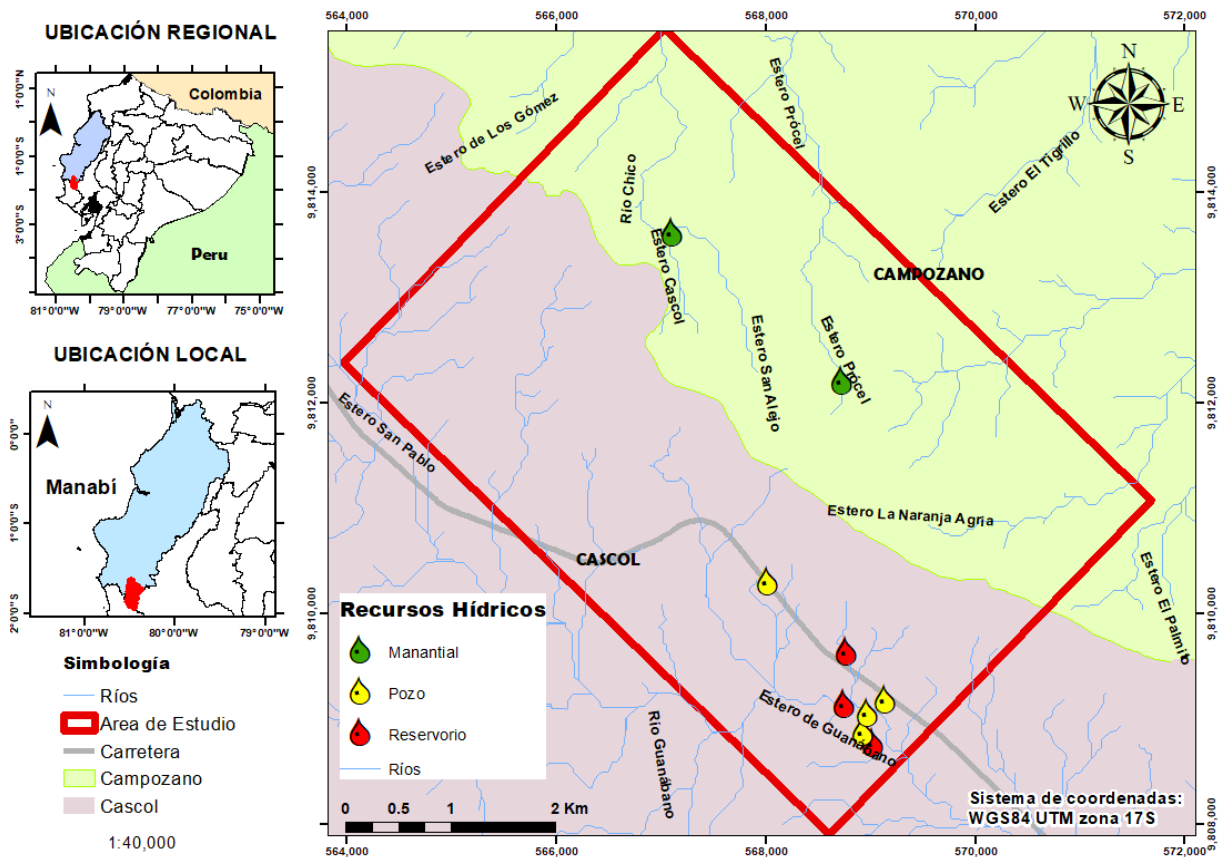


FIGURA 28. Mapa de ubicación de recursos hídricos.

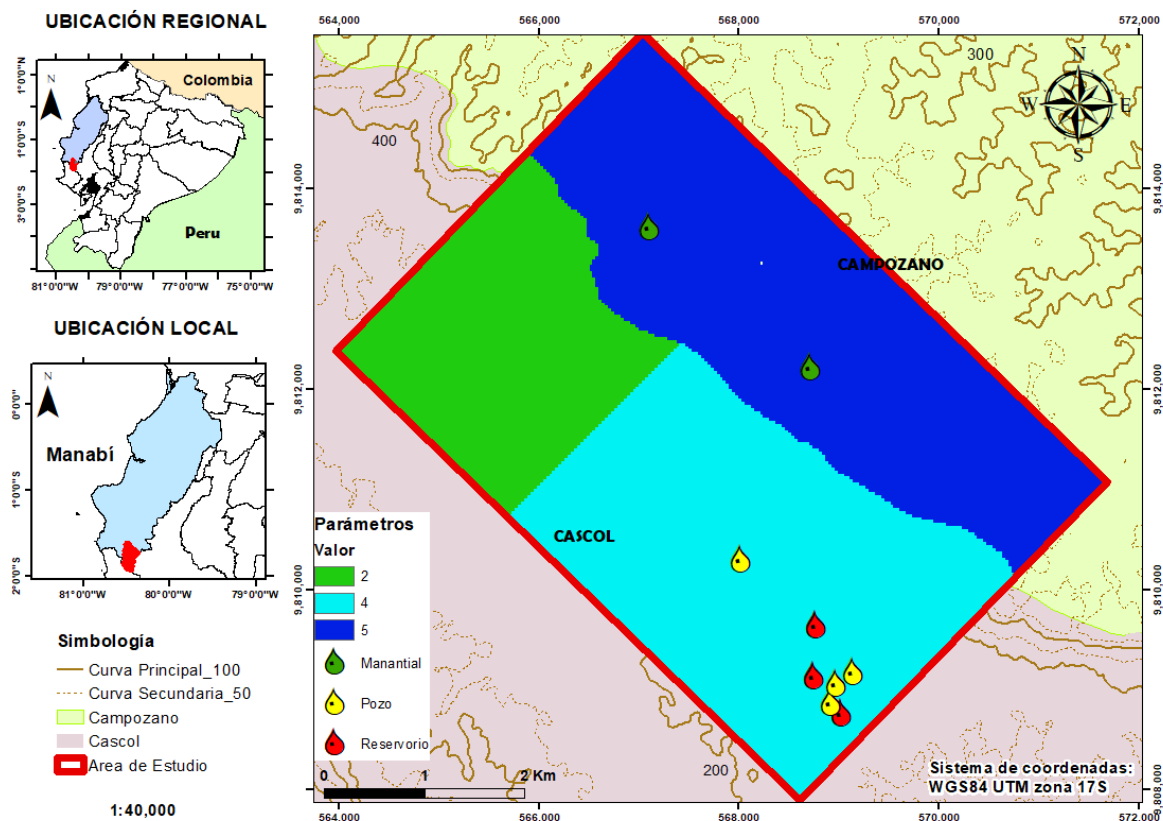


FIGURA 29. Mapa de parámetros físicos-químicos con valoración.

3.2.6 Mapa de Zonificación de Áreas con Potencial de Aguas Subterráneas.

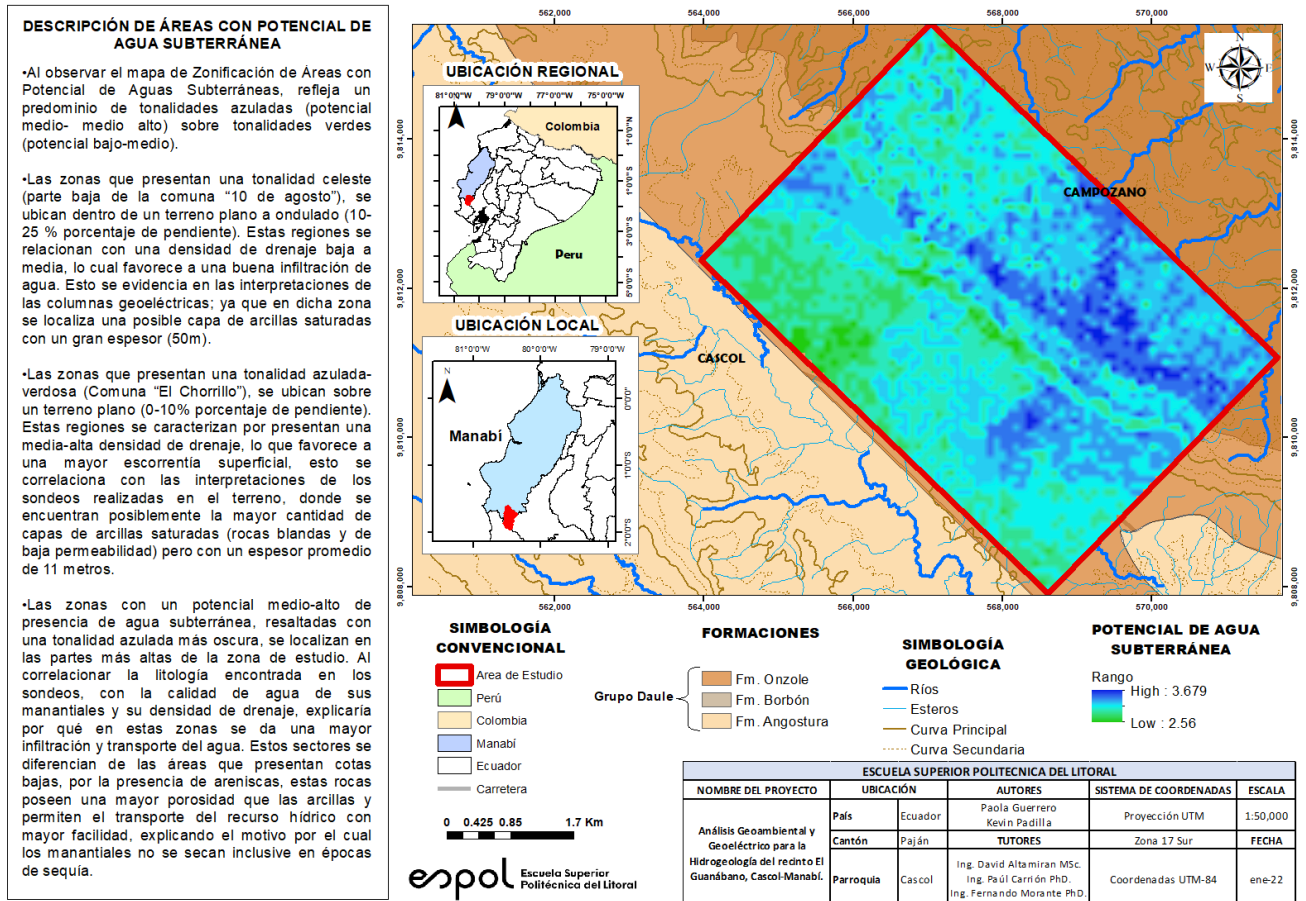


FIGURA 30. Mapa de Zonificación de Áreas con Potencial de Aguas Subterráneas.

- Al observar el mapa de Zonificación de Áreas con Potencial de Aguas Subterráneas, refleja un predominio de tonalidades azuladas (potencial medio-medio alto) sobre tonalidades verdes (potencial bajo-medio).
- Las zonas que presentan una tonalidad celeste (parte baja de la comuna "10 de agosto"), se ubican dentro de un terreno plano a ondulado (10-25 % porcentaje de pendiente). Estas regiones se relacionan con una densidad de drenaje baja a media, lo cual es indicativo de una zona de buena infiltración de agua. Esto se evidencia en las interpretaciones de las columnas geoeléctricas; ya que en dicha zona se localiza una posible capa de arcillas saturadas con un gran espesor (50m).

- Las zonas que presentan una tonalidad azulada-verdosa (Comuna “El Chorrillo”), se ubican sobre un terreno plano (0-10% porcentaje de pendiente). Estas regiones se caracterizan por presentar una media-alta densidad de drenaje, lo cual es indicativo de una mayor escorrentía superficial. La litología interpretada por medio de los sondeos y los datos recabados por medio de la exploración geológica determinan la presencia de areniscas. Esto se evidencia en los manantiales de San Alejo y 10 de agosto.
- Las zonas con un potencial medio-alto de presencia de agua subterránea, resaltadas con una tonalidad azulada más oscura, se localizan en las partes más altas de la zona de estudio. Estos sectores se diferencian de las áreas que presentan cotas bajas, por la presencia de areniscas, estas rocas poseen una mayor permeabilidad que las arcillas y permiten el transporte del recurso hídrico con mayor facilidad, explicando el motivo por el cual los manantiales no se secan inclusive en épocas de sequía.

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 19. Matriz causa y efecto sobre los impactos ambientales y sociales encontrados durante el desarrollo del proyecto.

HALLAZGOS	COMPONENTE	Impacto Identificado	VI										Característica	Significancia
			Naturaleza	Duración	Reversibilidad	Probabilidad	Intensidad	Extensión	Magnitud	Importancia	VI	Característica		
DESACUERDOS ENTRE COMUNEROS Y EMPRESAS PRIVADAS	Social	Privatización de pozos	-1	2	2	1	3	2	-9	5	-45	-B	Poco significativo	
	Social	Falta de comunicación y organización para la toma de decisiones	-1	1	2	1	3	2	-8	5	-40	-B	Poco significativo	
	Social	Falta de comité o Junta de agua en el recinto.	-1	1	2	1	3	2	-8	5	-40	-B	Poco significativo	

PERFORACIÓN DE POZOS SIN ESTUDIOS PREVIOS EN LA ZONA	Calidad de suelo	Perforación del subsuelo: generación de lodos y otros materiales.	-1	2	1	1	2	1	-6	3	-18	-A	No significativo
	Calidad de agua	Falta de monitoreo de parámetros físico-químicos del agua	-1	2	1	0.5	3	2	-4	3	-12	-A	No significativo
	Calidad de agua	Pozos sin presencia de agua o con poco contenido para abastecer al recinto	-1	2	1	0.5	3	1	-3.5	3	-10.5	-A	No significativo
	calidad de agua	Gestión para la recarga de fuentes de agua	1	2	2	0.1	3	2	0.9	6	5.4	+A	No significativo
	Ruido Ambiente	Mal uso de bombas para succionar el agua	-1	1	1	1	3	1	-6	3	-18	-A	No significativo
	Calidad del suelo	Contaminación por residuos inorgánicos	-1	2	2	0.5	2	1	-3.5	3	-10.5	-A	No significativo
CONSUMO DE AGUA CON DETERMINADO GRADO DE SALINIDAD	Calidad del agua	Falta de monitoreo de parámetros físico-químicos del agua	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo
	Salud	Afectación de la salud a largo plazo	-1	1	2	1	2	2	-7	6	-42	-C	Medianamente significativo
	Fauna	Alteración de la fauna	-1	2	2	1	2	2	-8	6	-48	-C	Medianamente significativo
	Flora	Alteración de la flora	-1	2	2	1	2	2	-8	6	-48	-C	Medianamente significativo
VERTEDERO DE RESIDUOS SOLIDOS	Calidad del agua	Generación o presencia de aguas residuales	-1	2	2	1	3	1	-8	3	-24	-B	Poco significativo
	Calidad del agua	Falta de monitoreo de parámetros físico-químicos del agua	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo
	calidad de suelo	Afectación a la calidad del suelo	-1	2	1	1	1	2	-6	5	-30	-B	Poco significativo
	Calidad de agua	Eutrofización	-1	2	2	0.1	2	2	-0.8	5	-4	-A	No significativo
	Fauna	Alteración de la fauna	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo
	Flora	Alteración de la flora	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo
	Calidad del suelo	Contaminación por residuos inorgánicos	-1	1	1	1	3	1	-6	3	-18	-A	No significativo
ACTIVIDADES ANTRÓPICAS : Agricultura, ganadería, elaboración	Calidad del suelo	Degradación de los suelos	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo
	Calidad de agua	Uso inadecuado de las aguas de riego o	-1	2	2	1	3	2	-9	9	-81	-E	Muy significativo

artesanal de carbón		consumo excesivo de agua												
	Calidad de agua	Contaminación de ríos	-1	2	2	1	3	2	-9	7	-63	-D	Significativo	
	Calidad del aire	Generación de gases de efecto invernadero (CO2)	-1	2	2	1	3	2	-9	9	-81	-E	Muy significativo	
	Calidad del suelo	Erosión y sedimentación	-1	2	2	1	3	2	-9	9	-81	-E	Muy significativo	
	Calidad del suelo	Salinización y sodificación del suelo	-1	2	1	1	3	2	-8	6	-48	-C	Medianamente significativo	
	Calidad del suelo	Generación de fertilizantes orgánicos	1	2	1	1	3	2	8	6	48	-C	Medianamente significativo	
	Calidad del suelo	Residuos por elaboración del carbón vegetal	-1	1	1	1	3	2	-7	3	-21	-B	Poco significativo	
	Ecosistema	Contaminación del aire	-1	1	1	1	2	2	-6	8	-48	-C	Medianamente significativo	
	Empleo	Generación de empleo	1	2	1	1	3	3	9	9	81	+E	Muy significativo	
	Energía	Consumo de energía	-1	2	1	1	3	2	-8	6	-48	-C	Medianamente significativo	
	Fauna	Alteración de la fauna	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo	
	Flora	Alteración de la flora	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo	
	Flora	Sobrepastoreo excesivo	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo	
	Flora	Plantación de sembríos y cultivo	1	2	1	1	3	2	8	9	72	+D	Significativo	
	Flora	Deforestación	-1	2	2	1	3	2	-9	6	-54	-C	Medianamente significativo	
	Flora	Deterioro del paisaje	-1	2	2	1	2	2	-8	9	-72	-D	Significativo	
	Maquinaria o herramientas	Uso de maquinarias, equipos y herramientas agrícolas	-1	1	1	1	2	2	-6	1	-6	-A	No significativo	

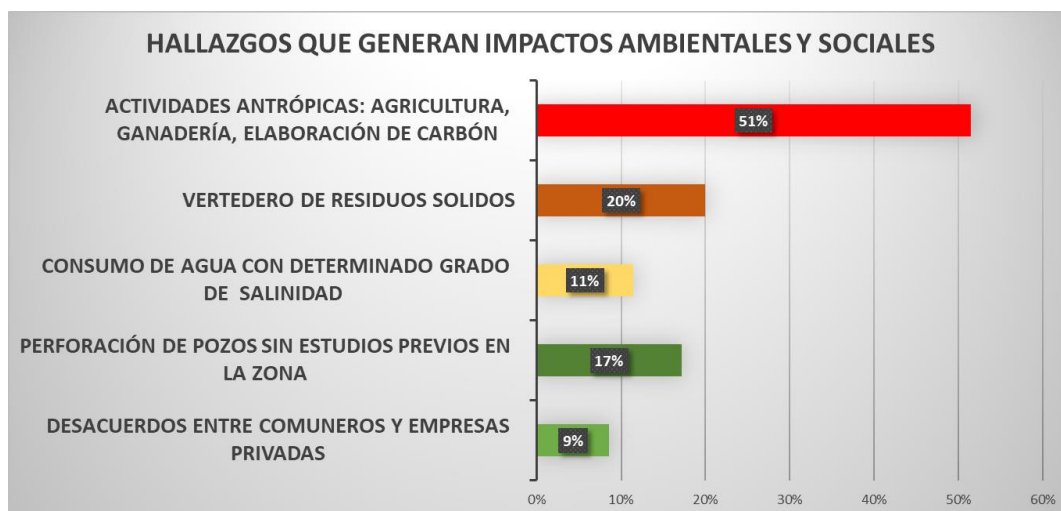


FIGURA 31. Actividades que generan impactos ambientales y sociales en el área de estudio.

Durante el proceso de evaluación de impactos en el área de estudio se determinaron los componentes (social, calidad de agua, entre otros) afectados por las distintas actividades que desarrolla la población. Estas actividades se encuentran en la matriz causa y efecto (Ver Tabla 19). Los desacuerdos entre comuneros y empresas privadas afectan la parte social, a través de tres impactos: Privatización de pozos, Falta de comunicación y organización para la toma de decisiones y falta de comité o junta de agua en el recinto.

En relación con la mala gestión de pozos, afectó la calidad del suelo y del agua, debido a la generación de lodos y otros materiales; presencia de agua con salinidad; pozos sin presencia de agua o con poco contenido para abastecer al recinto; uso de bombas para succionar el agua y contaminación por residuos inorgánicos, ya que los habitantes botan basura alrededor.

Por otra parte, está el consumo de agua con determinado grado de salinidad, generando efectos sobre la salud, la flora y fauna. También se encontró un vertedero de residuos sólidos, el cual genera aguas residuales, eutrofización, altera la calidad del suelo, la flora y fauna. Finalmente se tomaron en consideración las actividades antrópicas como agricultura, ganadería, elaboración artesanal de carbón; las cuales impactaron en la calidad del suelo, agua, aire, ecosistema, empleo, energía, flora, fauna, maquinaria o herramientas.

En total se generan 30 posibles impactos de los cuales 4 son positivos y 31 negativos. El análisis refleja que la mayoría de los impactos origina afectación negativa (Ver Figura 31), con mediana significancia, siendo ACTIVIDADES ANTRÓPICAS: Agricultura, ganadería, elaboración artesanal de carbón, la actividad que representa mayor afectación sobre los aspectos, calidad del aire y calidad del agua y calidad del suelo. El vertedero de residuos sólidos es el segundo hallazgo de impacto negativo con poca y mediana significancia. Por último, la mala gestión de pozos representa una afectación de carácter negativa con poca significancia, en gran parte porque su importancia es de forma puntual y de duración permanente.

LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA Y AMBIENTE

A continuación, se detallan 5 principios que responden al fortalecimiento de la gestión ambiental y promueven el enfoque de la gestión integral de los recursos hídricos.

- Incentivar la participación y colaboración de entidades locales, privadas y públicas como universidades o empresas para el desarrollo de proyectos, artículos o tesis dentro del recinto “El Guanábano” que permitan una gestión sostenible del agua y ambiente.
- Implementar medidas para reducir el desperdicio del recurso hídrico a través de prácticas de uso y conservación relacionadas con la siembra y cosecha del agua, con la finalidad de regular y controlar el aprovechamiento del líquido vital.
- Regular la recarga de los recursos hídricos como manantiales, reservorios y pozos, mediante la aplicación de normativas o planes de monitoreo que garanticen su efectiva protección y conservación.
- Promover planes o programas de educación y sensibilización sobre el manejo de desechos sólidos e inorgánicos, estableciendo prácticas productivas que reduzcan la contaminación, especialmente en actividades como agricultura y ganadería.
- Promover la creación de comités o juntas de agua que estimulen la participación de las comunidades locales, fomentando mecanismos de comunicación y coordinación.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- A través de los datos topográficos (Imagen Alos Palsar y Ortofotos) se obtuvo la variación de los porcentajes de pendiente determinando que gran parte del área de estudio presenta morfología que va desde lo plano a colinado-ondulado y con una densidad drenaje que varía entre los 0.004- 5.7 km/km². Además, el reconocimiento geológico permitió identificar la presencia de areniscas con ciertos niveles calcáreos (contenido de fósiles) en el sector de “10 de agosto” pertenecientes a la Formación Borbón. Así como intercalaciones de arcillas laminadas y arcillas arenosas con limolitas en extensas áreas del sector “El Chorrillo” correspondientes a la Formación Ónzole.
- La interpretación de los Sondeos Eléctricos Verticales permitió asociar la litología aparente del subsuelo y su respectiva permeabilidad con la densidad de drenaje del área de estudio. Las zonas de la comuna “El Chorrillo” y parte baja de la comuna “10 de agosto” presentan un predominio de arcillas y limolitas hasta una profundidad aproximada de 60 m. La densidad de drenaje es media a baja asociada a una infiltración de agua moderada. Además, en la mayoría de los sondeos realizados en estos sectores poseen capas de arcillas saturadas. Estas capas por su litología presentan poca permeabilidad, pero pueden almacenar agua. Por tal motivo estas áreas pueden ser catalogadas como una posible zona de acuicludos.
- Se registró los valores de los parámetros físicos-químicos de 3 manantiales, 4 pozos y 2 reservorios que componen las fuentes hídricas del Recinto “El Guanábano”. Los valores de salinidad varían entre los 0.2 para los manantiales, 0.6 para los pozos y reservorios; los cuales presentan un alto valor de sólidos disueltos (TDS). Este registro servirá como base para un control continuo y una gestión óptima de los recursos hídricos de la zona.

- El análisis y correlación de los criterios geológicos, topográficos, densidad de drenaje, resistividad del subsuelo y parámetros físicos-químicos del agua presente en la zona de estudio, permitieron delimitar áreas que presentan un potencial de aguas subterráneas con rangos que varían entre los 2.56 a 3.68. Estos valores representan en la escala de valoración de Potencial de aguas subterráneas, áreas de bajo-medio a medio-alto potencial de almacenamiento.
- Dentro del proceso de evaluación geoambiental, la implementación de la matriz causa y efecto permitió identificar que las actividades que generan mayor impacto de carácter negativo son las actividades antrópicas como agricultura, ganadería, elaboración artesanal de carbón.
- En la comuna “El Chorrillo”, con un potencial medio, presenta capas de arcillas saturadas con un promedio de 15 m de espesor y una alta densidad de drenaje (mayor escorrentía superficial). Por lo cual, es viable considerar el estudio y construcción de tapes o albarradas para suplir la demanda del sector.
- La comuna de “10 de agosto” en sus partes media-altas, presenta condiciones óptimas para alojar agua en el subsuelo, su litología está asociada a una buena permeabilidad, destaca una baja densidad de drenaje lo que indica una mayor infiltración, así como la localización de la posible capa de arcilla saturada con el mayor espesor (50m) encontrado en la zona.

4.2 Recomendaciones

- Ejecutar un reconocimiento geológico e inventario de nuevos recursos hídricos, centrado en las partes que no se pudieron recabar una cantidad considerable de datos (San Alejo) debido a la accesibilidad del terreno. Esto permitirá determinar nuevas zonas de interés geofísico obteniendo datos que sirvan para una correlación más completa de la información obtenida en el presente estudio.
- Ejecutar en la comuna el lineamiento en el cual se promueva la participación de entidades públicas y privadas para el desarrollo de proyectos en el sector. Así como la aplicación de normativas que ayuden a preservar sus recursos hídricos

(manantiales, pozos y reservorios) de la mano del trabajo y organización de las comunidades locales.

- Efectuar campañas de prospección geoelectrica en las partes altas de la comuna de "10 de agosto" para determinar una mayor densidad de capas de interés hídrico (capas saturadas). Debido a que, en estas zonas, se registra un potencial de aguas subterráneas medio alto y la presencia de manantiales con una buena calidad de agua.
- Llevar a cabo campañas de sísmica de reflexión en las comunas de "10 de agosto" y "San Alejo" para obtener un mapeo más profundo de las capas permitiendo obtener una mejor caracterización del subsuelo.
- Realizar ensayos de suelos en puntos estratégicos para determinar algún tipo de contaminación que se origine por las actividades realizadas en el sector, así como el movimiento o flujo subterráneo y la determinación del coeficiente de permeabilidad que permitirá conocer la tasa de filtración de agua, criterio importante para la determinación zonas que presenten aguas subterráneas. Además, la toma de niveles estáticos y dinámicos de los pozos presentes en la zona, permitirá tener mayor información sobre la variación del nivel freático.
- Realizar un análisis geoquímico del agua de los manantiales, pozos y reservorios para determinar qué tipo de elemento influye en la variación de la salinidad del líquido vital en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Apolo, B. H., & Loor Flores de Valgas, M. C. (2020). *Modelo numérico de flujo y transporte de un acuífero costero, basado en la importancia hidráulica del diseño de un dique (tape) y su incidencia en la calidad del agua. Manglaralto–Ecuador. Modelo numérico de flujo y transporte de un acuífero costero, basad.* 117.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2014). *APROVECHAMIENTO DEL AGUA.* 1–43.
- Boori, M. S., Choudhary, K., & Kupriyanov, A. (2019). Mapping of Groundwater Potential Zone Based on Remote Sensing and GIS Techniques: A Case Study of Kalmykia, Russia. *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*, 28(1), 36–49. <https://doi.org/10.3103/S1060992X1901003X>
- Bravo-Jiménez, D. A. (2017). *Estudio gravimétrico de la transversal central de la cordillera de los Andes, con fines de evaluación tectónica y profundidad cortical del basamento. Tramo Manta-Quevedo-La Maná, cuenca de Manabí.* 52.
- Briones, J., Carrión, P., Mora, D., Morante, F., Toalombo, M., & Berrezueta, E. (2020). Groundwater exploration for a sustainable supply plan in a rural community: Case cadeate, Santa Elena, Ecuador | Exploración de aguas subterráneas para un plan de abastecimiento sostenible en una comunidad rural: Caso cadeate, santa elena, Ecuador. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 294. <https://doi.org/10.18687/laccei2020.1.1.294>
- Cárdenas Castillero, G., Kuráž, M., & Rahim, A. (2021). Review of Global Interest and Developments in the Research on Aquifer Recharge and Climate Change: A Bibliometric Approach. *Water*, 13(21), 3001. <https://doi.org/10.3390/w13213001>
- Chacón, D. (2018). *GEOLOGÍA DEL CUATERNARIO DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO Y SU ZONA DE INFLUENCIA (ESCALA 1:20000).* <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726%250Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>
- Coria, I. (2008). *EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS Y METODOLOGÍAS.*
- Costales, G. (2018). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS SOFTWARE DE PRUEBA AGISOFT PHOTOSCAN Y PIX4D PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS OBTENIDOS CON FOTOGRAMETRÍA DE VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO*

- (UAV) DE BAJO COSTO APLICADO A PROYECTOS DE MEDIO AMBIENTE. ECOSAMBITO C. LTDA. (2018). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX-ANTE Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL - MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA NOBOL DE FUNDAMETZ S.A.*
- Feijoo Calle, E. P., & Padrón Suarez, J. C. (2020). La resistividad de rocas y su relación con la resistencia a compresión simple en mina. *Universidad Del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería En Minas*, 24, 61–67.
- García, L. (2011). *Estudios Para el Control erosión que circundan en la zona urbana de la ciuda de Jipijapa.*
- Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Aguilar-Aguilar, M., Morante-Carballo, F., Jaya-Montalvo, M., & Morillo-Balsera, M. C. (2020). Groundwater resilience assessment in a communal coastal aquifer system. The case of manglaralto in Santa Elena, Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/su12198290>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. (1969). 57.- *Hoja geológica Paján - escala 1 100.000.pdf.*
- Jegat, H., & Cardillo, J. (2018). *Filtros a considerar en la interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales 1D en casos de alto contraste de resistividades . Aplicaciones en la Contaminación de Acuíferos. November.*
- Kurniawan, A., & World, H. (1995). Basic Ip2 Win Basic Ip2 Win Tutorial. *Hydrogeology World*, 32.
- Laínez, G. (2009). *RELEVAMIENTO Y CORRELACIÓN GEOLÓGICA DEL SECTOR ORIENTAL DEL PUERTO DE MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ, ECUADOR.*
- Lasagna, M., Mancini, S., & De Luca, D. A. (2019). Aquifer protection from overexploitation: Example of actions and mitigation activities used in the Maggiore Valley (Asti Province, NW Italy). *Geingegneria Ambientale e Mineraria*, 156(1), 30–38.
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3), 348–360. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052019000300348>
- Montalván, F. (2008). Caracterización Geoeléctrica del Acuífero de la Cuenca del Río Olón para Propuesta de Plan de Explotación. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 21(1), 31–38. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/135>
- Núñez Chávez, W. J. (2018). *El derecho fundamental al agua dentro del marco del servicio público de agua potable en el Ecuador.* 89.

- Nuñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador. Facultad De Ingeniería En Ciencias De La Tierra De La Escuela Superior Politécnica Del Litoral*, 249.
- Pierre, P., Leiva, I., & Cruz, R. (1982). Memoria técnica: mapa hidrogeológico del Ecuador. *Pronareg*, 36.
- Plaza, E. (2019). *Actualización Del Plan De Desarrollo Ordenamiento Territorial De La Parroquia Rural Selva Alegre Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Selva Alegre*. 1–243.
- Polania, M. C. (2017). *Caracterización Geofísica Usando Prospección Geoeléctrica En Los Cerros Orientales De La Ciudad De Bogotá*. 1.
- Ramírez, M. (2013). *Registros de la Deformación y del Volcanismo en el dominio del antearco ecuatoriano: Sedimentología y Bioestratigrafía de la Formación Borbón*.
- Ramiro-camacho, A. (2017). *Métodos geofísicos en entornos naturales protegidos . Tomografía eléctrica*. 128(1), 171–192. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.128.1.010>
- Reyes, P., & Michaud, F. (2012). *Mapa Geológico de la Margen Costera Ecuatoriana. Quito: EP Petroecuador, Institute de Recherche pour Développement*. (p. 1).
- Río-santana, O. Del. (2019). *Levantamientos Topográficos con Drones*. 15–19. <http://revistacid.itslerdo.edu.mx/coninci2019/CID012.pdf>
- Shukla, S. M. (2014). Spatial Analysis for Groundwater Potential Zones using GIS and Remote Sensing in the Tons Basin of Allahabad District, Uttar Pradesh, (India). *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section A - Physical Sciences*, 84(4), 587–593. <https://doi.org/10.1007/s40010-014-0157-1>
- Solorzano, J. (2019). *Consideraciones para el pre-diseño de las condiciones geotécnicas de seguridad mediante la evaluación geomecánica y estabilidad de taludes en el sector del Hospital Humberto Molina, Zaruma-Ecuador*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Valencia, J. (2017). *ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO MANGLARALTO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SUS SISTEMAS ACUÍFEROS*. 1–221.
- Van Melle, J., Vilema, W., Faure-Brac, B., Ordoñez, M., Lapierre, H., Jimenez, N., Jaillard, E., & Garcia, M. (2008). Pre-collision evolution of the Piñón oceanic terrane of SW Ecuador: Stratigraphy and geochemistry of the “Calentura Formation.” *Bulletin de La Societe Geologique de France*, 179(5), 433–443. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.179.5.433>
- Villalva, C. (2017). *CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA SUBCUENCA*

CANTAGALLO-JIPIJAPA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2287>

WMO, W. M. O., & UNESCO, U. N. E. and S. O. (1998). International Glossary of Hydrology. In *IHP/OHP-Berichte* (Issue 12). http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf

WWAP. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. No dejar a nadie atrás. In *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura* (p. 215). <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>


Zambrano, L. (2011). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial, Parroquia rural de Guale - Cantón Paján - Provincia de Manabí.*

APÉNDICES

APÉNDICE A


Reconocimiento de campo y levantamiento Geológico

Tabla 1. Estación geológica 3.

Estación #3		
Coordenadas		X 569318
		Y 9809155
		Z 153
Parámetros	Características	Foto
<i>Características del suelo</i>	Suelo arcilloso	
<i>Estructura Geológica</i>	Pequeño afloramiento con una potencia estimada de 6 m sin variación de litología (depósito de arcillas).	
<i>Presencia de Agua</i>	Manantial ubicado en las cercanías del cauce un estero.	
<i>Cobertura vegetal</i>	Existe poca cobertura vegetal al nivel del manantial, pero su parte superior la cobertura vegetal es abundante.	


Observaciones: Se presenta un afloramiento pequeño a un lado de un sendero con un espesor de 6 m. El manantial presenta una profundidad aproximada de 4 m, se utiliza una bomba eléctrica para poder suministrar agua a las demás familias. El material que se logra ver en superficie presenta características de un suelo arcilloso.

Tabla 2. Estación geológica 4.

Estación #4			
Coordenadas		X	567107
		Y	9813627
		Z	283
Parámetros	Características	Foto	
<i>Características del suelo</i>	Suelo arcilloso		
<i>Estructura Geológica</i>	Pequeño afloramiento con una potencia estimada de 10 m sin variación de litología.		
<i>Presencia de Agua</i>	Manantial ubicado en las cercanías del cauce un estero.		
<i>Cobertura vegetal</i>	Existe cobertura vegetal abundante		

Observaciones: Se presenta un afloramiento pequeño a un lado de un sendero con un espesor de 10 m, la litología del afloramiento es de una limolita. El manantial presenta una profundidad aproximada de 6 m, se utilizan bombas eléctricas para poder suministrar agua a las demás familias. El material que se logra ver en superficie presenta características de un suelo arcilloso.

Tabla 320. Estación geológica 5.

Estación #5			
Coordenadas		X	568721
		Y	9812226
		Z	390
Parámetros	Características	<i>Foto</i>	
<i>Características del suelo</i>	Suelo arcilloso		
<i>Estructura Geológica</i>	Durante el trayecto hacia este punto se presenta afloramiento.		
<i>Presencia de Agua</i>	Manantial ubicado en las cercanías del cauce un estero.		
<i>Cobertura vegetal</i>	Existe una cobertura vegetal abundante		

Observaciones: Se presenta un afloramiento en el trayecto hacia el manantial, el manantial presenta una profundidad aproximada de 12 m en las cercanías de este se lograron apreciar areniscas, se utilizan bombas eléctricas para poder suministrar agua a las demás familias. El material que se logra ver en superficie presenta características de un suelo arcilloso.

Además, a lo largo del ascenso del trayecto se presentaban ciertas areniscas con presencia de fósiles y en superficie se lograban apreciar un suelo arcilloso.

APÉNDICE B

Resultados y Análisis de resultados

Prospección Geofísica

SEV-03

En la tabla 4 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 66.7 m, su primera capa tiene un espesor de 0.5 m y registra una resistividad de 31.8 Ωm ; esto se podría asociar a un suelo arcilloso-arenoso. En la segunda capa a una profundidad de 4.45 m se registra una resistividad de 16.5 Ωm , el cual puede interpretarse como arcillas arenosas. En la tercera capa se presenta una disminución grande de la resistividad con un valor de 7.26 Ωm , el cual puede interpretarse como arcillas laminadas. En la cuarta capa se registra nuevamente una disminución de la resistividad con respecto a la capa anterior, el valor registrado es de 4.45 Ωm , asociadas posiblemente a arcillas saturadas. En la quinta capa se registra un aumento de la resistividad a un valor de 7.91 Ωm , esto puede interpretarse nuevamente como una capa de arcillas laminadas. A una profundidad mayor de 66.7 m se detecta una resistividad de 43.1 Ωm , que representa posiblemente a limolitas por su alto valor.

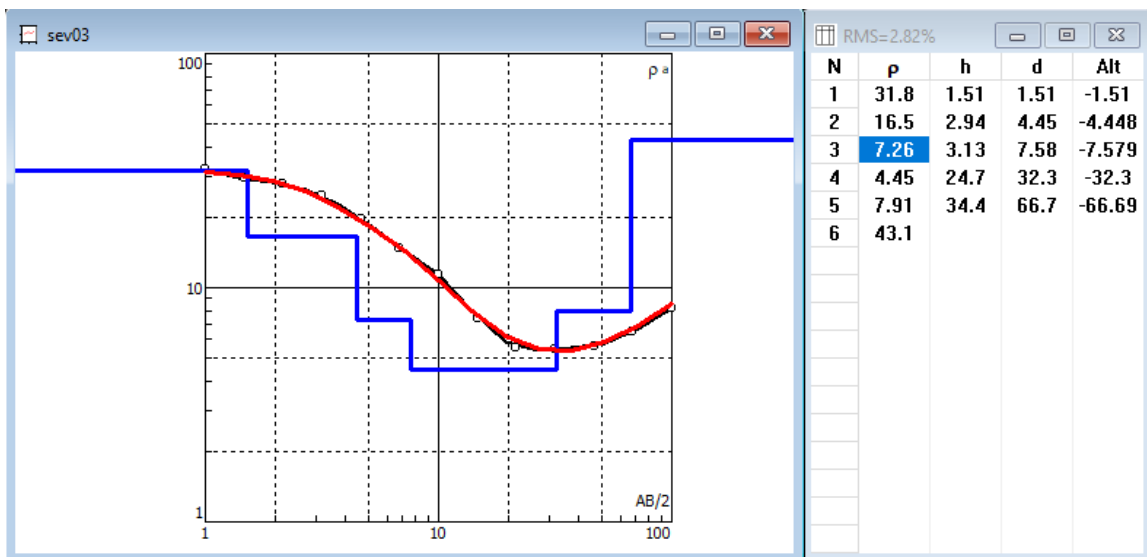


FIGURA 1. Curva de resistividad – SEV 03

Tabla 4. Interpretación de la columna geoléctrica del SEV-03.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Suelo arcilloso-arenoso	1.51	1.51	31.8
2	Arcillas arenosas	2.94	4.45	16.5
3	Arcillas laminadas	3.13	7.58	7.26
4	Arcillas saturadas	24.7	32.3	4.45
5	Arcillas laminadas	34.4	66.7	7.91
6	Limolitas			43.1

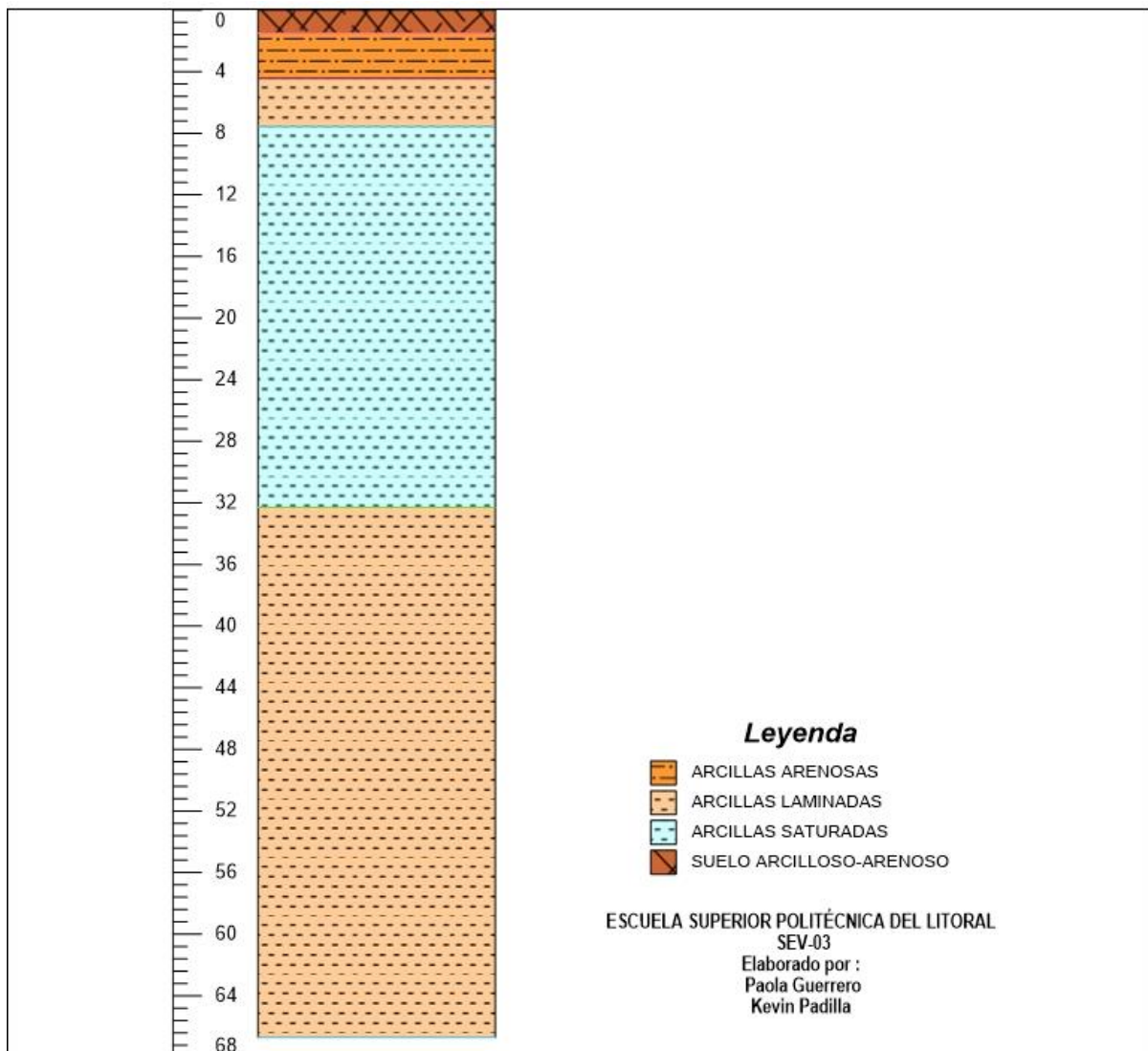


FIGURA 2. Columna Estratigráfica del SEV-03.

SEV-04

En la tabla 5 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 63.6 m, en donde la primera capa con un espesor de 0.746 m registra una resistividad de 30.2 Ωm ; esto se asocia a un suelo arcilloso-arenoso debido que se trata de un material no tan compacto. En la segunda capa se registra un valor de 14.5 Ωm , que se relaciona con una capa de arcillas arenosas. En la tercera capa a una profundidad de 11.9 m, presenta un valor de 3.45 Ωm , relacionado con una posible capa de arcillas saturadas. En la cuarta capa se registra un valor de 10.4 Ωm , asociados posiblemente con arcillas laminadas. En la quinta capa a una profundidad de 63.6 m se detecta una resistividad de 27.9 Ωm , esto se puede relacionar con arcillas arenosas. A partir de profundidades mayores a los 63.6 m se registra un valor de resistividad altos de 67.1 Ωm , que representa una posible capa de limolitas.

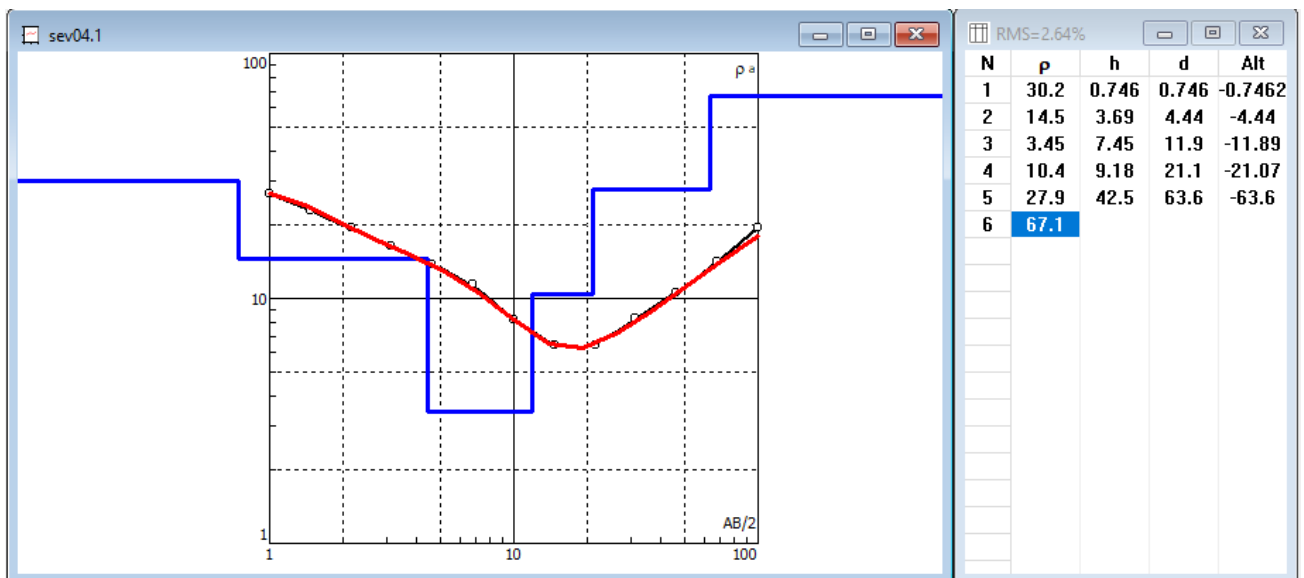


FIGURA 3. Curva de resistividad – SEV 04.

Tabla 5. Interpretación de la columna geoléctrica del SEV-04.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Suelo arcilloso-arenoso	0.746	0.746	30.2
2	Arcillas arenosas	3.69	4.44	14.5
3	Arcillas saturadas	7.45	11.9	3.45
4	Arcillas laminadas	9.18	21.1	10.4
5	Arcillas arenosas	42.5	63.6	27.9
6	Limolitas			67.1

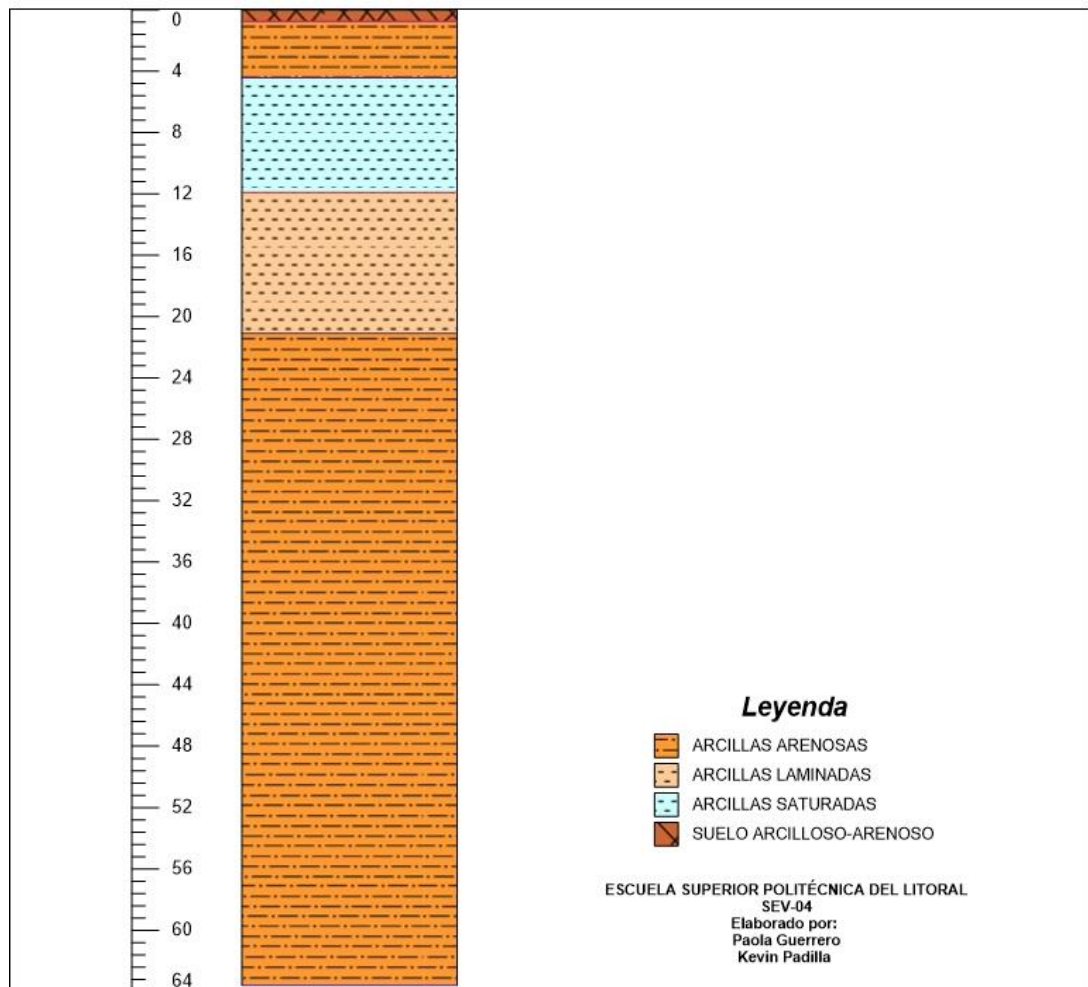


FIGURA 4. Columna Estratigráfica del SEV-04.

SEV-05

En la tabla 6 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 32.1 m, en donde la primera capa con un espesor de 1.41 m registra una resistividad de 37.6 Ωm , esto se asocia a un suelo arcilloso-arenoso poco compactado que refleja un valor medio de resistividad. En la segunda capa a una profundidad de 5.73 m se registra una resistividad de 12.9 Ωm , asociadas a una posible capa de arcillas arenosas. En la tercera capa se presenta una disminución de la resistividad con un valor registrado de 6.27 Ωm , relacionadas tentativamente a arcillas laminadas. A una profundidad mayor de 32.1 m se registra una resistividad de 3.4 Ωm , que representa tentativamente a una capa de arcillas saturadas.

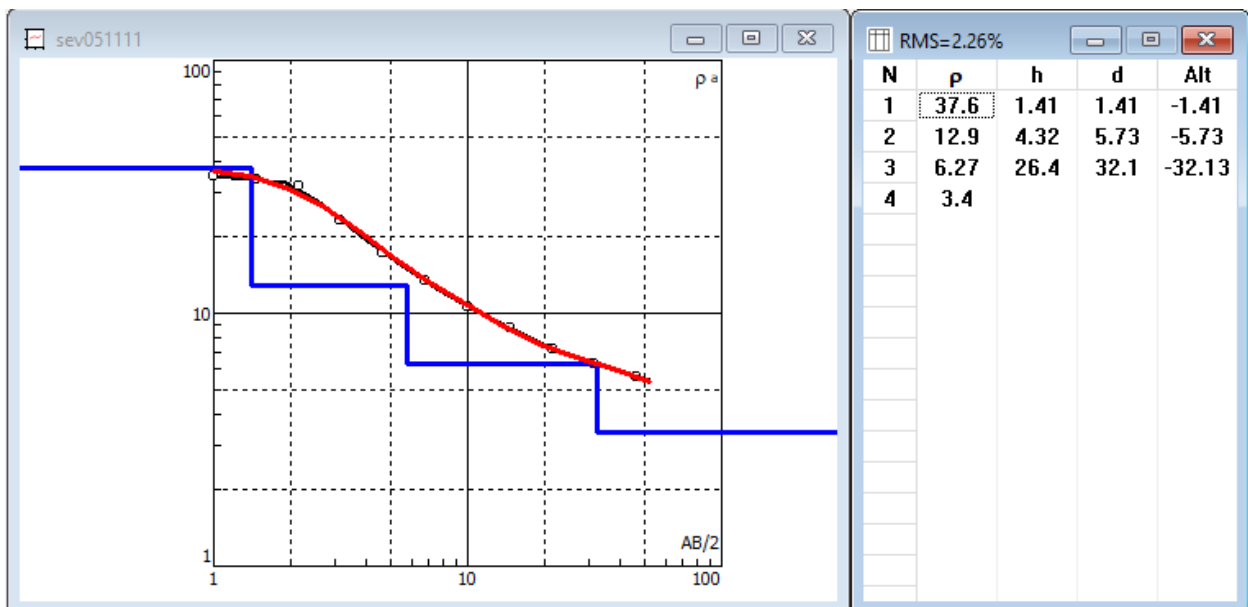


FIGURA 5. Curva de resistividad – SEV 05.

Tabla 6. Interpretación de la columna geolétrica del SEV-05.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Suelo arcilloso	1.41	1.41	37.6
2	Arcillas arenosas	4.32	5.73	12.9
3	Arcillas laminadas	26.4	32.2	6.27
4	Arcillas saturadas			3.4

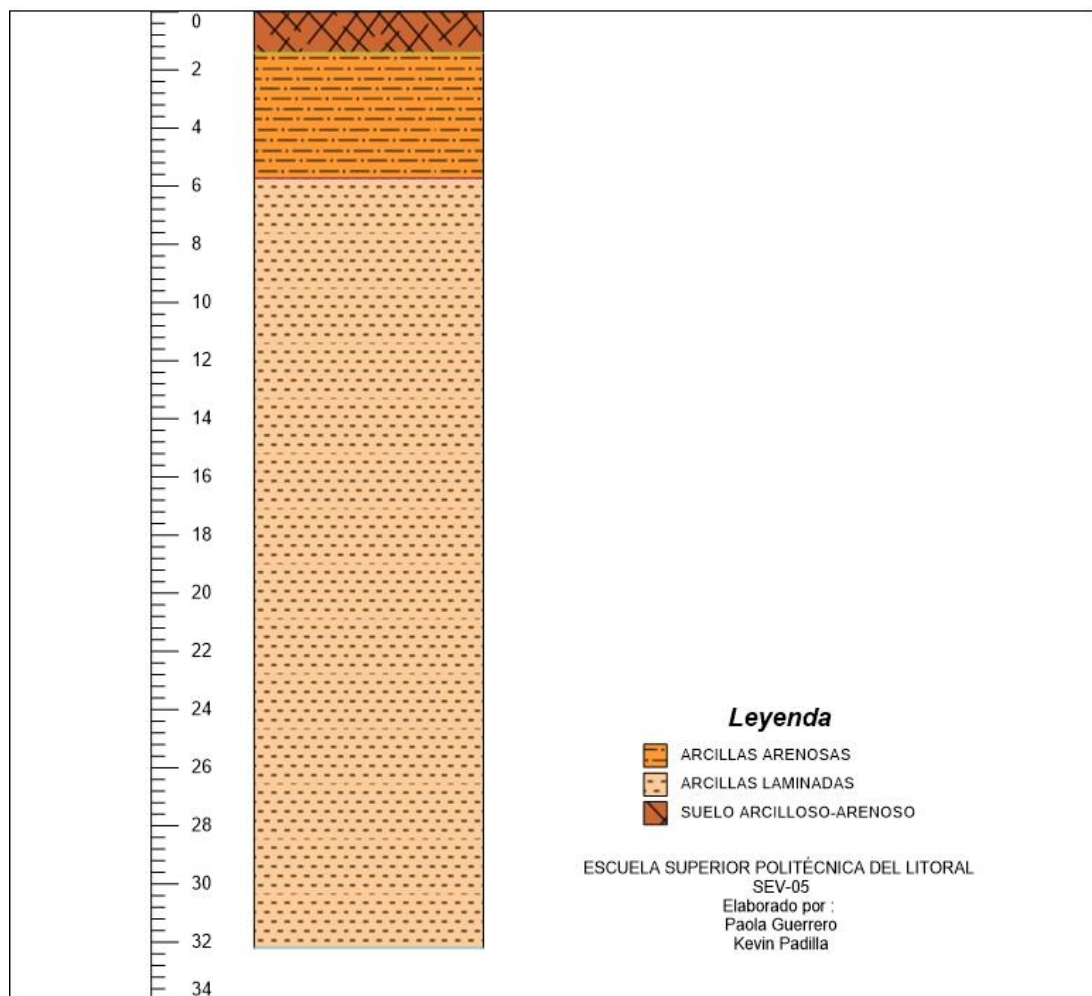


FIGURA 6. Columna Estratigráfica del SEV-05.

SEV-06

En la tabla 7 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 66.7 m, en donde la primera capa con un espesor de 1.71 m registra una resistividad de 30.5 Ω m, esto se asocia a un suelo arcilloso-arenoso, debido a que es un material muy poco compacto. En la segunda capa se registra un valor de 22.1 Ω m, asociado posiblemente a una capa de arcillas arenosas. En la tercera capa se registra un valor de 10.2 Ω m, a una profundidad de 8.68 m que se pueden interpretar como arcillas laminadas. En la cuarta capa se presenta una gran disminución de la resistividad con respecto a las capas anteriores con un valor de 3.82 Ω m, interpretadas como arcillas saturadas. En la quinta capa se presenta un aumento de la resistividad con un valor de 8.85 Ω m, dicho valor puede ser interpretado como arcillas laminadas. A una profundidad mayor de 66.7 m se registra el valor de 53.5 Ω m, que representa posiblemente una capa de limolitas.

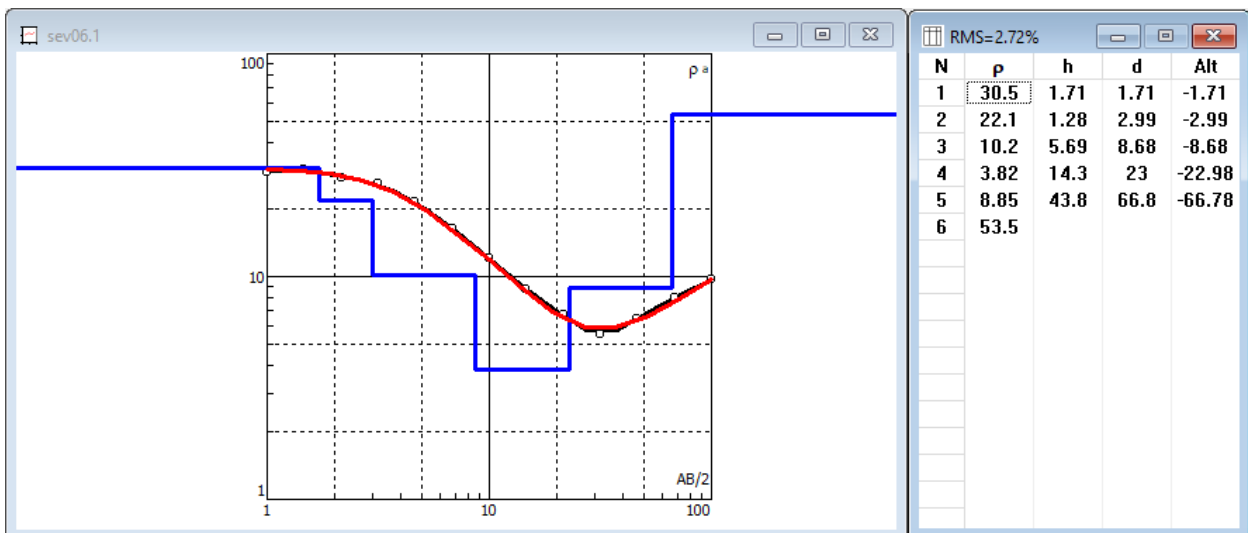


FIGURA 7. Curva de resistividad – SEV 06.

Tabla 7. Interpretación de la columna geoléctrica del SEV-06.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Suelo arcilloso	1.71	1.71	30.5
2	Arcillas arenosas	1.28	2.99	22.1
3	Arcillas laminadas	5.69	8.68	10.2
4	Arcillas saturadas	14.3	22.9	3.82
5	Arcillas laminadas	43.8	66.7	8.85
6	Limolitas			53.5

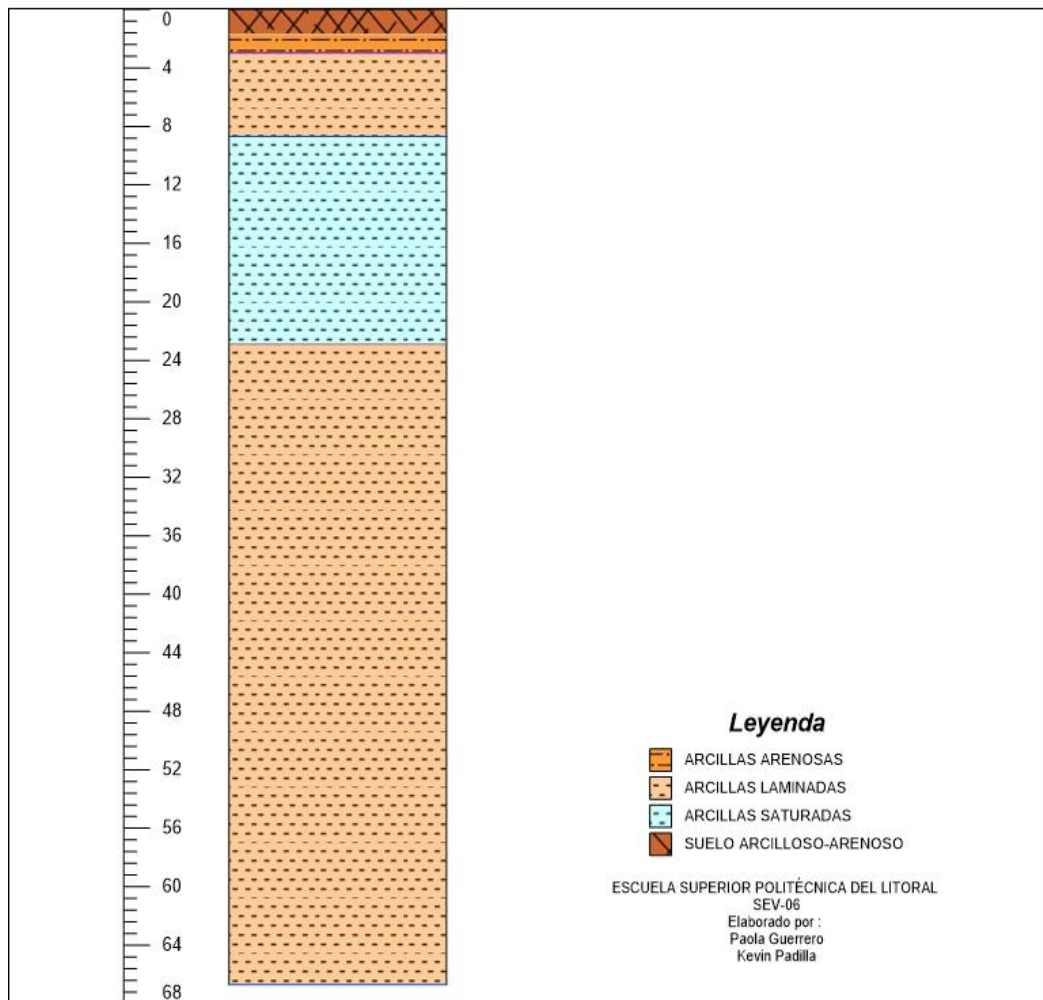


FIGURA 8. Columna Estratigráfica del SEV-06.

SEV-07

En la tabla 8 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 33.7 m, su primera capa tiene un espesor de 1.01 m y registra una resistividad de 19.6 Ωm , esto se asocia a una capa de arcillas arenosas. En la segunda capa se registra un valor de 10.3 Ωm , que se relacionan con arcillas laminadas. En la tercera capa a una profundidad de 19.4 m se registra una resistividad de 4.29 Ωm , relacionadas posiblemente con una capa de arcillas saturadas. En una cuarta capa se registra un aumento en el valor de la resistividad a 8.48 Ωm , esto se puede interpretar como arcillas laminadas. A una profundidad mayor de 33.7 m se registra el valor de 49.2 Ωm , que representa posiblemente a limolitas.

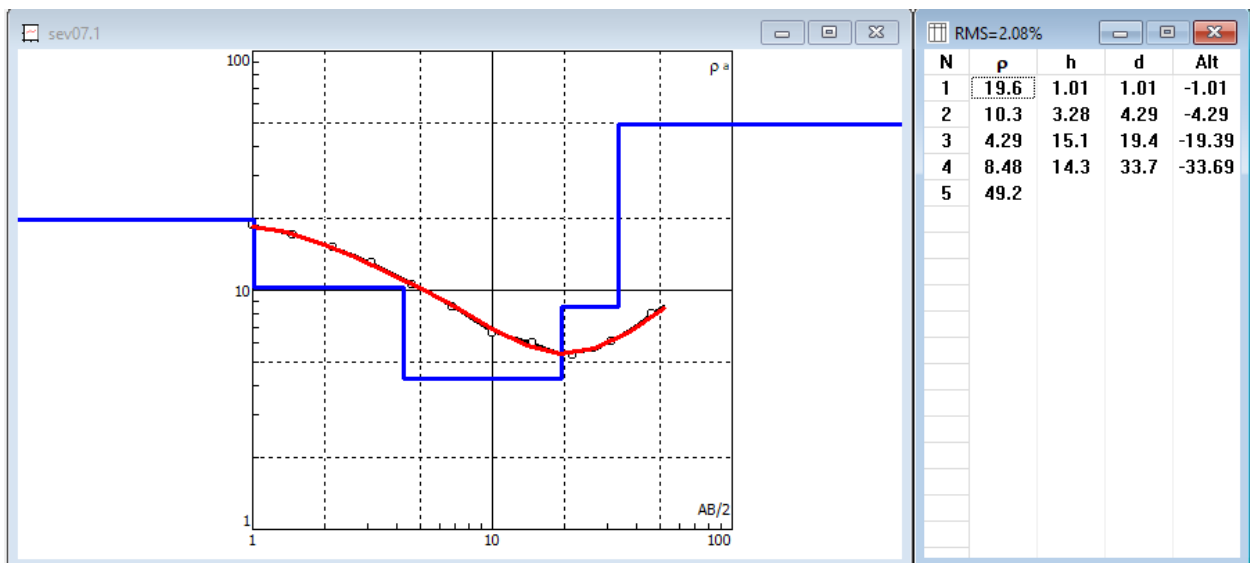


FIGURA 9. Curva de resistividad – SEV 07.

Tabla 8. Interpretación de la columna geológica del SEV-07.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Arcillas arenosas	1.01	1.01	19.6
2	Arcillas laminadas	3.28	4.29	10.3
3	Arcillas saturadas	15.1	19.4	4.29
4	Arcillas laminadas	14.3	33.7	8.48
5	Limolitas			49.2

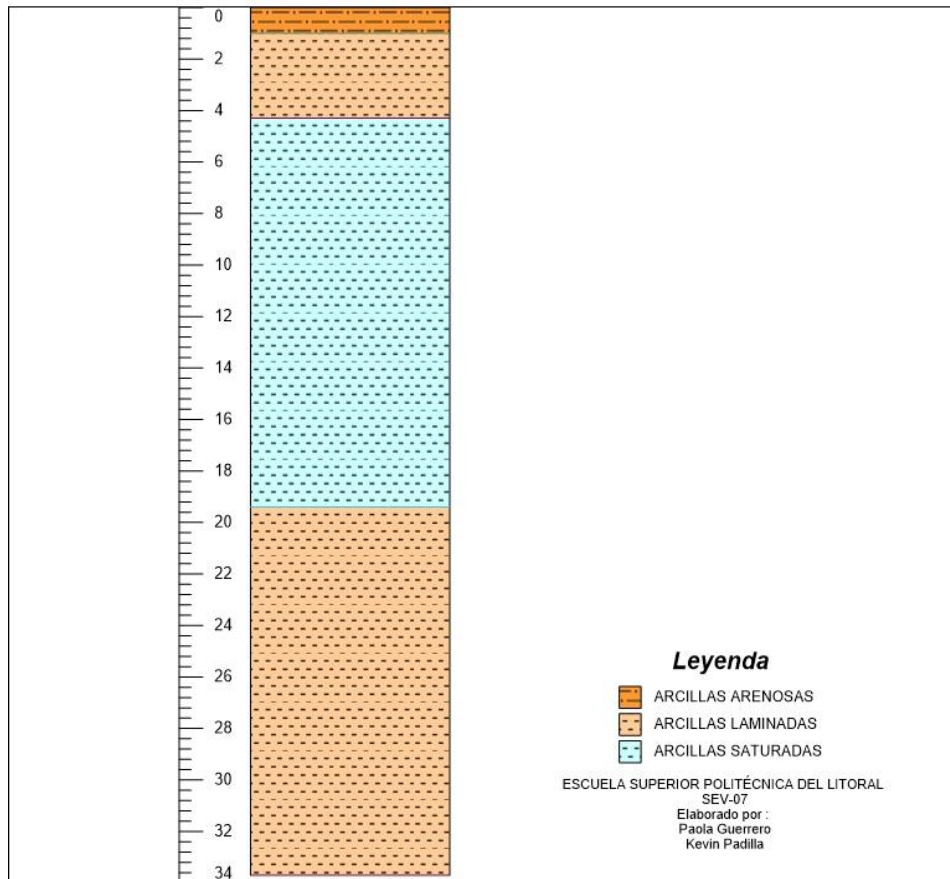


FIGURA 10. Columna Estratigráfica del SEV-07.

SEV-08

En la tabla 9 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 63.8 m, su primera capa tiene un espesor de 0.663 m y registra una resistividad de 8.82 Ω m, esto se asocia a arcillas laminares. En la segunda capa se registra un valor de 23 Ω m, asociados a arcillas arenosas. En la tercera capa se registra una disminución de la resistividad con un valor de 10.8 Ω m, a una profundidad de 8.42 m y se asocian estos valores a arcillas laminares. En la cuarta capa con un valor de 29.8 Ω m, se pueden interpretar como arcillas arenosas con una profundidad de 63.8 m. A profundidades mayores de 63.8 m se registra una resistividad alta con un valor de 47.3 Ω m, asociadas posiblemente a areniscas.

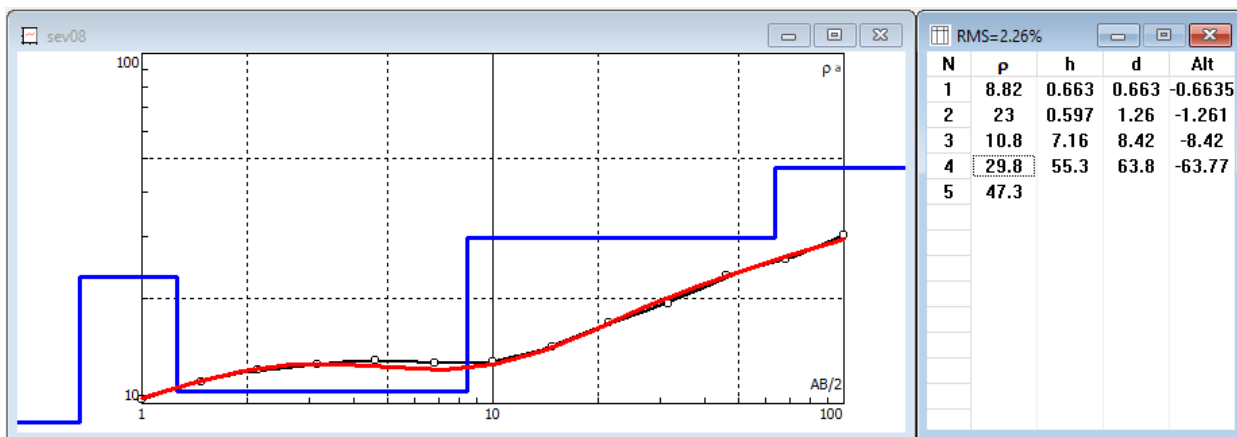


FIGURA 11. Curva de resistividad – SEV 08.

Tabla 9. Interpretación de la columna geológica del SEV-08.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Arcillas laminadas	0.663	0.663	8.82
2	Arcillas arenosas	0.597	1.26	23
3	Arcillas laminadas	7.16	8.42	10.8
4	Arcillas arenosas	55.3	63.8	29.8
5	Areniscas			47.3

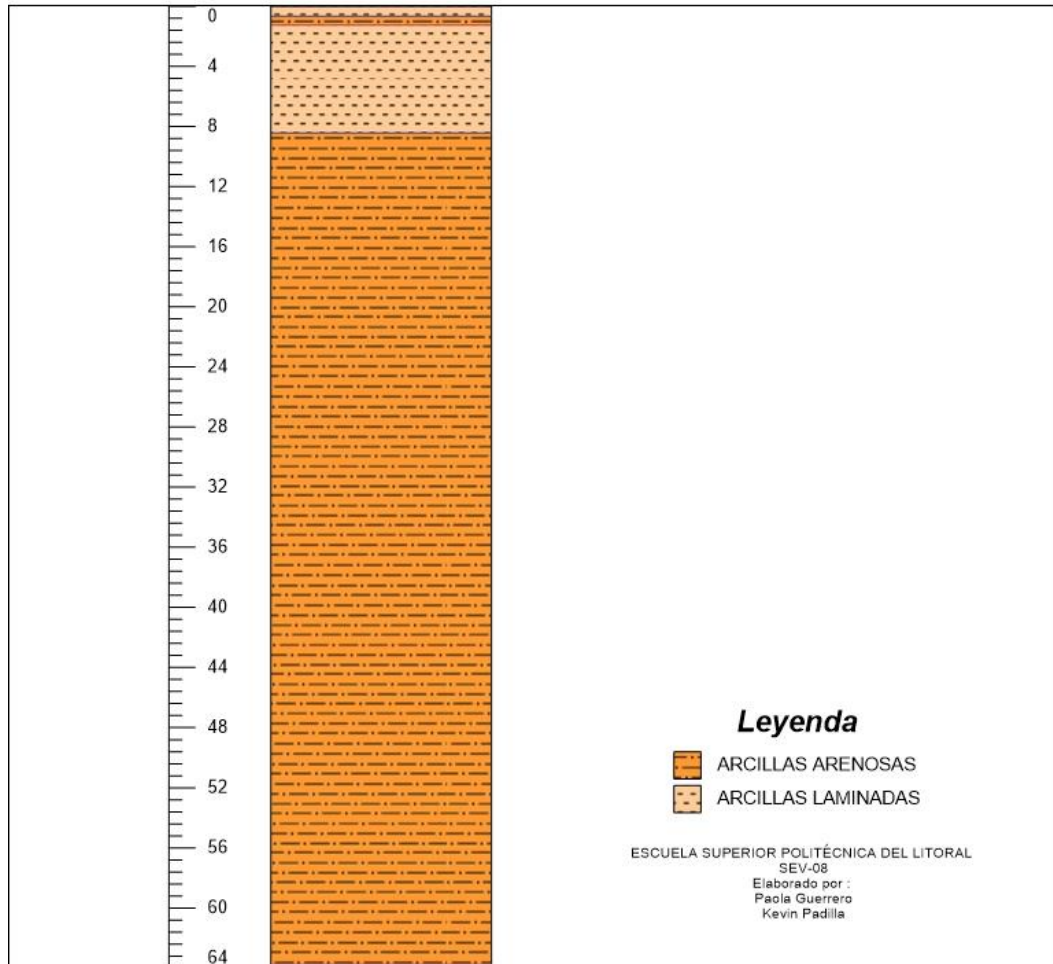


FIGURA 12. Columna Estratigráfica del SEV-08.

SEV-09

En la tabla 10 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 61.2 m, la primera capa posee un espesor de 0.5 m registra una resistividad de 11.5 Ω m, esto se asocia a un suelo arcilloso. En la segunda capa se registra un valor de 8.46 Ω m, asociados posiblemente a una capa de arcillas laminares. En la tercera capa a una profundidad de 12 m se registra un valor de resistividad de 12.5 Ω m, que pueden ser interpretados como arcillas arenosas. En la cuarta capa se registra una disminución de la resistividad a un valor de 4.87 Ω m, se relaciona con una capa de arcillas saturadas. En la quinta capa a una profundidad de 61.2 m se registra un valor de 17.9 Ω m, asociados a arcillas arenosas. A profundidades mayores a los 61.2 m se registran un valor de resistividad con 8.88 Ω m, esto posiblemente represente una capa de arcillas laminares.

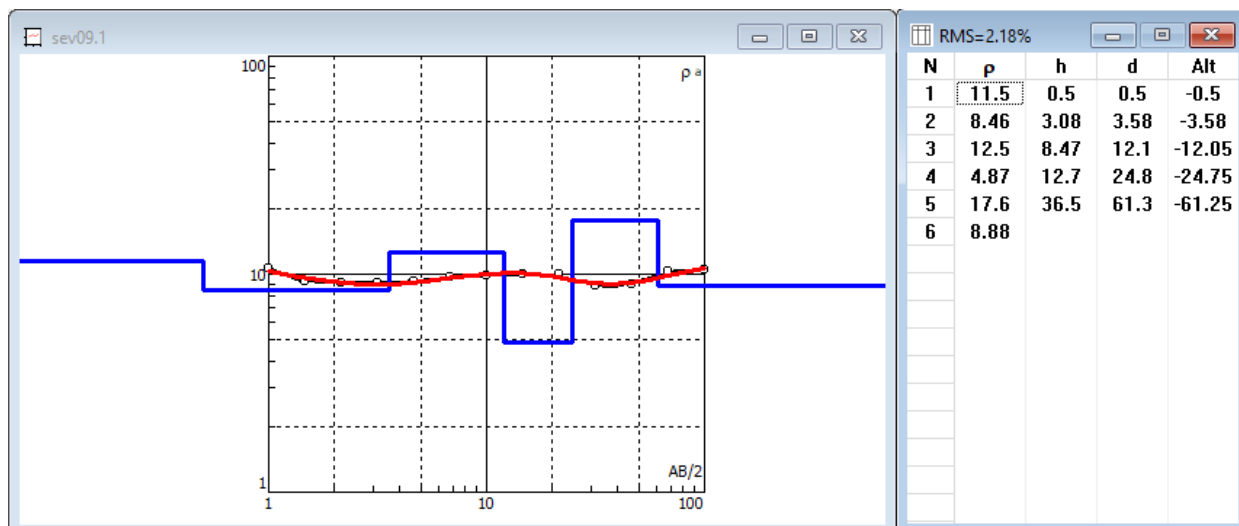


FIGURA 13. Curva de resistividad – SEV 09.

Tabla 10. Interpretación de la columna geoléctrica del SEV-09.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Suelo arcilloso	0.5	0.5	11.5
2	Arcillas laminadas	3.08	3.58	8.46
3	Arcillas arenosas	8.47	12	12.5
4	Arcillas saturadas	12.7	24.7	4.87
5	Arcillas arenosas	36.5	61.2	17.6
6	Arcillas laminadas			8.88

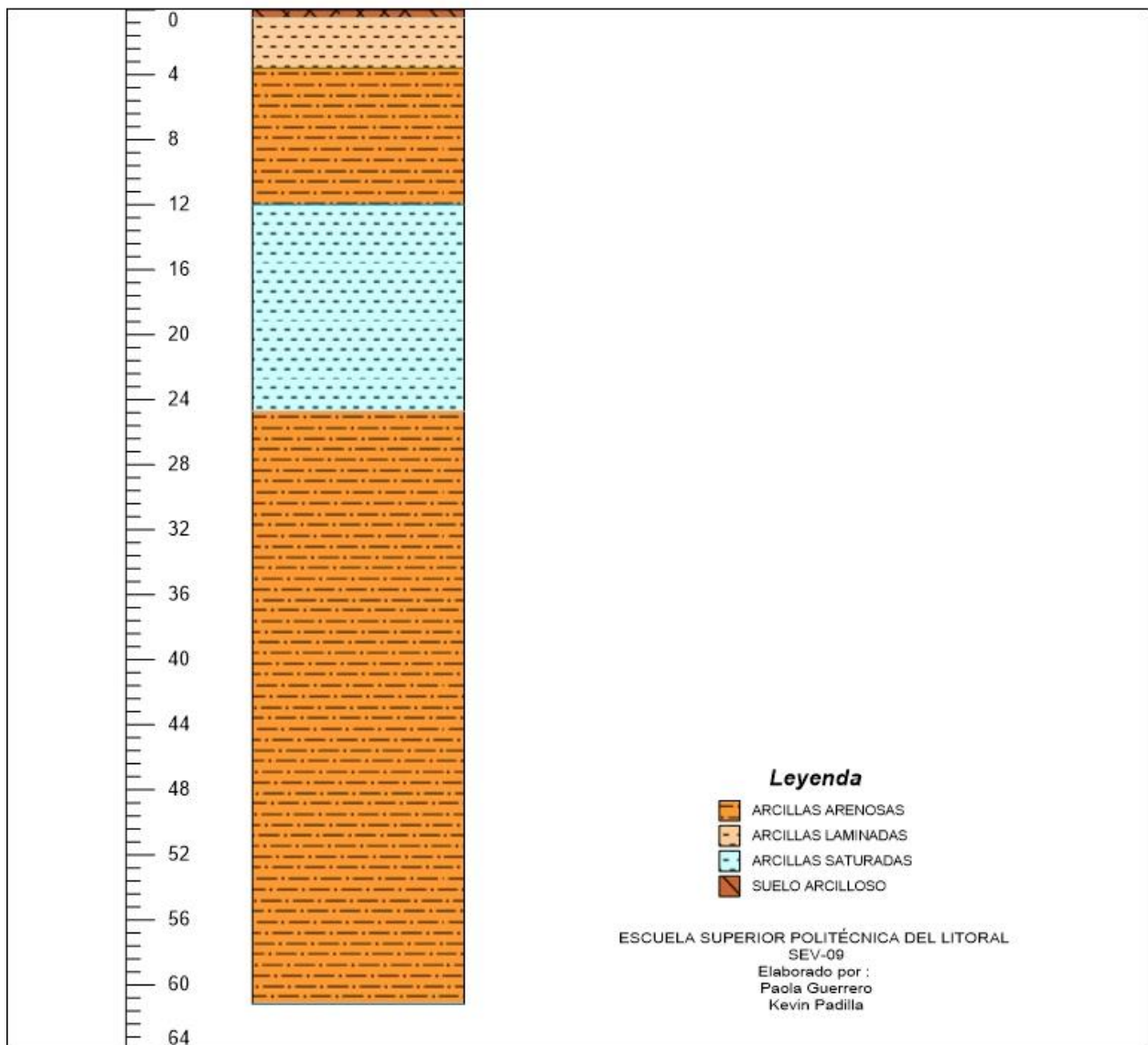


FIGURA 14. Columna Estratigráfica del SEV-09.

SEV-10

En la tabla 11 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 46.9 m. En donde la primera capa con un espesor de 0.5 m registra una resistividad de 15.6 Ωm , esto se asocia a un suelo arcilloso. En la segunda capa con una resistividad de 5.87 Ωm y a una profundidad aproximada de 1.09 m, se pueden interpretar como arcillas laminares. En la tercera capa a una profundidad de 6.38 m y con una resistividad de 16.6 Ωm , se relacionan estos valores con arcillas arenosa. En la cuarta capa con una resistividad más bajas que las anteriores con un valor de 4.78 Ωm y a una profundidad

de 15.7 m, puede asociarse a una capa de arcillas saturadas. A partir de profundidades mayores a los 46.9 m se registra un valor de resistividad de 9.06 Ωm , asociado con arcillas laminadas.

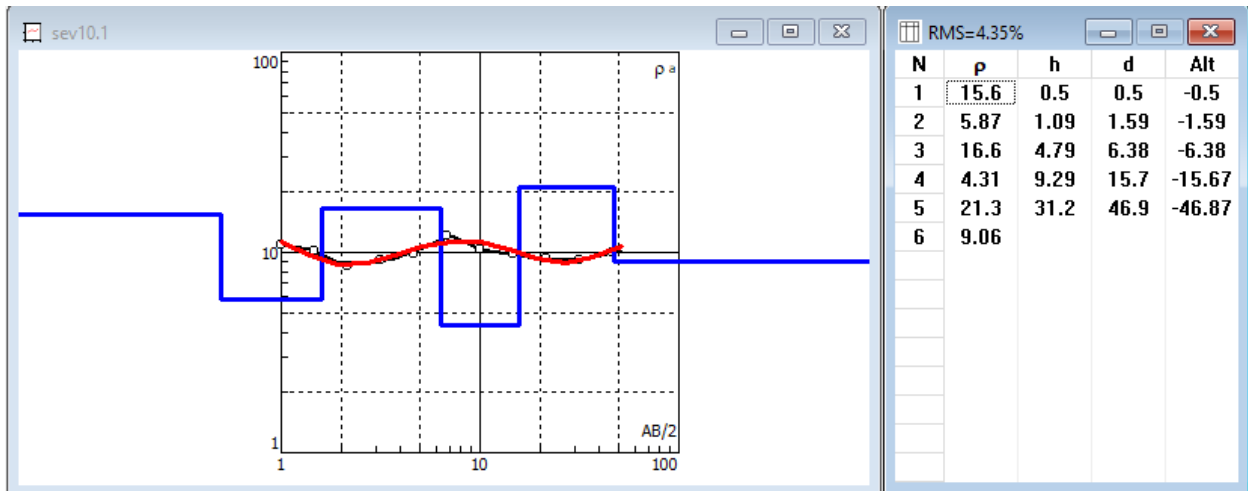


FIGURA 15. Curva de resistividad – SEV 10.

Tabla 11. Interpretación de la columna geolétrica del SEV-10.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Suelo arcilloso	0.5	0.5	15.6
2	Arcillas laminadas	1.09	1.59	5.87
3	Arcillas arenosas	4.79	6.38	16.6
4	Arcillas saturadas	9.29	15.7	4.31
5	Arcillas arenosas	31.2	46.9	21.3
6	Arcillas laminadas			9.06

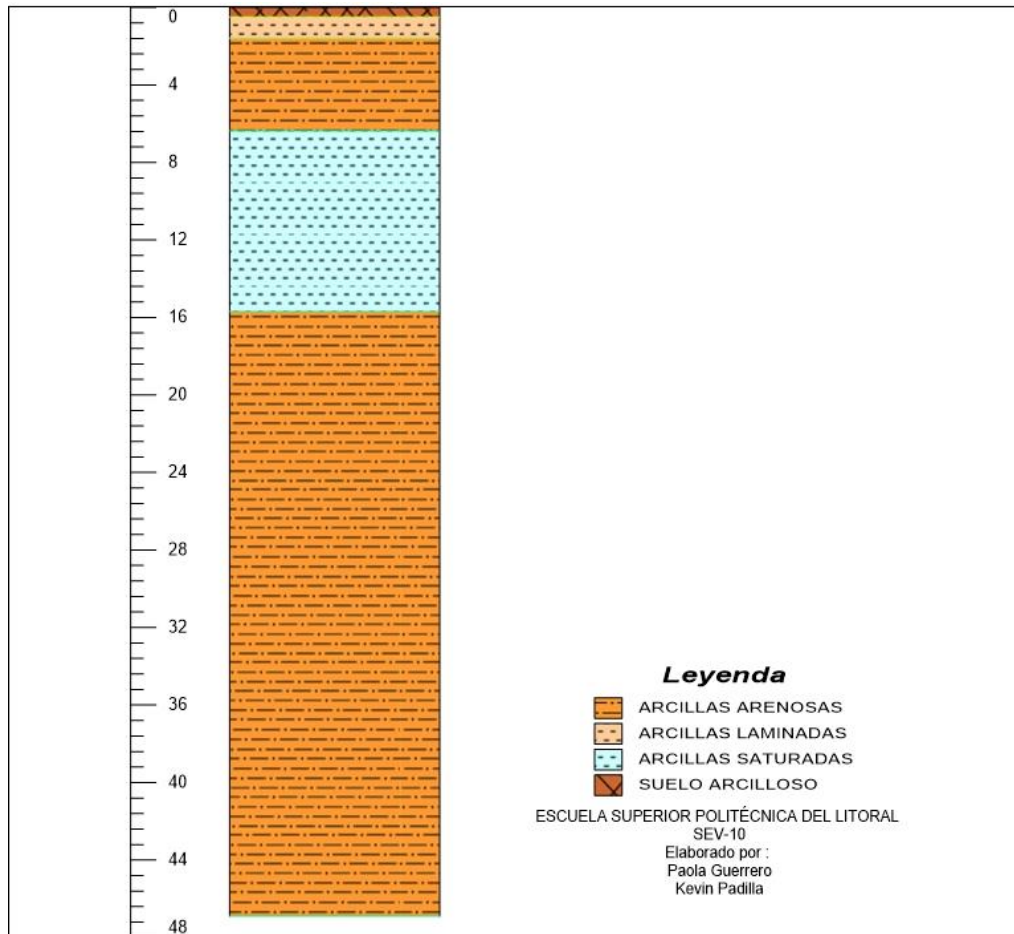


FIGURA 16. Columna Estratigráfica del SEV-10.

SEV-11

En la tabla 11 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 76.2 m, en donde la primera capa con un espesor de 4.22 m registra una resistividad de 24.5 Ωm ; esto se asocia a arcillas arenosas. En la segunda capa a una profundidad de 20.4 m, se registra una menor resistividad de 10.7 Ωm , relacionados con arcillas laminadas. En la tercera capa se registra nuevamente una disminución de la resistividad a un valor de 3.37 Ωm , representando una posible capa de arcillas saturadas. A una profundidad mayor a los 76.2 m se registra un valor de 6.21 Ωm , este valor se puede asociar a arcillas laminadas.

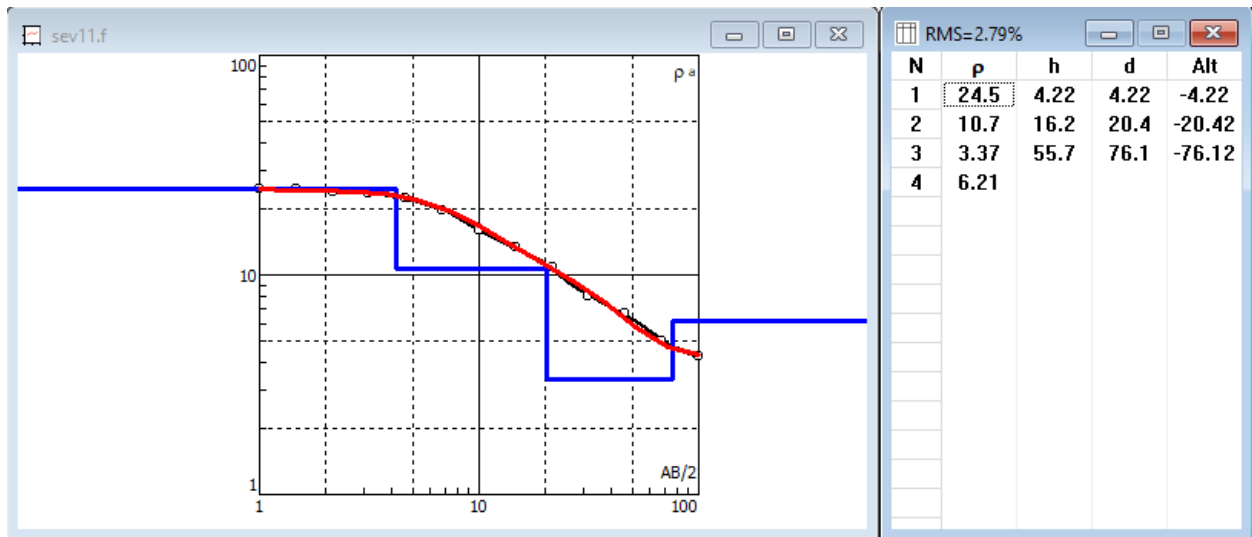


FIGURA 17. Curva de resistividad – SEV 11.

Tabla 12. Interpretación de la columna geolétrica del SEV-11.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Arcillas arenosas	4.22	4.22	24.5
2	Arcillas laminadas	16.2	20.4	10.7
3	Arcillas saturadas	55.7	76.2	3.37
4	Arcillas laminadas			6.21

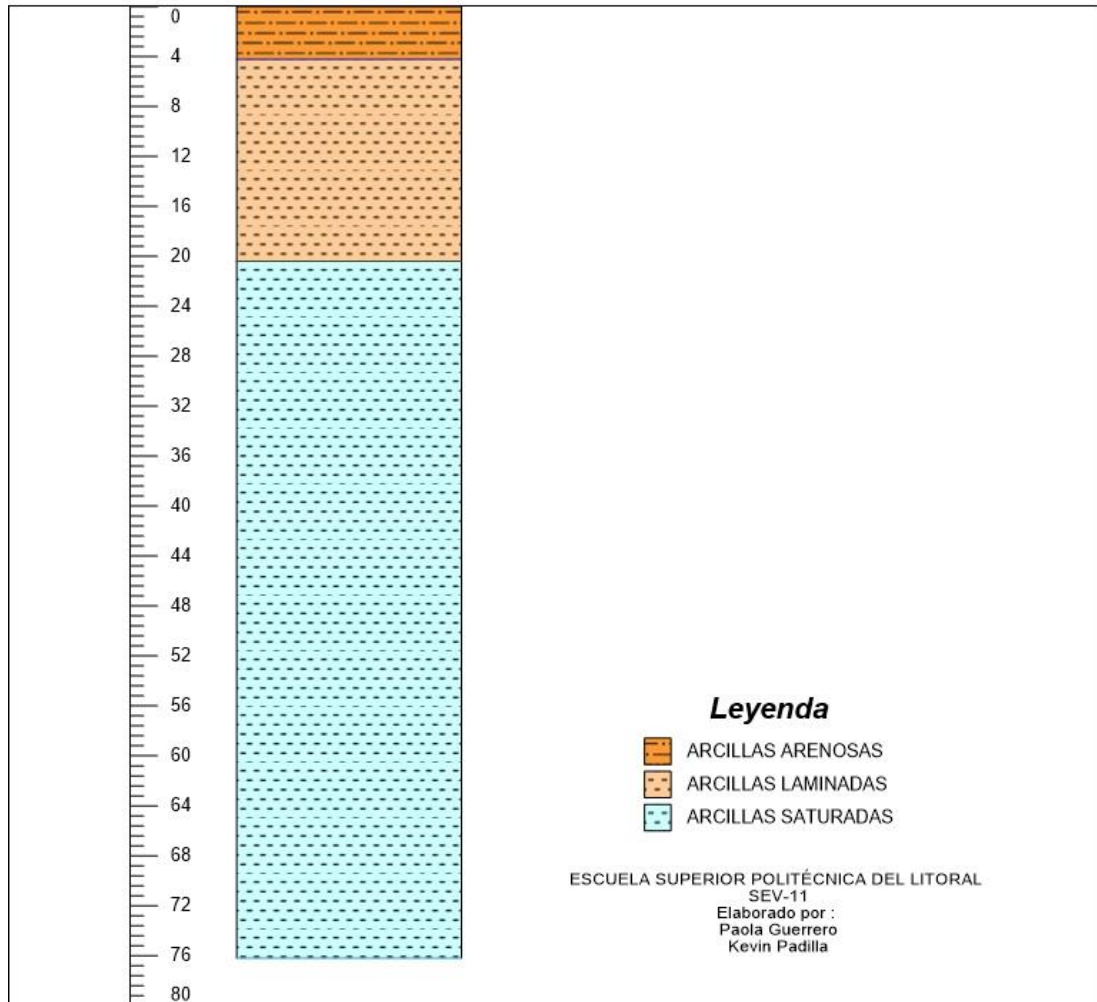


FIGURA 18. Columna Estratigráfica del SEV-11.

SEV-12

En la tabla 13 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 34.1 m, en donde la primera capa con un espesor de 0.5 m registra una resistividad de 56.9 Ω m; esta resistividad alta se asocia a un suelo arcilloso-arenoso, el cual es un material poco consolidado lo cual no permite el paso continuo de la electricidad. En la segunda capa con una profundidad de 4.62 m se registra un valor de resistividad de 22.5 Ω m, asociadas posiblemente a arcillas arenosas. En la tercera capa se registra un valor de 3.73 Ω m, este valor es el más bajo y dicho valor se puede relacionar con arcillas saturadas. En la cuarta capa se registra un aumento de la resistividad con un valor de 6.03 Ω m, se puede interpretar como arcillas laminadas. A profundidades mayores a los 34.1 m se registra un valor de 29.3 Ω m, que puede representar una capa de arcillas arenosas.

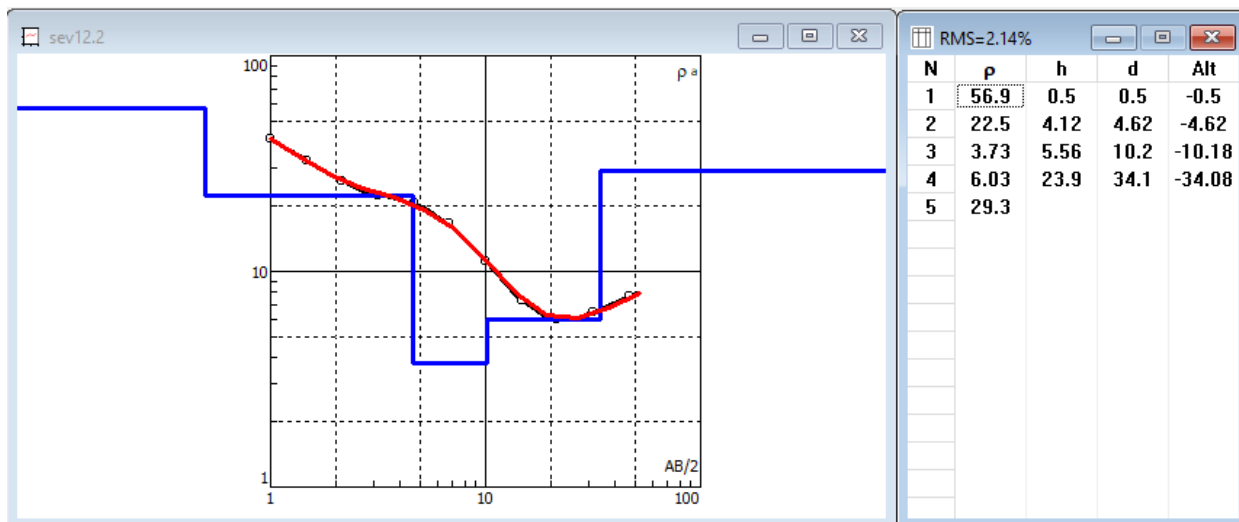


FIGURA 19. Curva de resistividad – SEV 12.

Tabla 13. Interpretación de la columna geológica del SEV-12.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Suelo arcilloso-arenoso	0.5	0.5	56.9
2	Arcillas arenosas	4.12	4.62	22.5
3	Arcillas saturadas	5.56	10.2	3.73
4	Arcillas laminadas	23.9	34.1	6.03
5	Arcillas arenosas			29.3

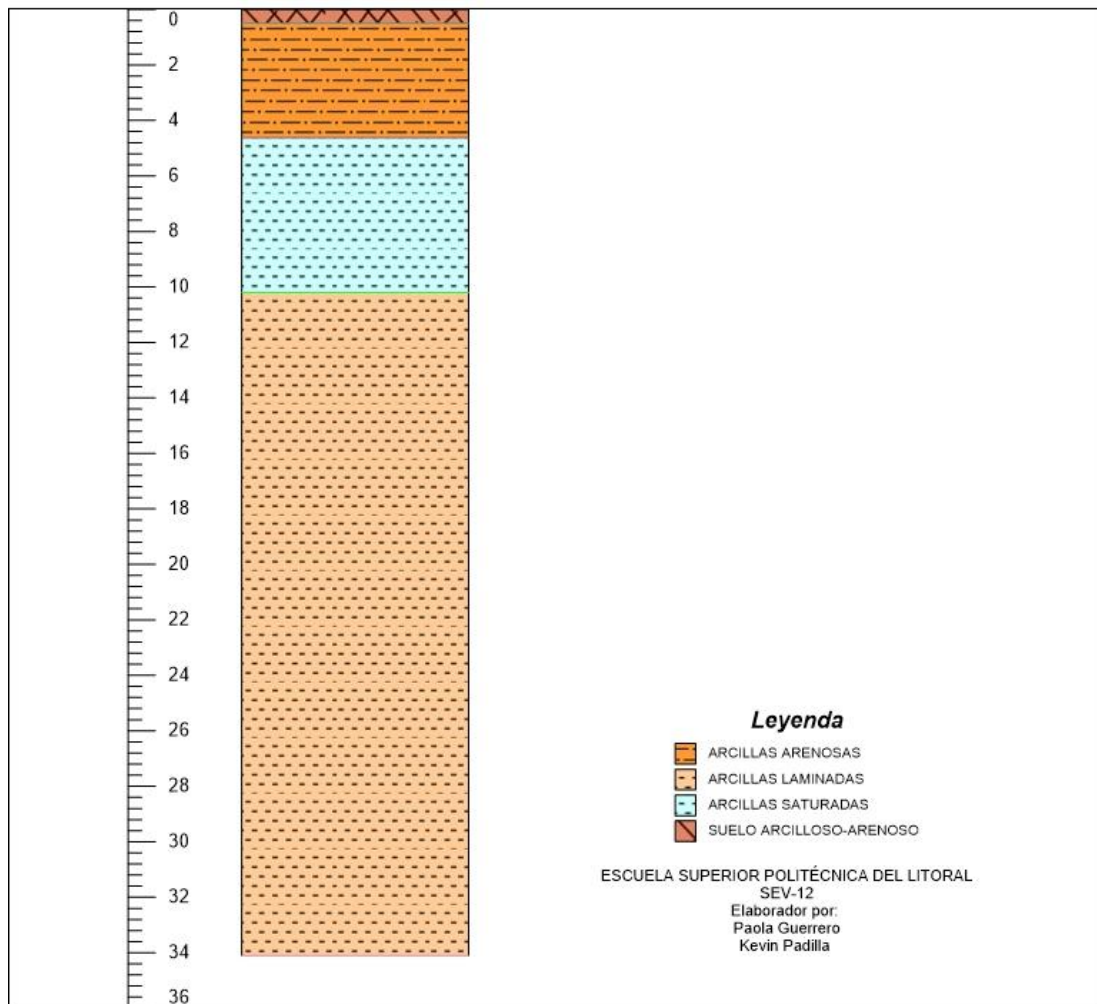


FIGURA 20. Columna Estratigráfica del SEV-12.

SEV-13

En la tabla 14 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 45 m, en donde la primera capa con un espesor de 1.58 m registra una resistividad de $30.3 \Omega\text{m}$, esto se asocia a una capa de arcillas arenosas. En la segunda capa se presenta una resistividad menor con un valor de $7.74 \Omega\text{m}$ y una profundidad de 6.85 m, se pueden interpretar como arcillas laminadas. En la tercera capa a una profundidad de 21.3 m se registra un valor de $4.6 \Omega\text{m}$, relacionado posiblemente con una capa de arcillas saturadas. En la cuarta capa se registra un aumento de la resistividad con un valor de $10.4 \Omega\text{m}$ asociados a una capa de arcillas laminadas. A partir de profundidades mayores a 45 se registra un valor de $27.6 \Omega\text{m}$, relacionado posiblemente con arcillas arenosas.

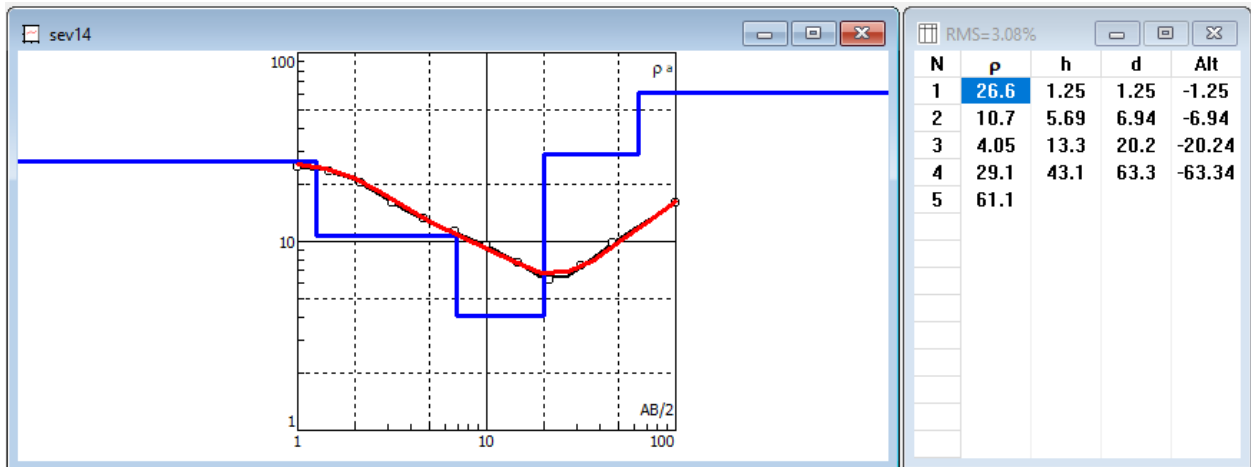


FIGURA 21. Curva de resistividad – SEV 13.

Tabla 14. Interpretación de la columna geológica del SEV-13.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ωm)
1	Arcillas arenosas	1.58	1.58	30.3
2	Arcillas laminadas	5.27	6.85	7.74
3	Arcillas saturadas	10.5	17.3	4.6
4	Arcillas laminadas	27.7	45	10.4
5	Arcillas arenosas			27.6

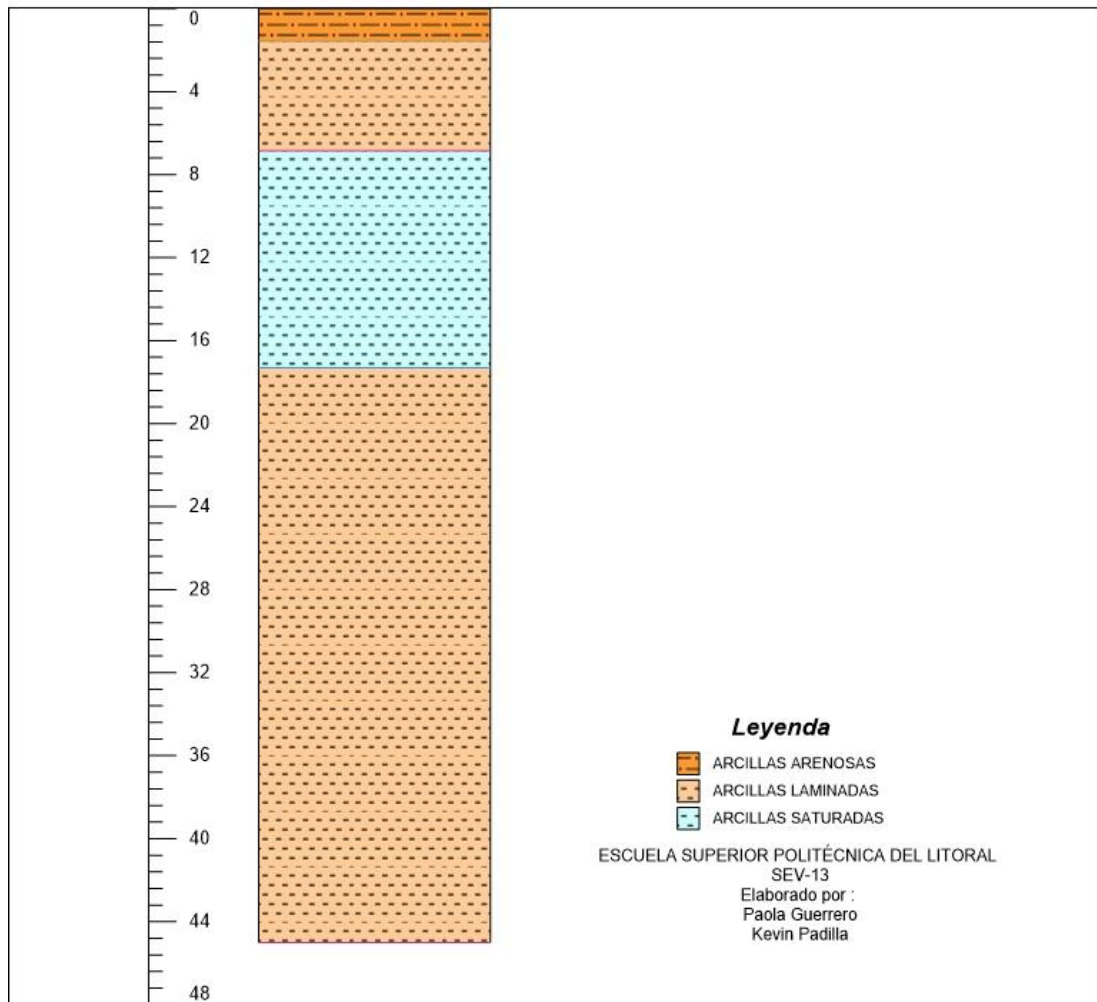


FIGURA 22. Columna Estratigráfica del SEV-13.

SEV-14

En la tabla 14 se presenta la posible distribución de las capas del subsuelo acorde a las resistividades que presenta el terreno. El sondeo presenta una profundidad máxima de 63.3 m, en donde la primera capa con un espesor de 1.25 m registra una resistividad de 26.7 Ω m, esto se asocia a una capa de arcillas arenosas. La segunda capa registra un valor de 10.7 Ω m, asociados a arcillas laminadas. En la tercera capa a una profundidad de 20.2 m se registra un valor de 4.05 Ω m, correspondiente a una posible capa de arcillas saturadas. En la cuarta capa a una profundidad de 63.3 m se detecta un valor de 29.1 Ω m, este valor permite inferir que se traten de arcillas arenosas. A profundidades mayores que 63.3 m se registra un valor de 61.1 Ω m, lo que podría representar una capa de limolitas.

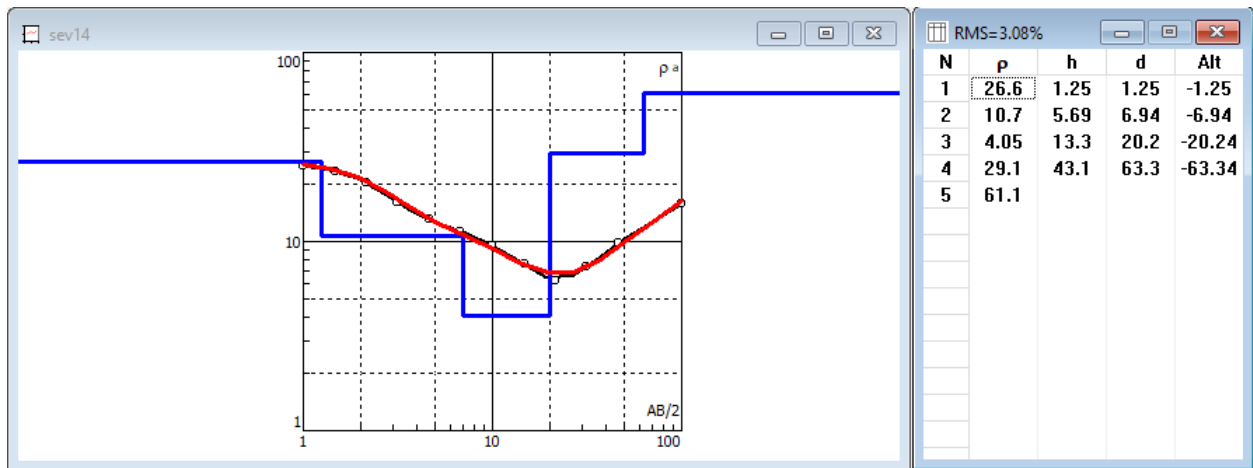


FIGURA 23. Curva de resistividad – SEV 14.

Tabla 15. Interpretación de la columna geológica del SEV-14.

Número de capa	Descripción	Espesor (m)	Profundidad (m)	Resistividad (Ω m)
1	Arcillas arenosas	1.25	1.25	26.6
2	Arcillas laminadas	5.69	6.94	10.7
3	Arcillas saturadas	13.3	20.2	4.05
4	Arcillas arenosas	43.1	63.3	29.1
5	Limolitas			61.1

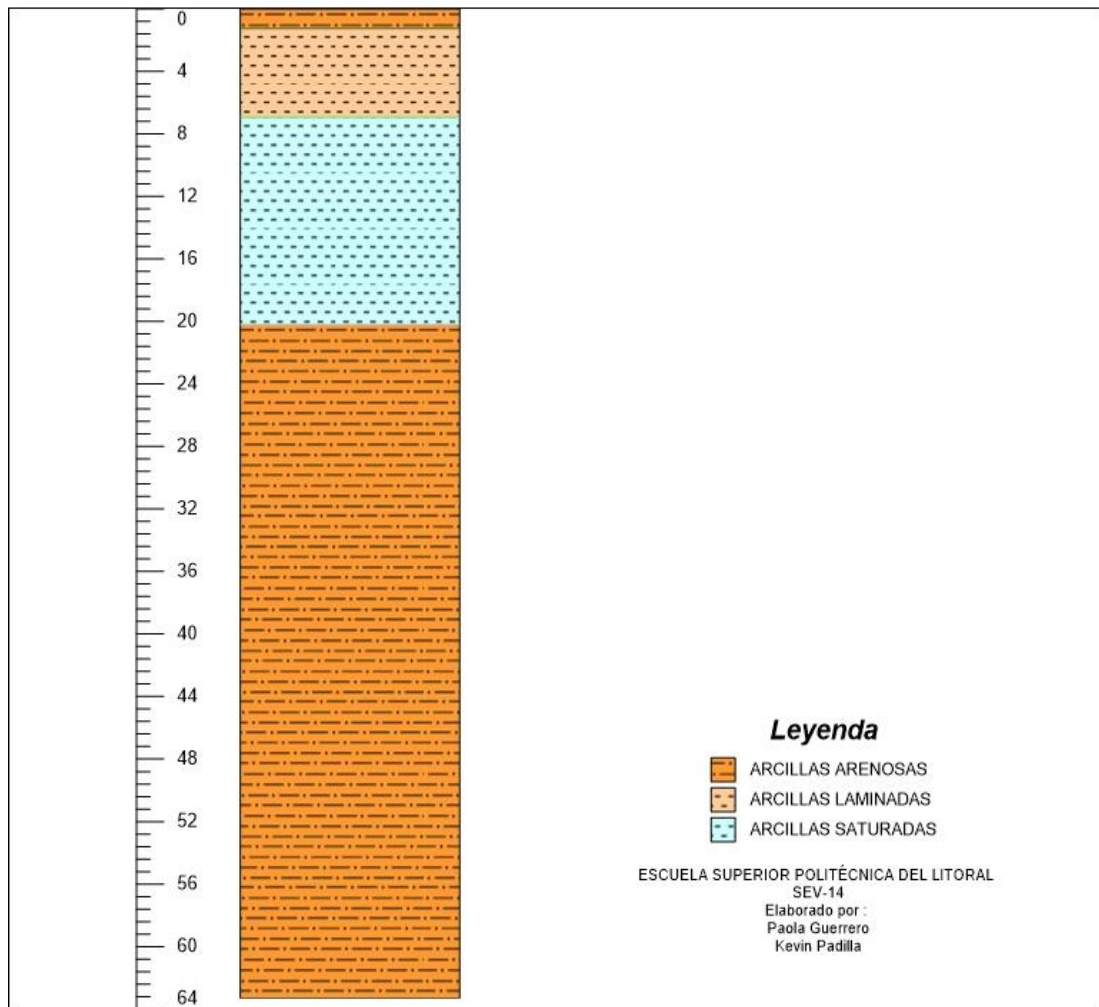
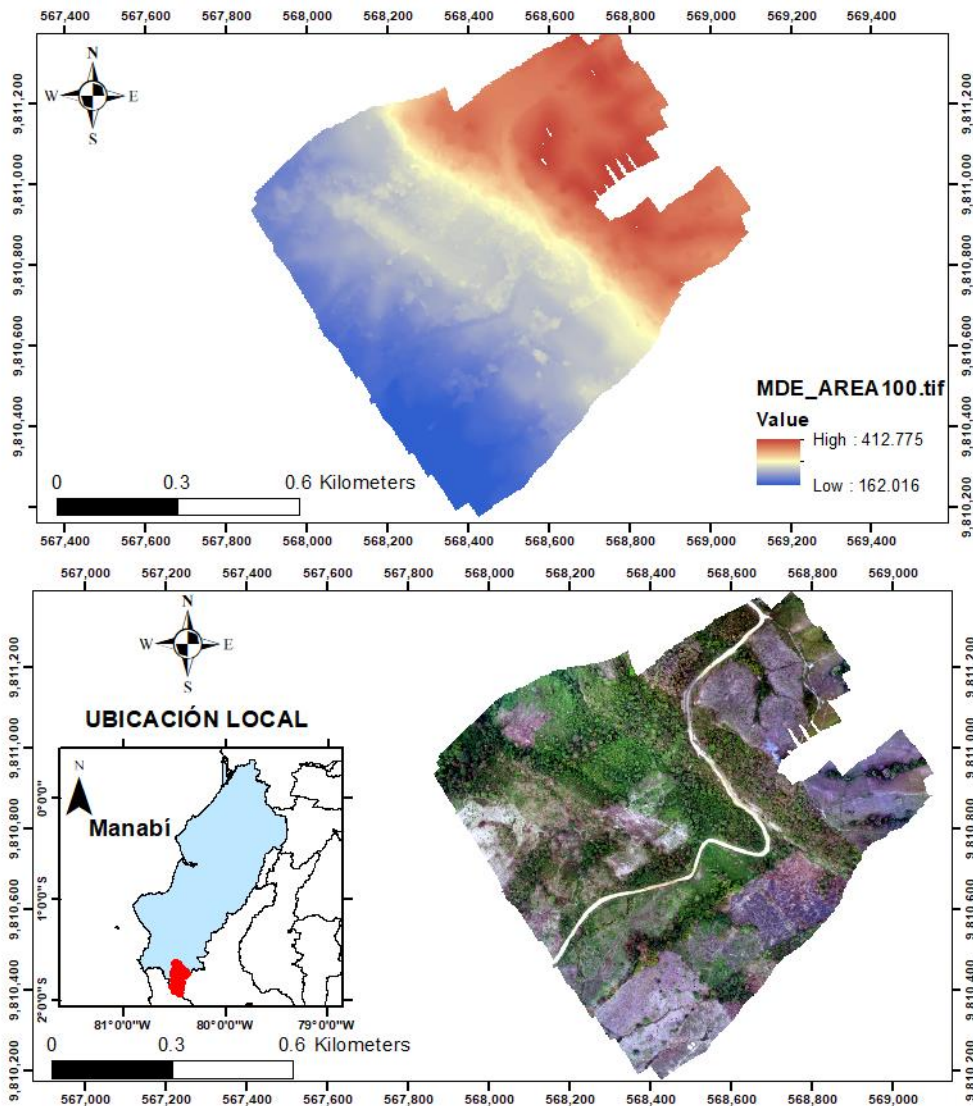


FIGURA 24. Columna Estratigráfica del SEV-14.

APÉNDICE C

ORTOFOTOS Y DEMs

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) Y ORTOFOTO ÁREA 100 - 10 de Agosto



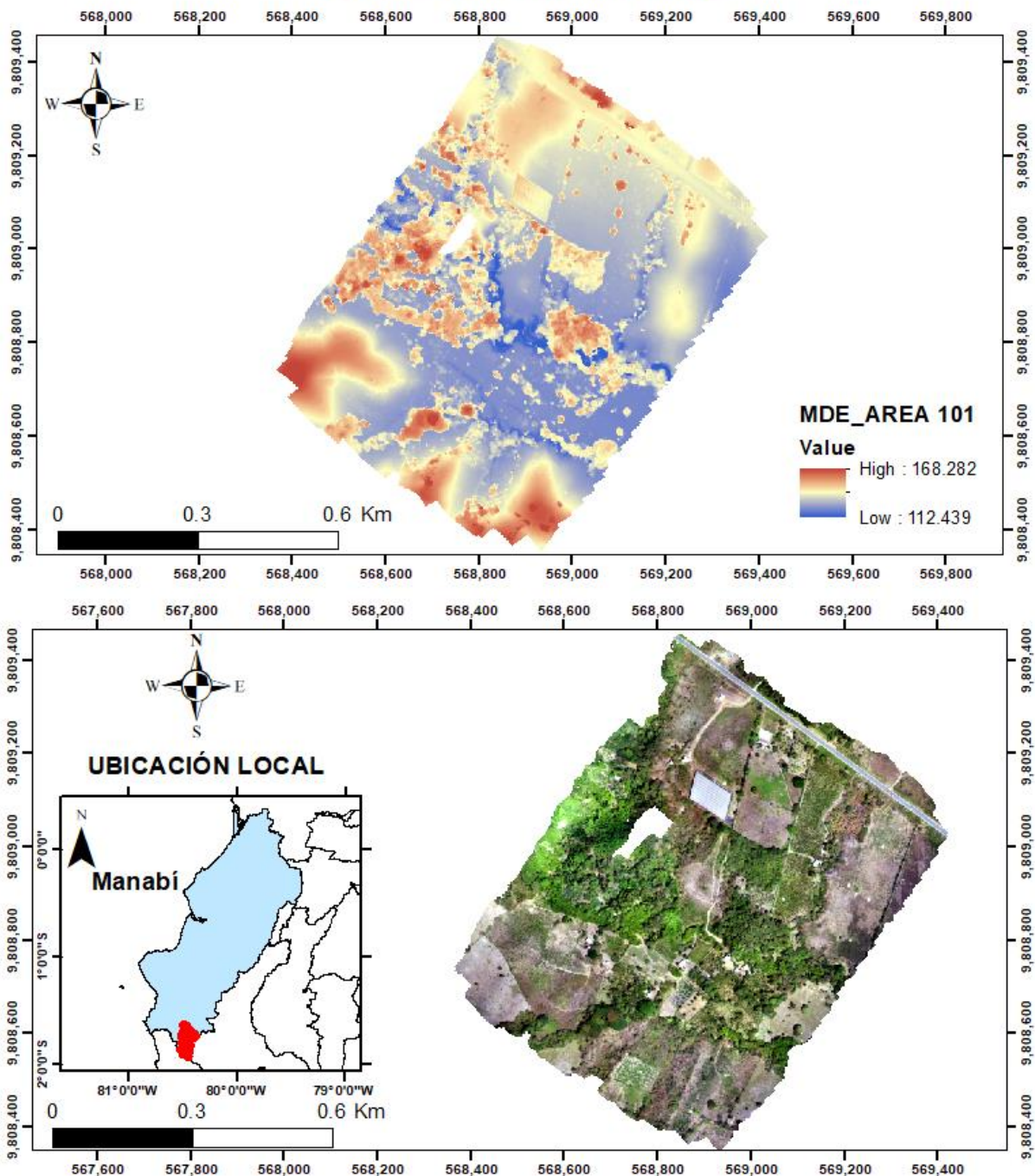
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN		AUTORES	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
Análisis Geomambiental y Geotécnico para la Hidrogeología del recinto El Guanábano, Cascol-Manabí.	País	Ecuador	Paola Guerrero Kevin Padilla	Proyección UTM	1:12,000
	Cantón	Paján	TUTORES	Zona 17 Sur	FECHA
	Parroquia	Cascol	Ing. David Altamiran MSc. Ing. Paúl Carrión Ph.D. Ing. Fernando Morante Ph.D.	Coordenadas UTM-84	ene-22

Leyenda

- Manabí
- Área de estudio

FIGURA 25. Ortofotografía y Modelo digital de elevación del área 100 – 10 de Agosto

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) Y ORTOFOTO ÁREA 101 - El Chorrillo



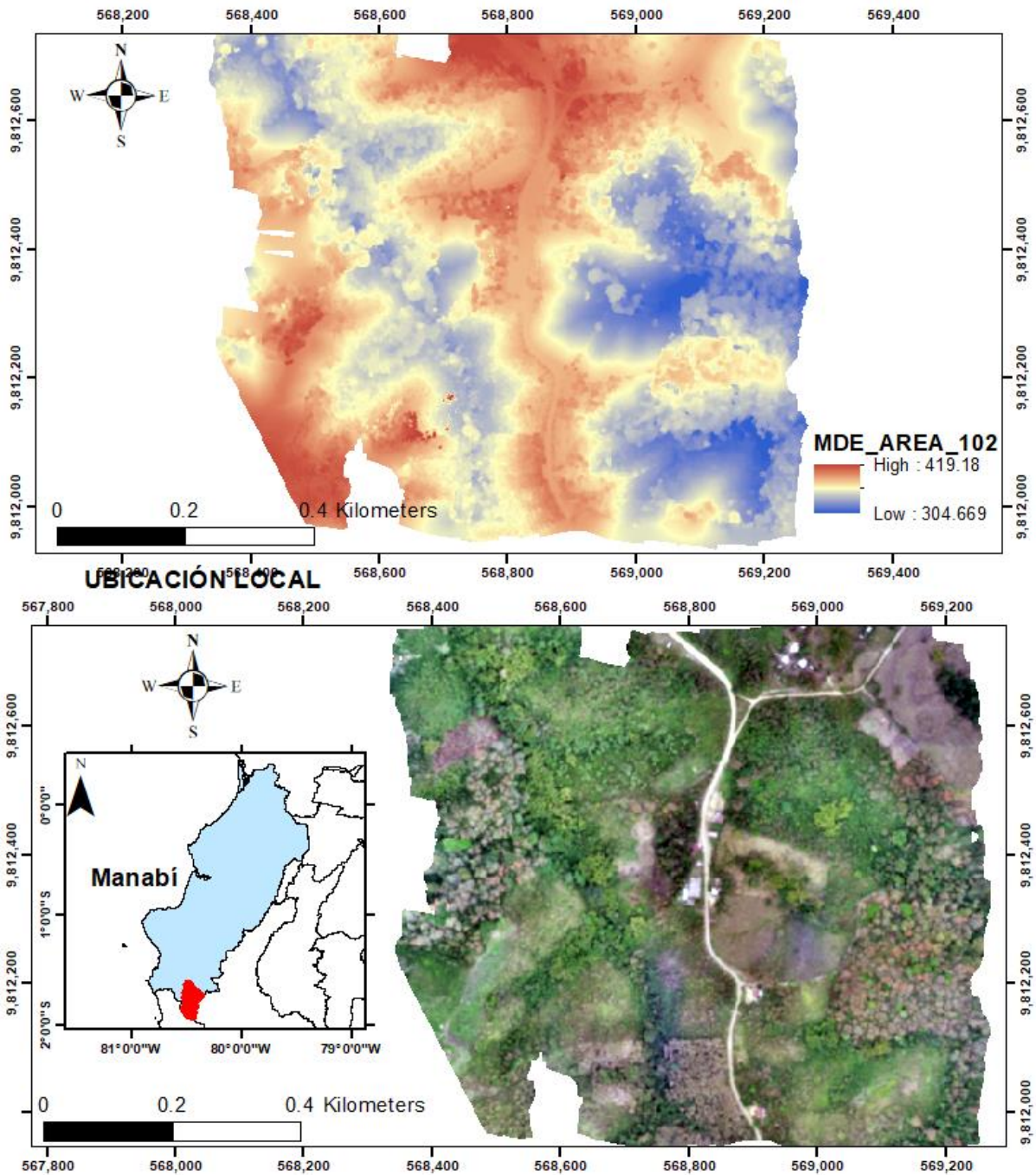
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN		AUTORES	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
Análisis Geomaterial y Geotécnico para la Hidrogeología del recinto El Guanábano, Cascol-Manabí.	País	Ecuador	Paola Guerrero Kevin Padilla	Proyección UTM	1:11,000
	Cantón	Paján	TUTORES	Zona 17 Sur	FECHA
	Parroquia	Cascol	Ing. David Altamirán MSc. Ing. Paúl Carrión PhD. Ing. Fernando Morante PhD.	Coordenadas UTM-84	ene-22

Leyenda

- Manabí
- Área de estudio

FIGURA26. Ortofoto y Modelo digital de elevación del área 101 – El Chorrillo.

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) Y ORTOFOTO ÁREA 102 - MANANTIAL SAN ALEJO



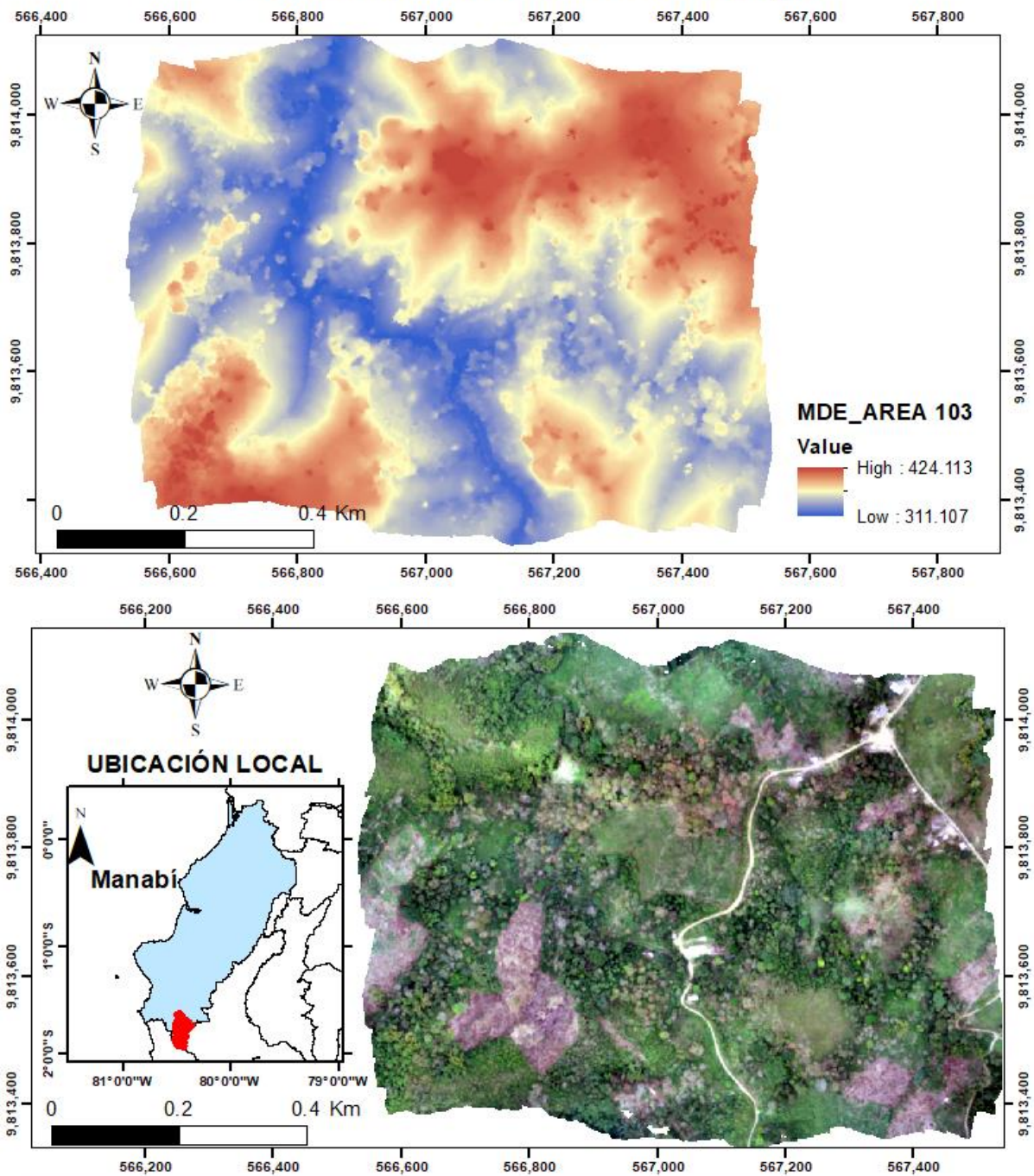
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN		AUTORES	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
Análisis Geoambiental y Geoelectrico para la Hidrogeología del recinto El Guanábano, Cascol-Manabí.	País	Ecuador	Paola Guerrero Kevin Padilla	Proyección UTM	1:8,000
	Cantón	Paján	TUTORES	Zona 17 Sur	FECHA
	Parroquia	Cascol	Ing. David Altamiran MSc. Ing. Paúl Carrión PhD. Ing. Fernando Morante PhD.	Coordenadas UTM-84	ene-22

Leyenda

- Manabí
- Área de estudio

FIGURA 27. Ortofoto y Modelo digital de elevación del área 102 – Manantial San Alejo

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) Y ORTOFOTO ÁREA 103 - Zona Cerro San Alejo



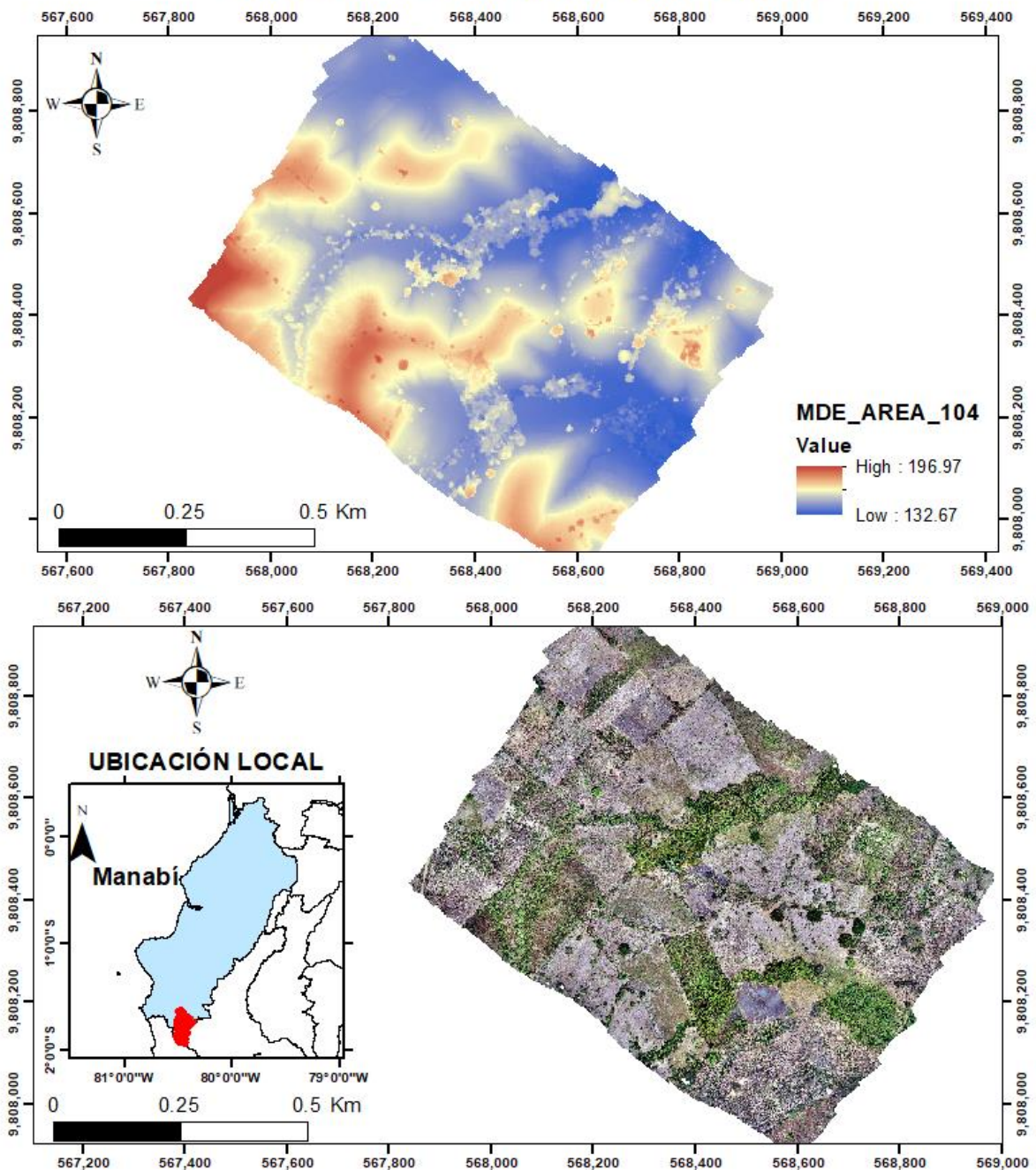
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN		AUTORES	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
Análisis Geoambiental y Geoelectrico para la Hidrogeología del recinto El Guanábano, Cascol-Manabí.	País	Ecuador	Paola Guerrero Kevin Padilla	Proyección UTM	1:8,000
	Cantón	Paján	TUTORES	Zona 17 Sur	FECHA
	Parroquia	Cascol	Ing. David Altamiran MSc. Ing. Paúl Carrión Ph.D. Ing. Fernando Morante Ph.D.	Coordenadas UTM-84	ene-22

Leyenda

- Manabí
- Área de estudio

FIGURA 28. Ortofoto y Modelo digital de elevación del área 103 – Zona cerro San Alejo.

MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM) Y ORTOFOTO ÁREA 104 - El Chorrillo Zona Gallera



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL					
NOMBRE DEL PROYECTO	UBICACIÓN		AUTORES	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
Análisis Geoambiental y Geoelectrico para la Hidrogeología del recinto El Guanábano, Cascol-Manabí.	País	Ecuador	Paola Guerrero Kevin Padilla	Proyección UTM	1:11,000
	Cantón	Paján	TUTORES	Zona 17 Sur	FECHA
	Parroquia	Cascol	Ing. David Altamiran MSc. Ing. Paúl Camión Ph.D. Ing. Fernando Morante Ph.D.	Coordenadas UTM-84	ene-22

Leyenda

- Manabí
- Área de estudio

FIGURA 29. Ortofoto y Modelo digital de elevación del área 104 – El Chorrillo Zona Gallera.

ANEXOS



FIGURA 1. Visita a pozos sin operar



FIGURA 2. Reunión con habitantes de la comunidad



FIGURA 3. Visita a pozo en la comuna "10 de agosto".



FIGURA 4. Visita a reservorio de la comunidad "El Chorrillo"



FIGURA 5. Visita al manantial en la comuna “San Alejo”



FIGURA 6. Levantamiento topográfico por Dron.



FIGURA 7. Toma de parámetros físico-químicos de reservorio en la comunidad “El Chorrillo”



FIGURA 8. Campaña geoelectrica realizada en la zona de estudio



FIGURA 9. Campaña geoelectrica realizada en San Alejo.



FIGURA 10. Proceso para obtener muestra de mano de la arenisca con bancos calcáreos.



FIGURA 11. Muestra de mano de arenisca con bancos calcáreos.



FIGURA 12. Presencia de bivalvos en la roca