

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica



CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS (TGE) PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR RONQUILLO, CAJAMARCA - 2020.

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:
Bach. Jackeline Soledad Alvarado Tacilla

Asesor:
Ing. Ocas Boñon, Rafael

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada a mi querida madre Aramida Tacilla Villanueva quien siempre me brindó su apoyo incondicional.

A mi maravillosa hermana Yuliza que siempre confió en mí y por su gran cariño. A mi abuelita Manuela Villanueva que siempre está para mí.

Mi querida madrina Marleny Tacilla por contar siempre con su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco eternamente a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos, ser el apoyo y la fortaleza en momentos difíciles y la paciencia que me dio durante toda mi vida. Un especial agradecimiento a mi asesor Rafael Ocas Bañon por su orientación y haber compartido sus conocimientos durante la planificación y desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi familia por el apoyo durante este estudio, siempre estaré agradecido hacia todos ustedes.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	14
CAPÍTULO III. RESULTADOS	39
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS	61
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Coordenadas UTM de las 4 líneas TEG	18
Tabla 2. Ubicación de la zona de estudio.....	16
Tabla 3. Acceso al área de estudio.....	16
Tabla 4. Unidades geomorfológicas.....	26
Tabla 5. Precipitaciones de la estación Werberbauer.....	28
Tabla 6. Valores de porosidad (Freeze and cherry,1979).....	33
Tabla 7. Rangos de Conductividad Hidráulica Propuestas. (Cervices, E.U. ASoil Conservation)	35
Tabla 8. Valores de resistividad de rocas sedimentos, ígneas y metamórficas, aguas, sedimentos y suelos (Tabla tomada de Urbeta, Tesis maestría,2009).	38
Tabla 9. Resultados de resistividad L-01.	40
Tabla 10. Resultados de resistividad L-02.....	44
Tabla 11. Resultados de resistividad L-03.....	48
Tabla 12. Resultados de resistividad L-04.....	52
Tabla 13. Resultados resumen de resistividad.	54
Tabla 14. Resultados resumen de espesores Max. y Min.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Ubicación de las 4 líneas distribuidos en la zona de Ronquillo.	17
Figura 2. Receptor Geotomógrafo ST15.....	18
Figura 3. <i>Líneas TGE en el área de estudio, con vista lateral</i>	19
Figura 4. Alineamiento y distribuciones de los electrodos utilizados en el área de campo configuración Dipolo-Dipolo.....	19
Figura 5. Rocas de la Formación Chulec.	21
Figura 6. Rocas del Fm. Pariatambo	22
Figura 7. Rocas del Fm. Yumagual.....	22
Figura 8. Rocas volcánicas de la Formación San Pablo	23
Figura 9. Columna Estratigráfica de Cajamarca.....	25
Figura 10. Meses de precipitación 2010-2015.	29
Figura 11. Acuíferos de la roca almacén (Fuente: Dpto. Geología – Univ. Salamanca (España)	31
Figura 12. Porosidad y permeabilidad.....	32
Figura 13. Modelo de permeabilidad (Fuente: http://water.usgs.gov/circ/circ1139/).....	33
Figura 14. Ley de Ohm Fuente: Auge, (2008).	36
Figura 15. Disposición de los electrodos en el arreglo Dipolo-Dipolo. (Chelotti y acosta ,2010).....	37
Figura 16. Diagrama de puntos de adquisición para el arreglo Dipolo-Dipolo. (Iris instrumentos ,2010).....	37
Figura 17. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-1, en el Software Geosoft Oasis Montaj.	39
Figura 18. Interpretación de la línea L-1, de la sección de Tomografías Geolétricas en 2D.....	41
Figura 19. Gráfico de resistividad de la línea 1.....	42
Figura 20. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-2, en el Software Geosoft Oasis Montaj. (Fuente Propia).	43
Figura 21. Interpretación de la línea L-2, de la sección de Tomografías Geolétrica en 2D.....	45
Figura 22. Gráfico de resistividad de la línea 2.....	46
Figura 23. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-3, en el Software Geosoft Oasis Montaj.	47
Figura 24. Interpretación de la línea L-2, de la sección de Tomografías Geo eléctrica en 2D.....	49
Figura 25. Gráfico de resistividad de la línea 3.....	50
Figura 26. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-4, en el Software Geosoft Oasis Montaj.	51
Figura 27. Interpretación de la línea L-4, de la sección de Tomografías Geoeléctrica en 2D.....	53
Figura 28. Gráfico de resistividad de la línea 4.	54
Figura 29. <i>Interpretación de la Sección Geológica A - A'</i>	56
Figura 30. Acuífero M-1 presente en la parte alta de la zona de estudio, ubicado en la Formación del Volcánico San Pablo con coordenadas: N= 9207519, E=767354, COTA = 3559.....	65

Figura 31. Acuífero M-2 presente en la parte baja de la zona de estudio, ubicado en la Formación del Volcánico San Pablo con coordenadas: N=9207933, E= 767421, COTA= 341166

Figura 32. Toma de datos de las líneas Tomográficas Geoeléctricas en la zona de estudio en el Sector de Ronquillo.67

ANEXOS

Plano 01: Plano satelital

Plano 02: Plano topográfico

Plano 03: Plano geológico

Plano 04: Plano hidrogeológico

Sección 05: Sección hidrogeológica A- A'

RESUMEN

La investigación se realizó en la zona de Sector Ronquillo – Cajamarca, el cual cuenta escasas de agua potable en varias viviendas, cuyo objetivo es determinar la caracterización hidrogeológica mediante el método de Tomografías Geolétricas, alcanzando a identificar los 2 puntos de pozos extracción y el área de saturación de las aguas subterráneas, utilizando la técnica de configuración Dipolo-Dipolo para poder determinar la resistividad y poder delimitar los posibles acuíferos y así nos permitirá pozos de explotación de agua. Se realizó 4 líneas (L-1, L-2, L-3, L-4), esta información fue analizada en Software Geosoft Oasis Montaj. L-1 presenta 4 capas. La primera capa muestra una resistividad entre 0.1 y 2.5 Ωm con un espesor 5 a 25 m. de material arcilloso. La segunda capa muestra una resistividad de 2 y 8 Ωm con un espesor 1 a 25 m. de material limo arcilloso. La tercera capa muestra una resistividad entre 8 y 13 Ωm con un espesor 45m. Material margas. La cuarta capa muestra una resistividad entre 13 y 202 Ωm con un espesor 45 m. de material lutitas y calizas. L-2 presentan 4 capas. La primera capa muestra una resistividad 0.1 y 1.8 Ωm un espesor 2 a 40 m. de material limo arcilloso. La segunda capa muestra una resistividad entre 4 y 8 Ωm con un espesor 45 m. de material limo arcilloso. La tercera capa muestra una resistividad entre 8 y 16 Ωm con un espesor 30 a 45 metros de material margas. La cuarta capa muestra una resistividad entre 16 y 202 Ωm un espesor mayor 45 m. de material lutitas y calizas. L-3 presenta 4 capas. La primera capa muestra una resistividad 0.1 y 3 Ωm con un espesor 5 a 25 m, de material limo arcilloso. La segunda capa muestra una resistividad entre 4 y 7 Ωm con un espesor 1 a 25 m. de material limo arcilloso. La tercera capa muestra una resistividad entre 8 y 16 Ωm con un espesor 45m de material margas. La cuarta capa muestra una resistividad entre 16 y 202 Ωm con un espesor mayor 50 de material lutitas y calizas. L-4 presenta 4 capas. La primera capa muestra una resistividad 0.1 y 2.5 Ωm con un espesor 5 a 25 m. de material limo arcilloso. La segunda capa muestra una resistividad entre 4 y 8 Ωm con un espesor 5 a 20 metros de material limo arcilloso. La tercera capa muestra una resistividad entre 8 y 16 Ωm con un espesor 45 m. de material margas. La cuarta capa muestra una resistividad entre 16 y 202 Ωm con un espesor mayor 45 m, de material lutitas y calizas. Los resultados de las interpretaciones muestran un potencial Acuífero en las capas 1 y 2 de las líneas 1 hasta 4 las cuales se correlacionan geológicamente con rocas volcánicas de la Formación San Pablo (Tobas), las cuales presenta saturación alta de presencia de agua.

Palabras clave: Acuífero, Tomografías Geolétricas, Litología.

ABSTRACT

The investigation has been made in the Sector Ronquillo zone – Cajamarca, these has shortage of water in many homes, the objective is decide the characterization hydrogeological through the Geoelectrics Tomography method, reaching to identify the 2 points of extraction wells and the area of saturation of the groundwater, using the Dipolo Dipolo configuration technique to decide the resistivity and delimit the possible aquifer and so will allow us exploitation water wells. It has been made 4 lines (L-1, L-2, L-3, L-4), this information was analyzed on the Geosoft Oasis Montaj Software. L-1 shows 4 layers. The first layer shows a resistivity from 0.1 to 2.5 Ωm with a thickness from 5 to 25 m. of clayey material. The second layer shows a resistivity from 2 to 8 Ωm with a thickness from 1 to 25 m. of clayey silt material. The third layer shows a resistivity from 8 to 13 Ωm with a thickness of 45 m. of loams material. The fourth layer shows a resistivity from 13 to 202 Ωm with a thickness of 45 m. of lutites and limestones material. L-2 shows 4 layers. The first layer shows a resistivity from 0.1 to 1.8 Ωm with a thickness from 2 to 40 m. of clayey silt material. The second layer shows a resistivity from 4 to 8 Ωm with a thickness of 45 m. of clayey silt material. The third layer shows a resistivity from 8 to 16 Ωm with a thickness from 30 to 45 m. of loams material. The fourth layer shows a resistivity from 16 to 202 Ωm with a thickness higher than 45 m. of lutites and limestones material. L-3 shows 4 layers.

The first layer shows a resistivity from 0.1 to 3 Ωm with a thickness from 5 to 25 m. of clayey silt material. The second layer shows a resistivity from 4 to 7 Ωm with a thickness from 1 to 25 m. of clayey silt material. The third layer shows a resistivity from 8 to 16 Ωm with a thickness of 45 m. of loams material. The fourth layer shows a resistivity from 16 to 202 Ωm with a thickness higher than 50 m. of lutites and limestones material. L-4 has 4 layers. The first layer shows a resistivity from 0.1 to 2.5 Ωm with a thickness from 5 to 25 m. of clayey silt material. The second layer shows a resistivity from 4 to 8 Ωm with a thickness from 5 to 20 m. of clayey silt material. The third layer shows a resistivity from 8 to 16 Ωm with a thickness of 45 m. of loams material. The fourth layer shows a resistivity from 16 to 202 Ωm with a thickness higher than 45 m. of lutites and limestones material. The results of the interpretations show a potential Aquifer on the layers 1 and 2, of the lines from 1 to 4, these are geologically correlated with volcanic rocks of San Pablo Formation (Tobas), these show high saturation of presence of water.

Keywords: Aquifer, Geoelectrics Tomography, Lithology

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial el calentamiento climático está experimentando grandes cambios severos afectando directamente al estudio realizado de las reservas y el comportamiento de las masas hídricas. Para ello es de vital importancia tener los puntos geológicos hídricos del nivel freático, ya que nos brindara datos importantes para reducir su comportamiento hídrico en el futuro y de esta manera poder tener una proyección de la cantidad de agua para prevenir sequias que es muy común durante los meses de estiaje, así mismo también nos va a ayudar a indicar que los recursos hídricos tienen características que hacen que la unidad natural de su gestión sea un territorio delimitado por la propia naturaleza, solo puede ser racionalmente manejados a nivel de unos estudios. *(Gomes, 2012, p. 20).*

En el Perú existen zonas con bastante necesidad de agua tal es el caso de la ciudad de Cajamarca esto debido al mal uso y la mala distribución del preciado líquido esto ha sido causa de la perdida de sus fuentes naturales en las corrientes superficiales y subterráneas. Generando sequias en la agricultura y población. El presente estudio consiste en emplear la Tomografía Geoeléctricas para la búsqueda de agua subterránea y el diseño de un pozo de extracción para abastecimiento de agua al sector afectado. *(Calvetty,2005,p.23)*

La técnica de la Tomografía Geoeléctricas emplea los valores de resistividad aparente medidos, para generar imágenes del subsuelo donde se representan los valores de la resistividad verdadera de las diferentes zonas del subsuelo. Para determinar la resistividad verdadera del subsuelo a partir de los valores de la resistividad aparente, se aplica una técnica de inversión. *(Coruña,2017, p.18)*

Desarrolló un algoritmo para la inversión de datos de tomografía a partir de la pseudosección eléctrica; para ello se utiliza el valor de la resistividad aparente como modelo inicial para la integración modelo finito de dos dimensiones. Las diferencias observadas entre la imagen procesada y la medida en el campo son usadas para aplicar correcciones al modelo. *(Auge,2008,P.45)*

La hidrología está regida por su clima, vegetación, topografía y geología, aunque las actividades antrópicas modifican el medio ambiente, alterando el funcionamiento natural

del ciclo hidrológico y su dinámica equilibrios bien, el volumen total de agua en movimiento permanece constante, sus distribuciones cambian en regiones y cuencas locales de escurrimiento. (*Auge, 2008, p.7-11*)

Las pérdidas o salidas por evapotranspiración representan un fenómeno continuo, aunque a veces puede ser nulo, y depende de las características climatológicas del lugar. Está condicionada por la cantidad de agua disponible en el sistema físico y la capacidad evaporante de la atmosfera (máxima que puede admitir). La variabilidad espacial y temporal es menor que la precipitación. (*Orella, 2011, p.14*)

Los métodos Geoelectricas se utilizan ampliamente en los estudios de las aguas subterráneas para investigar la presencia de acuíferos, definiendo la resistividad de las formaciones menos permeables que muestran baja resistividad y formaciones permeables. El método Geoelectricas es idóneo para estudios de formaciones de baja y alta resistividad (*Tuihof 2002, p.50*).

El propósito de los estudios eléctricos es determinar la distribución de la resistividad eléctrica en el subsuelo haciendo mediciones en la superficie. Con estas mediciones la resistividad verdadera del subsuelo puede ser estimada, teniendo siempre en cuenta que la resistividad de la tierra puede estar relacionada a varios parámetros. (*Fetter 2001, p.18*)

Las medidas de Tomografías Geoelectricas del subsuelo son habituales en las prospecciones geofísicas. Su finalidad es detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo. La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada. (*Bernard, J. Leite, o. (2000. p.191-196.)*)

En el Sector del (Ronquillo - Cajamarca), es necesario comenzar recopilando información geológica, geofísica e hidrogeológica del lugar afectado, para posteriormente analizar y a partir de ellos se busca información detallada en la visita a campo e investigación acerca de la zona correspondida. Geológicamente en el área de estudio; se encuentra ubicado en Formaciones del Cretáceo Inferior y Superior, caracterizado por afloramiento de arenisca, calizas y lutitas dispuesto estratigráficamente e intercalados. Donde se aplicó las Tomografías Geoelectricas y se interpretaran 4 líneas, con el parámetro de resistividad

aparente y dando así una viabilidad de ubicar un pozo profundo para la extracción del agua subterránea en dicha área de estudio. Se propone el rediseño de un pozo para extraer del agua subterránea en la Sector del Ronquillo, en lo cual se mostrará todas las especificaciones y dimensiones para llevar a cabo su construcción y funcionamiento. Con la anterior, se realizó el levantamiento de 4 líneas Tomografías Geoelectricas, los cuales se correlacionan y se interpretaran con la geológica de la zona, con el gran objetivo de encontrar la información geológica a profundidad, que muestra la resistividad real del subsuelo, y que puede ser interpretado en término geológicos con Tomografías Geoelectricas TGE.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las características hidrogeológicas en el Sector Ronquillo aplicando Tomografías Geoelectricas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las características hidrogeológicas mediante Tomografías Geoelectricas en la gestión del agua subterránea en el Sector Ronquillo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un inventario de todas las fuentes Hidrogeológica mediante Tomografías Geoelectricas que aportan al abastecimiento de agua en Sector Ronquillo.
- Reconocer las unidades geológicas de la zona.
- Elaborar un mapa hidrogeológico de los recursos hídricos.
- Determinar la zona más favorable para la extracción de agua subterránea.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las características hidrogeológicas mediante Tomografías Geoelectricas, son instrumentos que nos ayudarán en la búsqueda de acuíferos en las rocas volcánicas de la Formación San Pablo, para la gestión de aguas subterráneas del Sector Ronquillo.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada porque se usa la teoría y la ciencia y se utiliza directamente la resistividad en el subsuelo mediante ondas eléctricas, con un enfoque cuantitativo de naturaleza numérica por la medición y recolección de datos de los electrodos y la frecuencia que emiten y un estudio de tipo descriptivo porque va describir situaciones evaluando diversos aspectos tanto en el campo y gabinete, y un nivel explicativo nos permite identificar ciertos fenómenos geológicos y sus características encontradas y no experimental cuando se observa en condiciones naturales y los cambios que se sucinta en las rocas. (Gómez, 2012)

2.2. Población y muestra

Población

- Formación San Pablo en el Sector Ronquillo.

Muestra:

- Se realizarán 4 líneas de Tomografías Geolétricas en la Formación San Pablo en el Sector Ronquillo.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas de recolección de datos.

Para el desarrollo de la investigación se realizó un mapeo geológico, hidrogeológico, para así poder identificar las formaciones, estructuras y litología que existe en la zona de estudio y a sus alrededores, utilizando como técnicas de observación y como instrumento de recolección de datos una libreta de campo para poder copiar los datos de la prospección geofísica en la aplicación de las 4 líneas Tomografías Geolétricas (TEG) se utilizó el equipo Geotomógrafo ST150, estos resultados de la data en campo fueron analizados y procesados en el software Geosoft Oasis Montaj (ver Anexo). Además, se utilizó instrumentos como brújula, GPS, picota. Para las interpretaciones

correspondientes como los perfiles geológicos se usaron toda esta información de campo y los resultados de la interpretación de las tomografías.

2.3.2 Análisis De Datos

La información obtenida de la tomografía Geoléctricas se insertó en software, Leapfrog, Geosoft Oasis Montaje, ArcGIS y AutoCAD, los cuales nos sirvió para realizar los perfiles Geoléctricos.

2.4. Procedimiento

A. Etapa gabinete pre campo

Esta etapa se ha recopilado y analizado la información previa obtenida de fuentes primarias y secundarias así también la recopilación de información como: bibliográfica, cartográfica y documental existente acerca del tema de investigación. Para la búsqueda y revisión bibliográfica se recurrió a la consulta de tesis, libros, revistas geológicas y base bibliográfica buscada en internet a su vez recopilación cartográfica y geología de la base de datos del ingemmet. Se realizó la interpretación de imágenes satelitales.

B. Etapa de campo

La segunda etapa comprendió en realizar un cartografiado geológico y una descripción litológica (volcánica y sedimentaria). Asimismo, se realizó la medición en los puntos críticos de zona de estudio. Específicamente se tomó la medición de las 4 líneas de Tomografías Geoléctricas tomadas metro a metro, con una longitud variable limitada por zonas de condiciones favorables de la existencia de posibles acuíferos.

C. Etapa de gabinete Post campo

Con los resultados dados por las tomografías con la configuración Dipolo-Dipolo, se procedió a analizar, procesar e interpretar. Se utilizaron softwares como: ArcGIS 10.3, Geosoft Oasis Montaj, AutoCAD, también hemos laborado secciones interpretativas, identificación de las diferentes capas en el subsuelo por la resistividad; con los cuales se logró obtener los mapas temáticos y resultados finales con la ubicación de los posibles pozos de perforación y su profundidad. Finalmente se culminó con la elaboración de la tesis.

2.5. Generalidades

Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en el sector de Ronquillo, provincia de Cajamarca, la misma que se ubica aproximadamente a 16 km al sureste de la ciudad y a 860 km de la ciudad de Lima, a una altitud de 3530 msnm.

Las coordenadas de los vértices de la zona de estudio se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 1. Coordenadas de los vértices de la zona de estudio en UTM-WGS84.

PUNTO	NORTE	ESTE
1	9208100	766700
2	9207400	766700
3	9208100	768000
4	9207400	768000

2.6. Accesibilidad

Tabla 2. Acceso al área de estudio

RUTA	DISTANCIA	TIPO DE VIA	TIEMPO(MIN)
Cajamarca-Ronquillo	16km	Asfaltado	1h 30min
Lima - Cajamarca	860 km	Afirmada	14h 30 min

Nota: Distancia y tiempo al área de estudio.

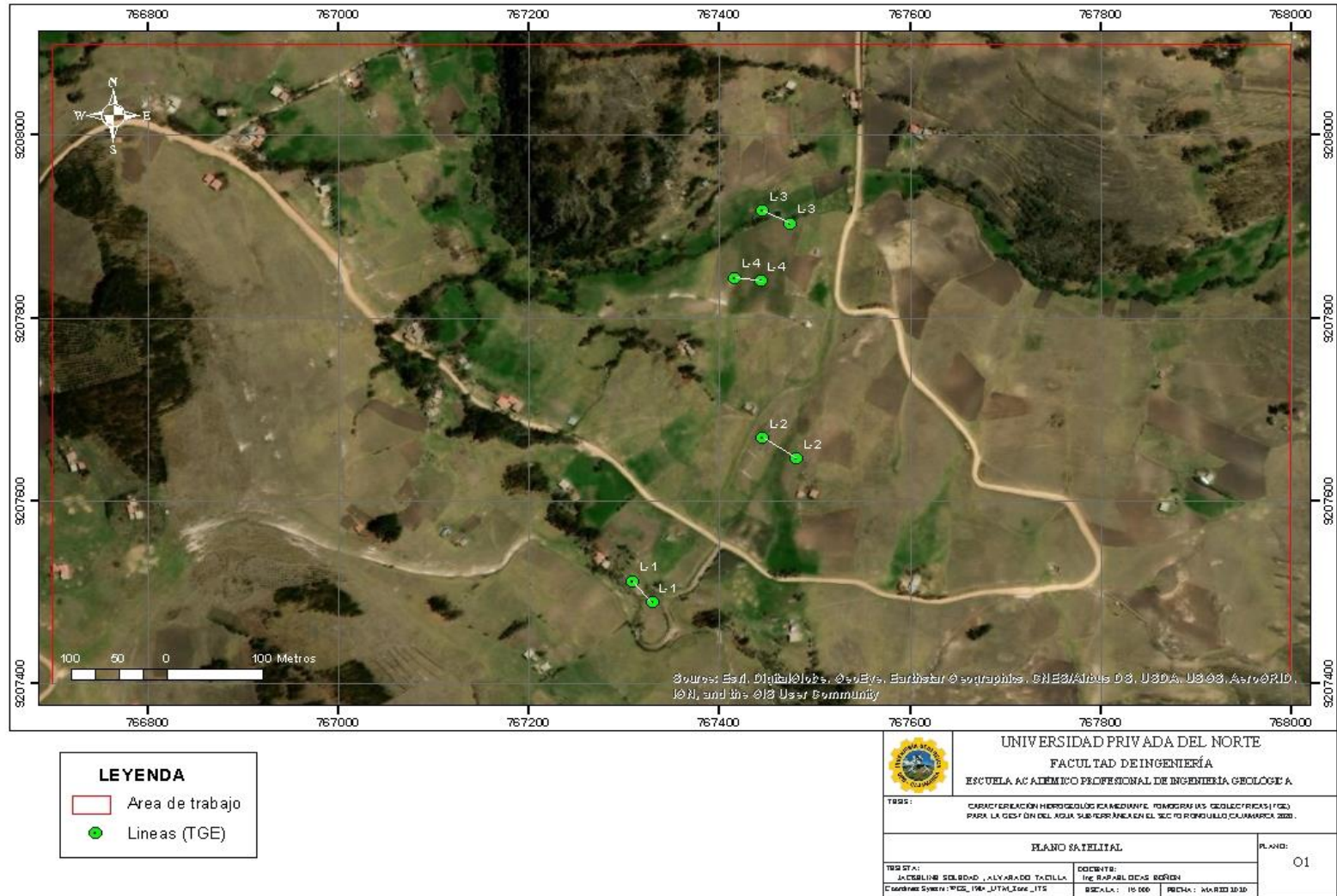


Figura1. Ubicación de las 4 líneas distribuidos en la zona de Ronquillo.

Ubicación de las tomografías Geoléctricas (TGE)

Las 4 líneas de TGE fueron ubicados con un GPS diferencial marca Tremble Modelo R8S versión máxima KIT con una precisión aproximadamente de 3 m. Utilizando las coordenadas UTM en el sistema WGS84, los datos que fueron ingresados a la prospección geofísica y los datos que se muestra en la tabla.

Tabla 3. Coordenadas UTM de las 4 líneas TEG

NOMBRE DE LINEA	ESTACION INICIAL	ESTACION FINAL	DIRECCIÓN DE LA LINEA	COORDENADAS		ALTITUD	METODO TGE
				INICALES	FINALES		
L-1	0	39 m	N 80° E	9207488.25 767.330.655	9207511.17 767.309.766	3579 msnm	F
L-2	0	22 m	N 285° E	9207645.88 767.481.938	9207668.41 767.446.115	3532 msnm	F
L-3	0	19 m	N 260° W	9207903.43 767.475.461	9207917.4 767.446.346	3503 msnm	F
L-4	0	20 m	N 120° E	9207840.01 767.444.591	9207843.79 767.417.474	3496 msnm	F
LONGITUD TOTAL MEDIDO (m)							100 m

Nota. Coordenadas de los 4TEG distribuidos en la zona de estudios en Coordenadas UTM-WGS84.



Figura 2. Receptor Geotomógrafo ST15.

En la figura 3 se muestra la distribución de las líneas TGE en la zona de estudio, las cuales se simularon en el Software Geosoft Oasis Montaje con la finalidad de realizar el modelo geológico hidrogeológico, con cada línea correspondientes de la litología del área.

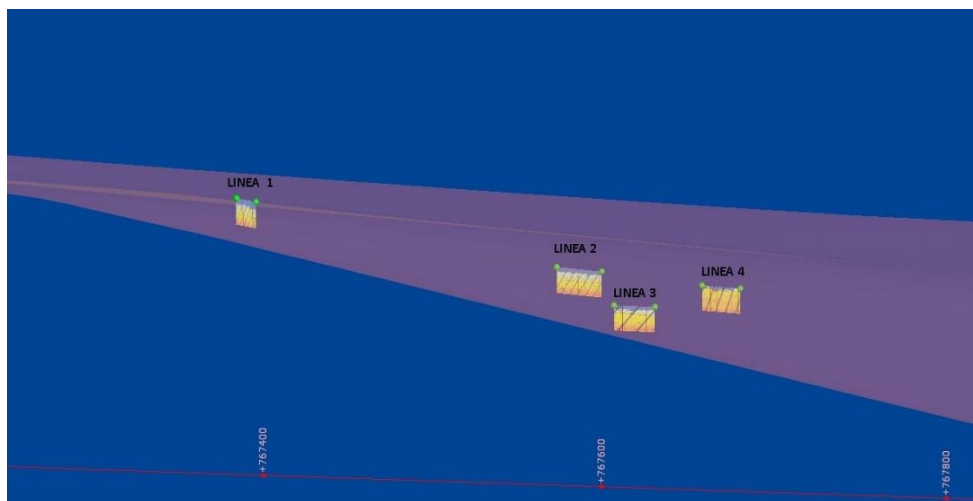


Figura 3. Líneas TGE en el área de estudio, con vista lateral.

El proceso de la toma de los datos se inicia con la instalación de resistividad de un receptor Geotomógrafo ST 150 y accesorios Electrodo Impolarizables, cables, marca Gold fabricados en China, en lo cual se fijó un punto central, a partir de la ubicación del dispositivo se extendió en sentidos opuestos de los electrodos, en los cuales se extendieron a ciertas medidas comprendidas 1 metros de distancia que cubrió un total 100 metros lineales. Una vez instalado los electrodos se aplicó el voltaje, se midió la resistividad de las líneas L1, L2, L3, L4, distribuidas en el área de estudio.



Figura 4. Alineamiento y distribuciones de los electrodos utilizados en el área de campo configuración Dipolo-Dipolo.

Clima y temperatura

Según Sánchez (2012, p.20-40) un el investigador sueco definió el clima de Cajamarca de alta tropical, con temperatura diarias muy variables, es decir, tienen una gran amplitud térmica, frío congelado durante la noche y calor durante el día y su temperatura media anual es de 21°C y mínima media 6°C. Tiene un invierno suave y un verano caluroso y lluvioso en el mes de febrero, bastante templado se presenta en los meses de mayo a septiembre.

Deposición

Es el destino final de los materiales erosionados y previos de los sedimentos erosionados. (Fetter, 2006, p. 8)

Litificación

Es el proceso de transformación de los materiales de las rocas sedimentarias. (Mantilla, 2005, p. 150)

GEOLOGÍA REGIONAL

El aspecto geológico desempeña un papel muy importante en la hidrogeología, ya que la velocidad de movimientos depende de la estructura y composición litológica de las formaciones, para que el agua pueda transitar por el subsuelo. Las diferentes formaciones poseen ciertas propiedades que son definitivas para poder constituir buenos acuíferos (Vásquez, 2009, p.25).

Formación Chulec

Esta formación consiste en una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por intemperismo adquieren un color crema amarillenta. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente los estratos de margas se presentan muy modulosos y las calizas frescas muestran colores gris parduzcos algo azulados. Su espesor es 200 a 250 m. Esta formación representa el inicio de la transgresión marina.

Edad y correlación: presenta una gran variedad de fósiles como cefalópodos, lamelibranquios y equinoideos. Estos fósiles se encuentran distribuidos en la parte baja del Albiano medio y en el Albiano inferior.



Figura 5. Rocas de la Formación Chulec.

Formación Pariatambo

Consiste en una alternancia de lutitas con delgados lechos de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos silíceos y dolomíticos con un característico olor fétido al fracturarlas. Sus espesores varían entre 150 a 200 m. Esta formación yace concordantemente sobre la Formación Chulec e infrayace con suave discordancia a la Formación Yumagual.

Edad y Correlación: la formación Pariatambo contiene restos de moluscos, estas especies son típicamente pelágicas del Albiano medio. Se correlaciona con la formación Yacu Ushco de los andes centrales del Perú.



Figura 6. Rocas del Fm. Pariatambo

Formación Yumagual

Consiste en una secuencia de margas y calizas gris parduzcas en estratos más o menos uniformes, destacando un miembro lutáceo margoso, amarillento, dentro de un conjunto homogéneo presenta escarpas debido a su dureza uniforme. En algunos horizontes se observan modulaciones calcáreas. Tiene un espesor aproximado de 700m.

Edad y Correlación: Se han encontrado especímenes del Albiano y parte temprana del cenomaniano. Se correlaciona con la parte inferior del Grupo Pulluicana y con la parte baja de la formación Jumas ha del centro del Perú.



Figura 7. Rocas del Fm. Yumagual.

Grupo Calipuy

Formación San Pablo

Estas unidades consisten en gruesos estratos de rocas volcánicas, intercaladas en la base con areniscas rojizas y en la parte superior de una espesa secuencia del aglomerado y peri clásticos bien estratificados. Alcanzan un espesor de 900 m.

El volcánico San Pablo yace con suave discordancia erosionada al volcánico Chilete e infrayace al volcánico Huambos en igual relación.

Edad y correlación: la ausencia de fósiles o estudios radiométricos en el volcánico San Pablo, se estima su edad en base a discordancias, mineralización e intensidad de plegamiento. La acumulación volcánica de esta unidad tuvo lugar durante el paleógeno-neógeno. Se le correlaciona con el volcánico lavase.



Figura 8. Rocas volcánicas de la Formación San Pablo.

Estratigrafía de la zona

La estratificación se trata de la sucesión y relaciones cronológicas originales de los estratos, sino también de su forma, distribución, composición litológica, propiedades geoquímicas y geofísicas, es decir de todas las características, propiedades y atributos de las rocas “como estratos” de la interpretación de su ambiente de formación o modo de origen y de su historia geológica. (*Hedberg, 1980, p.12*)

ERA	SISTEMA	UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICA	CUATERNARIO	DEP. COLUVIAL DEP. FLUVIAL	30		Arenas, arcillas, gravas	
		DEP. LACUSTRINO	100		Arenas, arenas arcillosas, gravas	
	PALEÓGENO NEOGENO	FORMACIÓN HUAMBOS	200		Tobas riolíticas, andesitas, traquitas <i>Discordancia</i>	
		GRUPO CALPUY FORMACIÓN SAN PABLO	300		Tobas riolíticas, andesitas, traquitas <i>Discordancia</i>	
MESOZOICA	CRETACEO SUPERIOR	GRUPO QUILQUIÑAN	240		Calizas macizas, margosas intercaladas con limoarcillitas calcareas.	
		FORMACIÓN MUJARRUM	250		Arcillitas gris amarillentas intercaladas margas y calizas gris marrones.	
		FORMACIÓN YUMAGUAL	500		Calizas areniscosas, margas y arcillitas calcáreas de color gris marrones	
	CRETACEO INFERIOR	FORMACIÓN PARIATAMBO	175		Calizas nodulares gris oscuras intercaladas con arcillitas calcareas	
		FORMACIÓN CHULEC	450		Calizas areniscosas, margas y arcillitas calcareas estratos grueso y delgados bien definidos Intercalación de calizas y margas abundantes de restos fósiles.	
		FORMACIÓN INCA	80		Areniscas ferruginosas, areniscas calcareas	
		GRUPO GOYLLARISQUIZGA				limolitas, arcillitas y areniscas
			FORMACIÓN FARRAT	400		Areniscas grano medio, areniscas ferruginosas con arcillitas Areniscas grano fino intercalada con arcillitas
			FORMACIÓN CARHUAZ	345		Areniscas grano fino gris verdosas, arcillita, limoarcillitas y areniscas Limoarcillitas gris rojizas con nódulos de oxido de hierro
			FORMACIÓN SANTA	80		Arcillitas gris azulinas, arcillitas gris verdosas.
FORMACIÓN CHIMU	300		Areniscas grano fino, gris blanquecinas, con niveles de oxidación. Areniscas ,grano fino, arcillitas Areniscas, grano fino, gris blanquecinas, estatificación sesgada (cruzada).			

AREA DE ESTUDIO

Figura 9. Columna Estratigráfica de Cajamarca.

Geomorfología

El área de estudio se presenta los procesos geomorfológicos que dejan una gran impresión distintiva sobre las formas del terreno y cada proceso geomorfológico desarrollado en su propio conjunto característico de formas de relieve y se ha podido identificar tres unidades, lomas, laderas, colinas.

- **Lomas:** Es una elevación del terreno de poca altura que no sobrepasa de 150 a 200 metros normalmente de forma redondeada que viene a ser el primer grado después de la llanura. Su dicho rango de pendiente está entre 9° y 25°.
- **Laderas:** Son una cadena de montañas desplazadas vertiente abajo por el efecto de la gravedad con una pendiente de 20° a 60° que puede afectar al tipo de litología.
- **Colinas:** Dominada por aquellas tierras que en su conjunto están conformadas según *Dávila (2011)*, elevaciones menores es entre 20 y 300 m sobre el nivel de base local, caracterizadas por presentar una topografía abrupta con relieves accidentados y pendientes moderadamente empinados y muy empinados (15-75%).

Tabla 4. Unidades geomorfológicas.

UNIDADES	GEOMORFOLÓGICAS
PENDIENTE	DESCRIPCIÓN
9-25°	LOMAS
20-60°	LADERAS
20-300	COLINAS

Nota: Clasificación de las unidades geomorfológicas de acuerdo a la pendiente. (*Rodríguez, 2015*)

HIDROLOGÍA

La ley de Darcy

La Ley de Darcy se supone que el flujo ocurre a través de toda la sección transversal del material poroso, la ley proporciona una forma para cuantificar la energía (altura piezométrica) requiere para mover el agua a través de un acuífero, la pérdida de energía es causada por la fricción entre el agua en movimiento (*Sánchez, 2008, p. 1-5*).

$$Q = K \cdot A \cdot \left(\frac{dh}{dl}\right)$$

Donde:

$q = Q /$ sección es decir caudal que circula por m^2 de sección.

K: Conductividad Hidráulica.

$dh/dl =$ Gradiente hidráulico expresado en incrementos infinitesimales (el signo menos se debe a que el caudal es una magnitud vectorial).

A: Área de la sección transversal de la trayectoria del flujo (m^2).

Para poder entender la distribución y circulación de agua en la zona de estudio se debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

Precipitación

Los datos de precipitación para la zona de Ronquillo se obtuvieron del estudio. *Rodríguez (2014)* en su estudio del método de investigación geológico – geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamiento Sector Ronquillo donde toma los datos de precipitación de la estación Werberbauer.

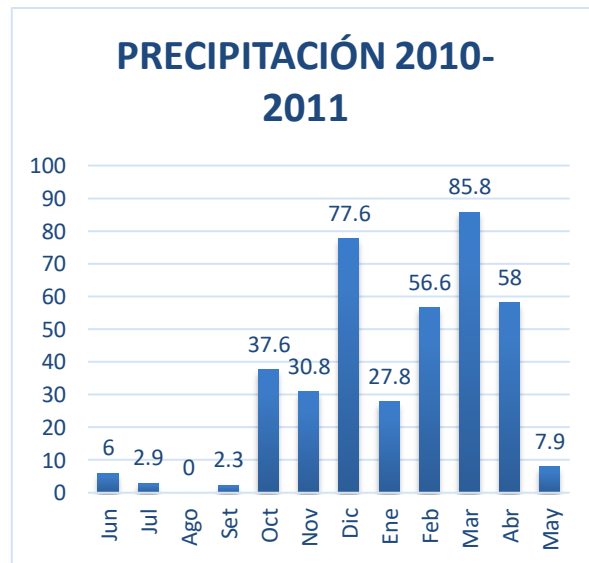
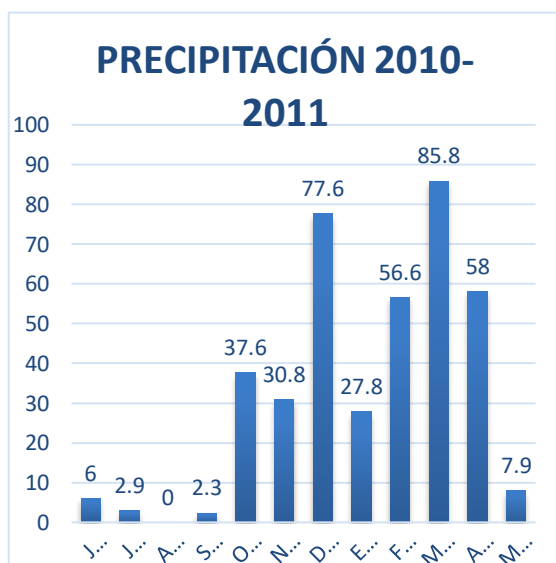
En la tabla se muestra los valores de las precipitaciones tomadas durante los años (2010-2015).

Tabla 5. Precipitaciones de la estación Werberbauer.

Ciclo de precipitación	AÑO ANTERIOR								AÑO POSTERIOR			
	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
PRECIPITACIÓN 2010-2011	6,0	2,9	0,0	2,3	37,6	30,8	77,6	27,8	56,6	85,8	58,0	7,9
PRECIPITACIÓN 2011-2012	0,5	10,9	0,0	34,0	26,6	13,6	105,2	138,2	137,4	125,9	60,6	46,9
PRECIPITACIÓN 2012-2013	0,9	0,0	0,0	24,9	64,5	58,8	27,8	18,6	72,6	148,8	52,4	42,1
PRECIPITACIÓN 2013-2014	10,1	0,0	5,4	4,1	103,9	22,3	47,7	75,5	46,6	125,6	52,4	42,1
PRECIPITACIÓN 2014-2015	6,9	2,5	5,0	37,3	34,9	60,1	153,0	243,9	72,9	266,3	83,8	100,3

Nota. Precipitaciones de los meses entre los años 2010 al 2015 (Rodríguez, 2015)

En las figuras se muestran los resultados que los meses entre noviembre y mayo existe una mayor precipitación, correspondientes a meses de lluvia.



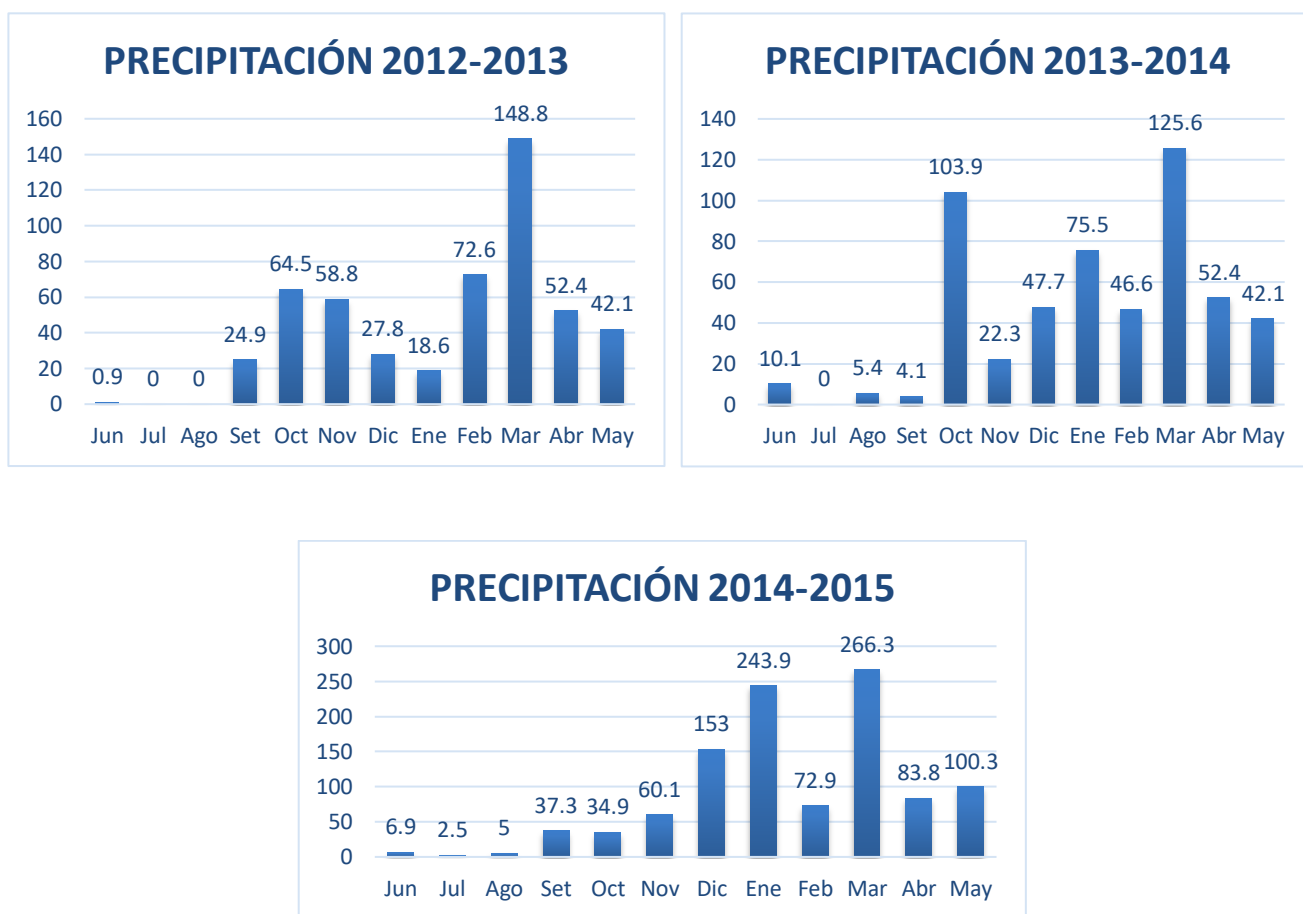


Figura 10. Meses de precipitación 2010-2015.

Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de la superficie de la tierra y queda retenida por ella o alcanza un nivel acuífero incrementado el volumen acumulado anteriormente. Superada por la capacidad de campo del suelo, el agua desciende por la acción conjunta de las fuerzas capilares y de la gravedad. (Allen ,2007, p.50)

Hidrogeología

Es la ciencia que estudia las aguas subterráneas, trata de su origen y formación, así como de su movimiento y caracterización físicas- químicas. A su vez la geología condiciona el funcionamiento de los acuíferos, ya que las aguas subterráneas se mueven en el interior de estas formaciones geológicas. (Gomes, 2012, p.11)

Acuífero: Es la formación geológica subterránea permeable, susceptible de almacenar y transmitir el agua en el estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros y grietas. (*Gomes, 2012, p.10*)

Acuífero confinado: Es el acuífero que se encuentra entre dos acuitados. El agua dentro de estos poros se encuentra sometida a cierta presión, superior a la presión atmosférica. Si es que la presión fuera menor que la presión atmosférica se trataría de un acuífero semiconfinado. (*Gomes, 2012, p.10*)

Acuífero Libre: Es aquel cuya superficie de agua se encuentra a presión atmosférica, es decir en contacto directo con la atmósfera, a través de los espacios huecos de un terreno permeable. (*Gomes, 2012, p.15*)

Acuífero Fisurado: (o fracturado) Unidad geológica con gran cantidad de fracturas (diaclasas o grietas) las cuales facilitan la infiltración y transmisión de aguas superficiales hacia el subsuelo. (*Vargas,2004, p69*)

Acuífero Poroso: Se encuentran en materiales transportados y consolidados, generalmente en depósitos aluviales y fluviales. (*Vargas,2004, p.20*)

Acuitardo: Es aquella formación geológica subterránea que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente por lo que tampoco son aptos para el emplazamiento de captaciones, pero, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos. (*Donado,2004, p188*)

Acuícludo: Es aquella formación geológica que contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Dentro de este grupo pueden incluirse los cienos y léngamos (arcillas por lo general) de origen deltaico y/o de estuario. (*Rodriguez,2015, p50*)

Roca Almacén: Hemos definido como roca almacén (acuífero) a toda formación geológica con huecos, conectados entre sí, capaz de acumular y dejar circular agua.

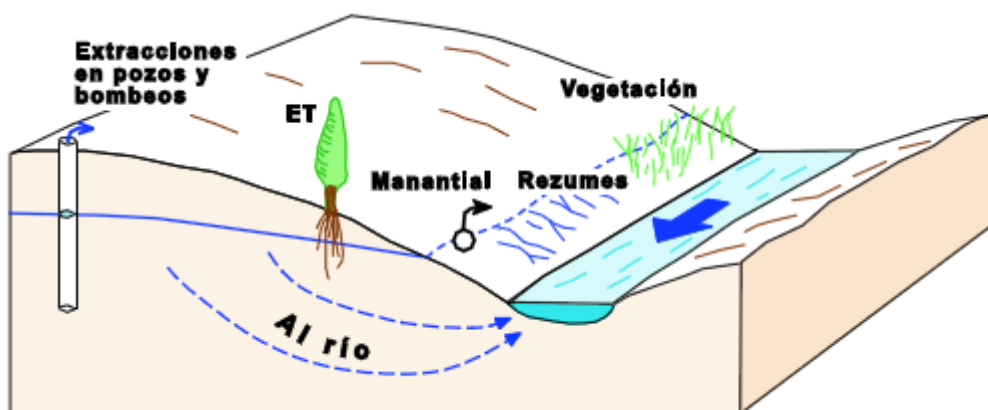


Figura 11. Acuíferos de la roca almacén (Fuente: Dpto. Geología – Univ. Salamanca (España))

Manantial: Un manantial es aquel punto o área de surgencia natural de agua, procedente de un acuífero, el cual actúa como un aliviadero natural de las aguas subterráneas. Al ser un manantial un punto de surgencia natural, su captación no afecta a otros recursos existentes en su entorno, dado que al haber existido siempre, el nivel piezométrico y balance local deben mantenerse inactivos sea o no captado el manantial. (Aguirre, 2003, p33)

Porosidad: La porosidad es un parámetro que nos expresa la relación entre el volumen de su parte vacía (ocupada por aire o agua) y su volumen total, expresado en porcentajes. La porosidad de las rocas está determinada por la forma, disposición y tamaño de los granos. (Gomes, 2012, p.25)

$$m = \frac{V_v}{V_t} \times 100$$

Donde:

- m: Porosidad en porcentaje
- VV: Volumen de vacíos
- Vi: Volumen total

Permeabilidad: También llamada Conductividad Hidráulica, es uno de los parámetros hidrogeológicos más importantes pues nos ayudan a determinar el volumen de agua libre que percola durante la unidad de tiempo (caudal de infiltración) a través de una sección. Los factores intrínsecos y extrínsecos que determinan la permeabilidad son tamaño de poros, tipo, peso y viscosidad del fluido. (Gomes, 2012, p.26)

$$K = \frac{Q}{S}$$

Donde:

K: Permeabilidad

Q: Caudal de infiltración

S: Sección

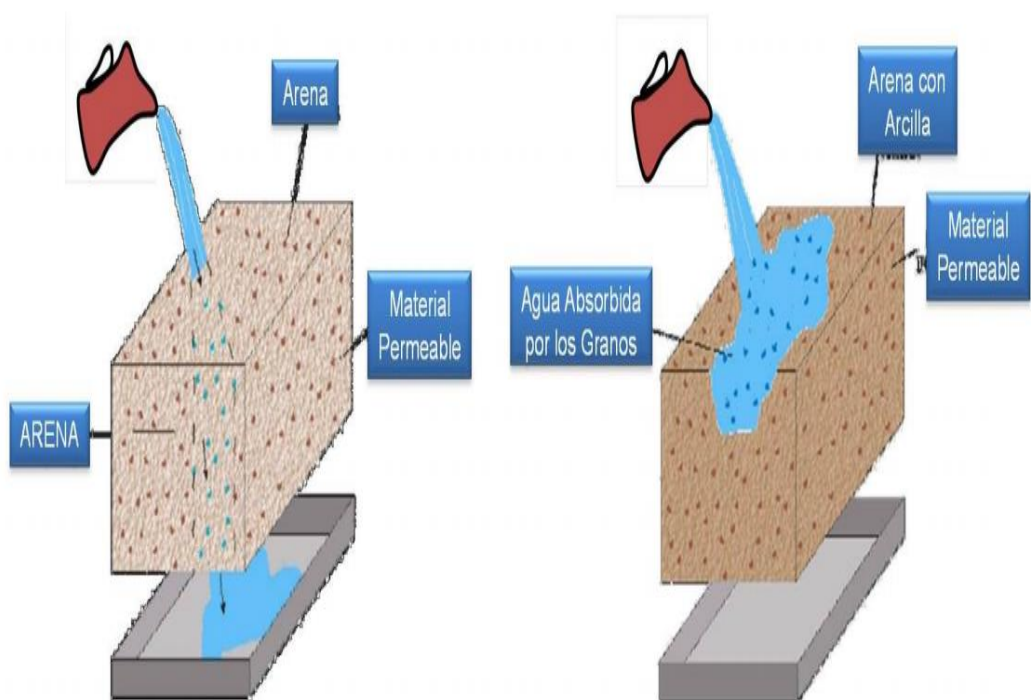


Figura 12. Porosidad y permeabilidad

Fuente: www.fcfm.cl

Tabla 6. Valores de porosidad (Freeze and cherry,1979)

Materiales	n (%)
depósitos no consolidados	
Gravas	25-40
Arenas	25-50
Limos	35-50
Arcillas	40-70
Rocas	
Basalto fracturado	5-50
Calizas Kársticas	25-50
Areniscas	5-30
Calizas, dolomía	0-20
Pizarra	0-10
Rocas cristalinas fracturadas	0-10
Rocas cristalinas compactas	0-5

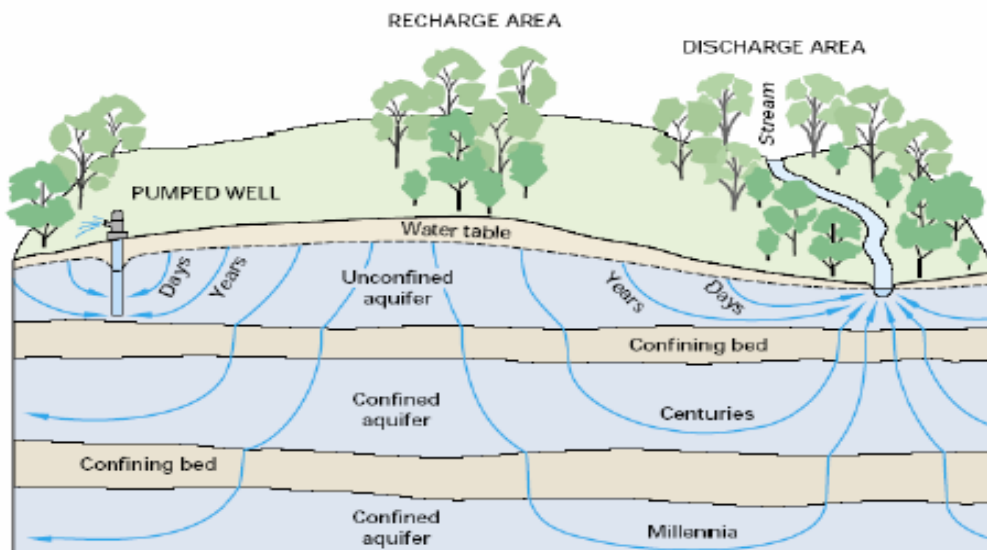


Figura 13. Modelo de permeabilidad (Fuente: <http://water.usgs.gov/circ/circ1139/>).

Conductividad Hidráulica

Al aplicar agua a un suelo, sea por lluvia o por riego a un suelo inicialmente, los horizontales superiores absorben el agua y esta penetra en la superficie, infiltra, formando un frente de mojadura. Al descender el agua a través del perfil percola, llega hasta el nivel freático, donde se incorpora el agua que se encuentra subsuperficialmente. Se puede que se desplace en cualquier dirección del suelo, lo que dependerá de N valor intrínseco de cada suelo llamado conductividad hidráulica; es un valor constante que indica el flujo de un líquido a través de un medio poroso, saturado con un líquido que fluye a través de un sistema, que se puede derivar de una relación empírica establecida por Darcy en 1856, en base en los volúmenes de flujo de agua impulsados por un gradiente hidráulico; a través de una columna de suelo arenoso, saturado con agua. Para un suelo saturado con agua y estructura estable, el valor puede considerarse estable. (*ellies, 1997. p.51-52*)

La conductividad hidráulica; representa la mayor o menor facilidad con que le medio deja de para el agua a través de el por unidades área transversal a la dirección del flujo. Tiene las dimensiones de una velocidad ($L T^{-1}$) y suele expresarse en cm/s, m/s o m/día. El valor de la conductividad hidráulica es constante para cada medio y para cada fluido en unas mismas condiciones.

Los factores de influye en K, son la naturaleza del terreno, la densidad y la viscosidad del fluido, que son a su vez función de la temperatura y de la presión. En un sistema estratificado la conductividad será diferente para cada estrato del perfil del suelo. Sin embargo, es posible definir un valor global de todo el sistema. En este sentido habrá que distinguir entre la permeabilidad global cuando el flujo es perpendicular a la estratificación.

$$\frac{1}{K_v} = \frac{1}{L} \sum \frac{b_i}{k_i}$$

Donde K_v es la permeabilidad global perpendicular a la estratificación, L es la longitud atravesada, b, es espesor de cada capa y K_j es la conductividad de cada una de estas capas, o cuando el flujo es paralelo a estas, en cuyo caso la expresión cambia quedando de la siguiente manera.

$$K_h = \frac{1}{L} \sum b_i k_i$$

Siendo K_{hi} la permeabilidad global paralela a la estratificación. En general encontramos que $K_v < K_h$ ya que el efecto de la estratificación es muy importante. Por otra parte, la conductividad horizontal se subdivide en componentes K_{hx} y K_{hy} , aunque se suele admitir isotropía en el plano horizontal, es decir $K_{hx}=K_{hy}$. (ellies,1997. p.51-52))

Tabla 7. Rangos de Conductividad Hidráulica Propuestas. (Cervices, E.U. ASoil Conservation)

CLASES	CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA	
	cm/h	m/día
	Muy lenta	0.1
Lenta	0.1-0.5	0.03-0.012
Moderadamente		
Lenta	0.5-2	0.12-0.50
Moderada	2.0-6.0	0.50-1.50
Moderadamente		
rápido	6.0-12.0	1.50-3.00
Rápido	12.0-18.0	3.00-4.50
muy rápido	>18.0	>4,5

GEOFÍSICA

En la presente investigación se empleó la tomografía Geolétrica empleando la configuración Dipolo- Dipolo.

La Tomografía Geolétrica, proporciona información de las propiedades físicas del subsuelo mediante el parámetro físico de resistividad real que poseen las formaciones geológicas, las que están en función de cuatro variables físicas como son, porosidad, nivel de saturación en agua. Lo que constituye una herramienta más adecuada para definir características hidrogeológicas del terreno a lo largo de las secciones Geolétrica. El resultado final es una imagen en 2D Distancia-Profundidad, que muestra la resistividad real del subsuelo, y que puede ser interpretado en términos geológicos. Según Auge, (2008).la resistividad es una propiedad inversa a la conductividad eléctrica y es generalmente se expresa en (Ωm).

Ley de Ohm

Definimos la corriente eléctrica con el paso de electrones que se transmiten a través de un conductor en un tiempo determinado, la corriente eléctrica es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica.

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

I = Intensidad en amperios (A).

V=Diferencia de potencial en voltios (V).

R=Resistencia en ohmios (Ω).

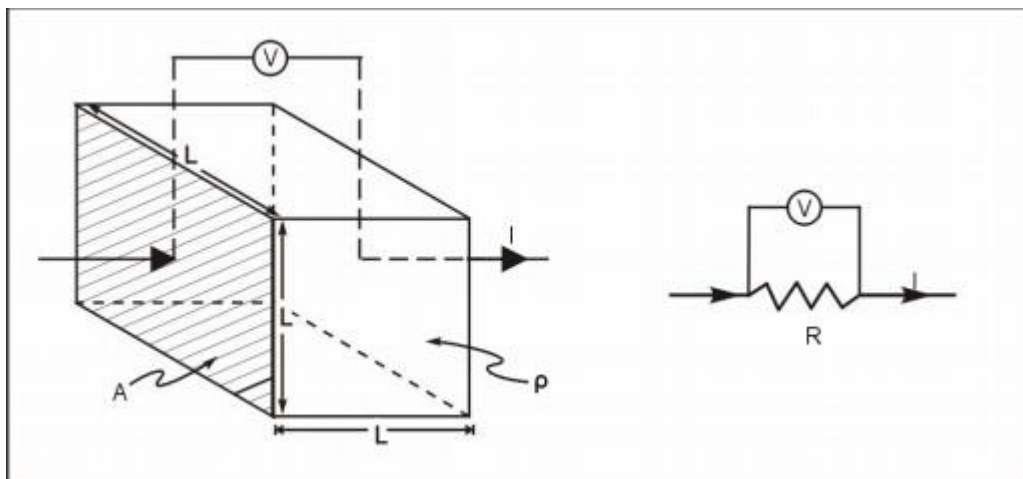


Figura 14. Ley de Ohm Fuente: Auge, (2008).

Configuración Dipolo-dipolo

Según *Orellana (1988)* este arreglo consiste en cuatro electrodos dispuestos en forma lineal ABCD. Sobre un perfil, es ampliamente usado por el bajo acoplamiento entre la corriente y los circuitos potencias.

El espaciamiento entre los electrodos de corrientes es determinar por el factor A en la misma distancia entre los electrodos de potencial, además este arreglo tiene otro factor denominado N para los estudios con este arreglo el factor A se mantiene fijo y el factor N se va incrementando ya que con esto se busca aumentar la profundidad de investigar.

El arreglo Dipolo- Dipolo presenta una alta resolución para los contrastes laterales de resistividad, tiene una resolución mayor en niveles cercanos a la superficie y es el arreglo que presenta mayor número de mediciones, por lo tanto, es bueno para encontrar estructuras verticales tales como cavidades, pero relativamente pobre para encontrar estructuras horizontales tales como diques o capas de sedimentarias.

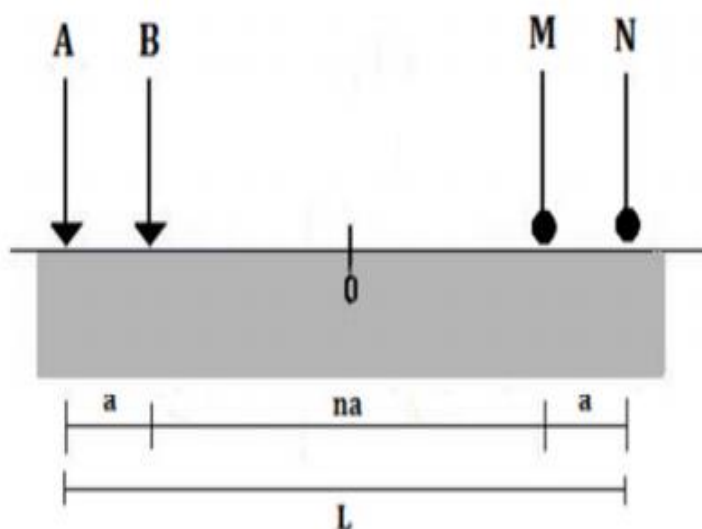


Figura 15. Disposición de los electrodos en el arreglo Dipolo-Dipolo. (Chelotti y acosta ,2010)

Muestra el alcance aproximado del arreglo Dipolo-Dipolo en el subsuelo, es decir, los niveles de profundidad alcanzada).

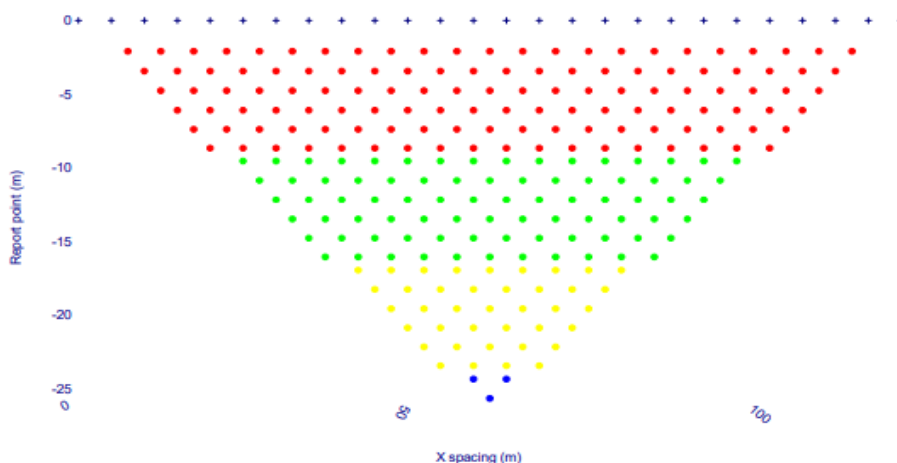


Figura 16. Diagrama de puntos de adquisición para el arreglo Dipolo-Dipolo. (Iris instrumentos ,2010)

Tabla 8. Valores de resistividad de rocas sedimentos, ígneas y metamórficas, aguas, sedimentos y suelos (Tabla tomada de Urbeta, Tesis maestría, 2009).

Aguas, Sedimentos Y Suelos	Resistividad (Ωm)
Arenas	30-500
Arena fina	103
Arena seca	10^3 - 10^4
Arena silíceas	200-3000
Arenas con agua dulce	50-500
Arenas con agua salada	0.5-5
Arenas petrolífero	4 - 2.2×10^3
Arcilla	1-100
Arcilla seca	30
Arcilla húmeda	10
Limos	10-200
Aluvi6n	10-800
Gravas	50 - 10^3
Gravas húmedas	5×10^2
Gravas saturadas	102
Conglomerado	2×10^2 - 10^4
Roca salda	3×10 - 10^4
Aguas dulces superficiales	10 - 10^3
Aguas salobres superficiales	02-oct
Agua subterránea	10-100

Rocas ígneas y Meta f6rmicas	Resistividad (Ωm)
Granito	5×10^2 - 10^6
Granito muy alterado	1500-10000
Granito muy alterado	100-600
Basalto	10 - 1.3×10^7
Andesita	4.5×10^4 - 1.7×10^2
Diorita	10^2
Gabro	$10^3 \times 10^6$
Sienita	$10^3 \times 10^6$
Peridotita	3×10^2 - 6.5×10^2
Lavas	10^2 - 5×10^4
pizarra	6×10^2 - 4×10^7
Mármol	$10^3 \times$ - 2.5×10^8
Cuarcita	10^2 - 2×10^8
Rocas Sedimentarias	Resistividad (Ωm)
Arenisca	8 - 4×10^3
Lutita	20 - 2×10^3
Caliza	100 - 5×10^3
Caliza compacta	1000-5000
Caliza blanda	100-300
Caliza fracturada	500-1000
Limonita	50 - 10^7
Dolomita	3.5×10^2 - 5×10^2
Margas secas	10^2
Margas húmedas	10

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Toda la información de campo fue procesado, interpretado y analizado los 4 ensayos de las líneas de Tomografías Geoléctricas, para esto se utilizó el Software Geosoft Oasis Montaje desarrollado en el área de estudio.

En las secciones se mencionó valores máximos y mínimos de resistividad anomalías como factores discontinuidades, a continuación, se presenta cada una de las líneas estudiadas.

ESTACIÓN GEOFÍSICA

LINEA DE RESISTIVIDAD L-01

El perfil de resistividad de línea L-01 tiene una longitud de 39 m y una profundidad de 150 m, presenta 4 zonas de resistividad que será denominada como capas 1, 2, 3 y 4.

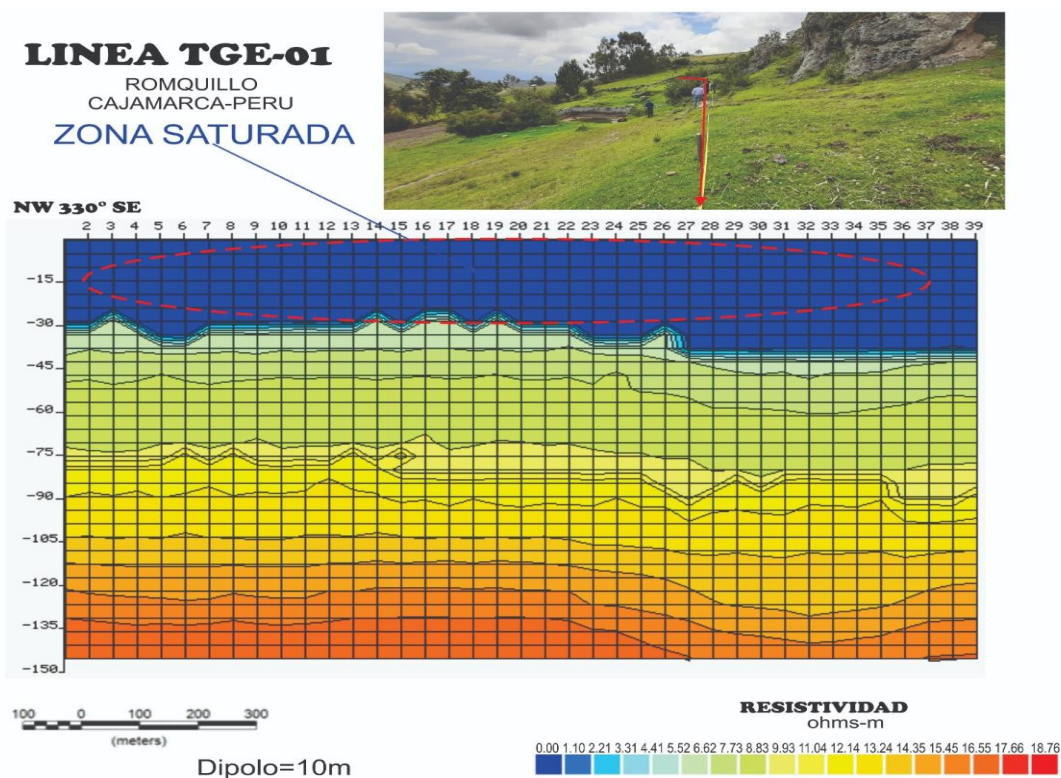


Figura 17. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-1, en el Software Geosoft Oasis Montaj (Fuente Propia).

La capa 1 presenta valores de resistividad entre $0.1 \Omega\text{m}$ y $2.5 \Omega\text{m}$, con un espesor de capa que varía de 1.5 a 34 m a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretamos con material de arcillosos saturados (tobas volcánicas).

La capa 2 se muestra resistividad entre $2 \Omega\text{m}$ y $8 \Omega\text{m}$ con un espesor que varía de 5 a 36 metros a lo largo de la línea estudiada interpretado como limo arcilloso ligeramente húmedo.

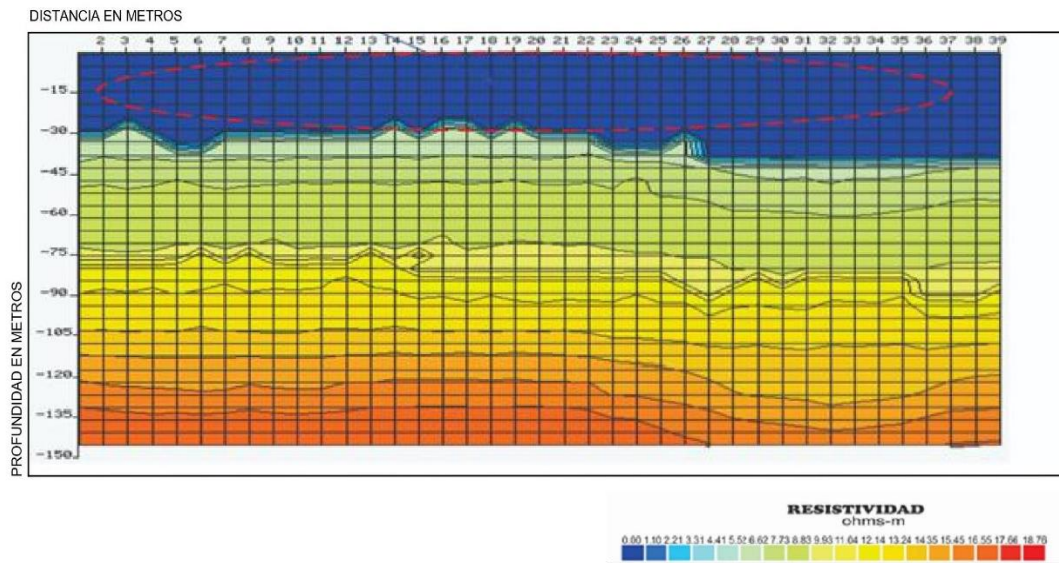
La capa 3 con datos de resistividad entre $8 \Omega\text{m}$ y $13 \Omega\text{m}$ con espesor 15 a 30 metros interpretada como probablemente como margas calcáreas.

La capa 4 con datos de resistividad entre $13 \Omega\text{m}$ y $202 \Omega\text{m}$ con espesor mayores a 45 m, interpretado como lutitas y calizas.

Tabla 9. Resultados de resistividad L-01.

Capa	Resistividad (Ωm)	Espesor (m)	Descripción
1	0.1-25	1.5 a 34m	Material de muy baja resistividad. Suelo compuesto de material arcilloso saturado.
2	2-8	5 a 36	Material de bajo resistividad. Suelo compuesto probablemente con material limo arcilloso ligeramente (húmedo).
3	8-13	30	Material de mediana resistividad, compuesto probablemente con margas.
4	13-202	>34	Material alto en resistividad compuesto de lutitas y calizas.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROCESADO - SECCION 1



INTERPRETACION POSIBLE ATRIBUCION GEOLOGICA - SECCION 1

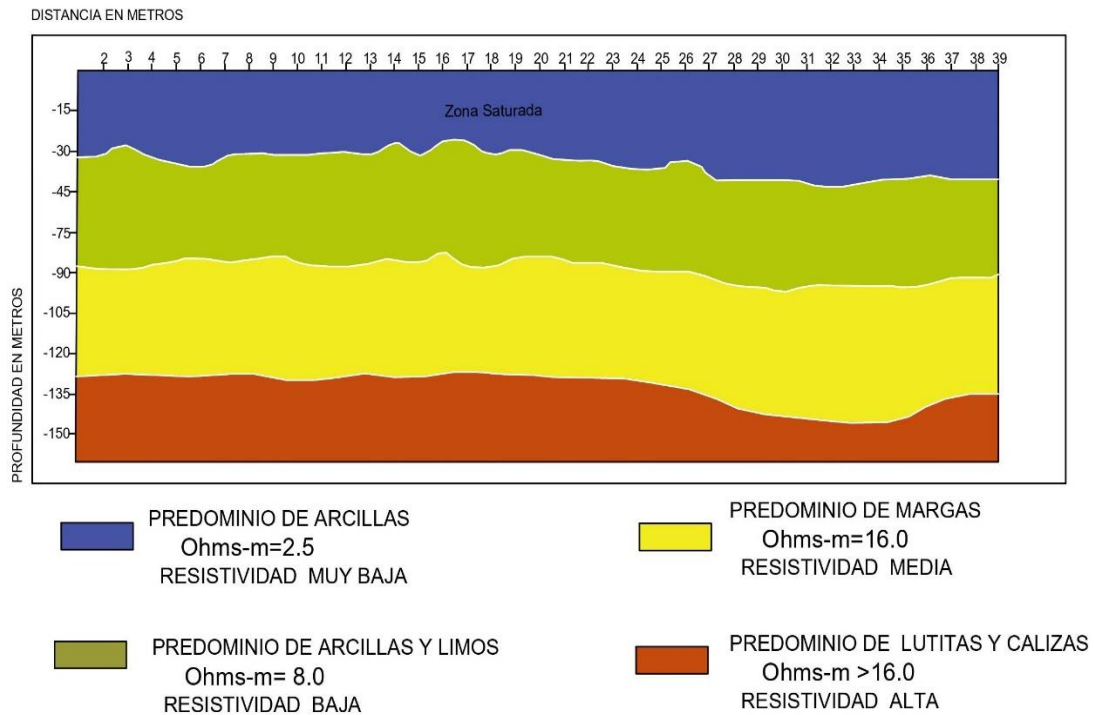


Figura 18. Interpretación de la línea L-1, de la sección de Tomografías Geolétricas en 2D.

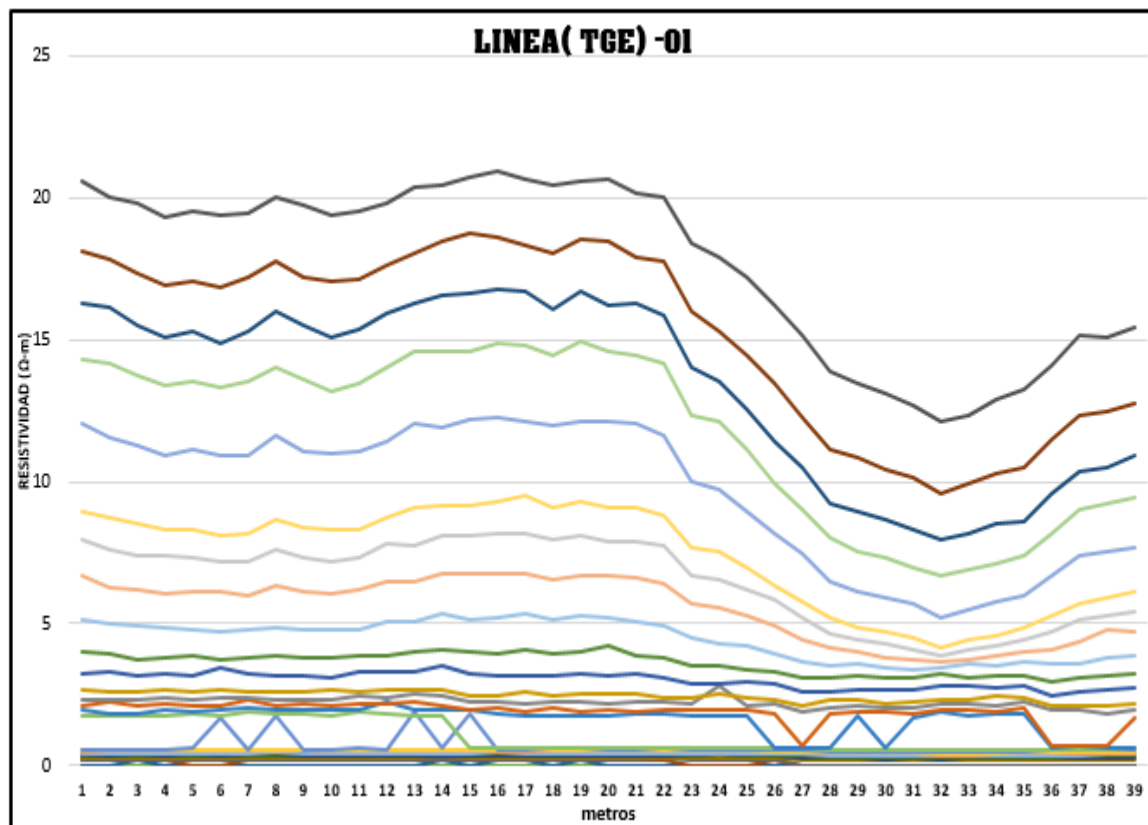


Figura 19. Gráfico de resistividad de la línea 1.

Los resultados que se obtiene entre la resistividad y longitud de cada electrodo indican las diferentes capas del subsuelo y nos dan una idea de la profundidad. Presenta valores bajos de resistividad, las medidas de mayor agrupamiento de datos en forma lineal llegando hasta un máximo de 5 (Ωm) con materiales comprendidos entre arcillas y limos saturados. Los datos de mayor dispersión en los datos mayores a 8 (Ωm) presentan mayor resistividad y un cierto grado de curvatura por la presencia de rocas calcáreas. Dependiendo si el valor de resistividad se relaciona con el contenido de agua. Nótese que a medida que el contenido de agua la resistividad tiende a disminuir. (Ver Figura 19).

LÍNEA DE RESISTIVIDAD L-02

El perfil de resistividad de línea L-02 tiene una longitud de 22 m y una profundidad de 150 m, presenta 4 zonas de resistividad que será denominada como capas 1, 2, 3 y 4.

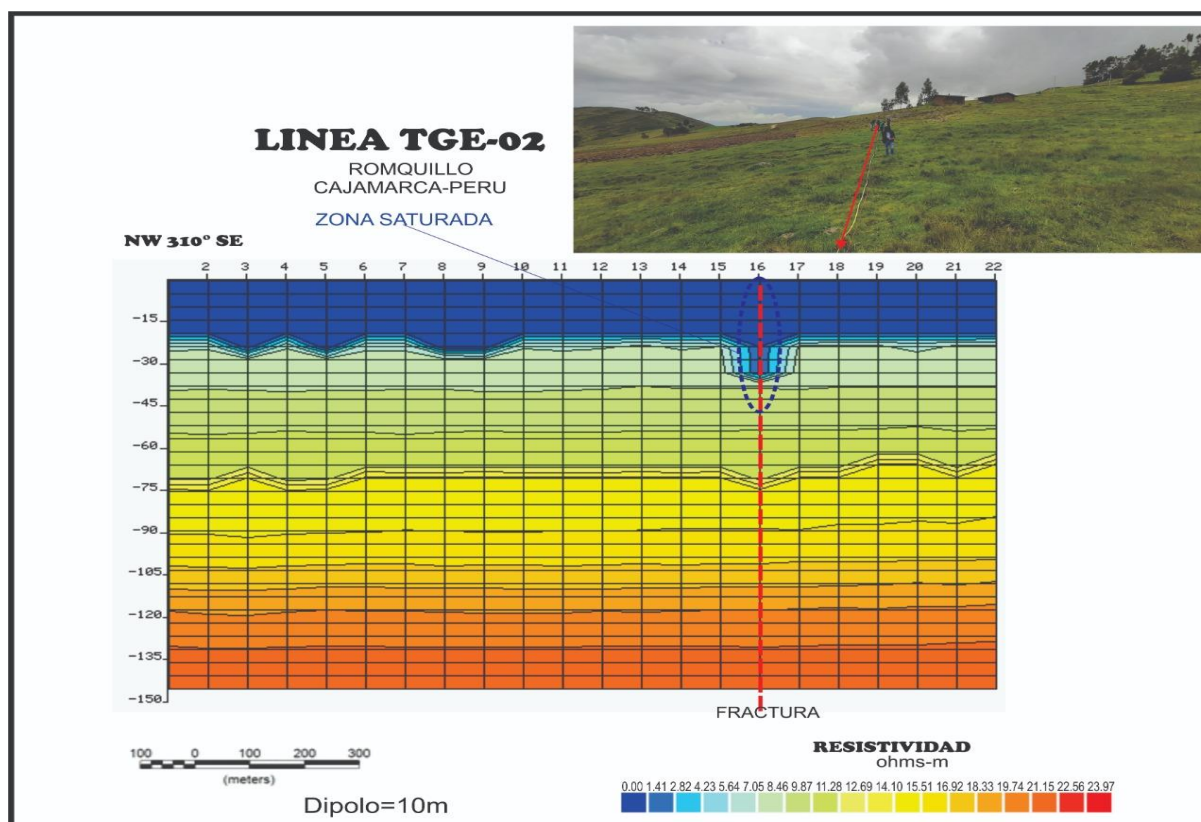


Figura 20. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-2, en el Software Geosoft Oasis Montaj. (Fuente Propia).

La capa 1 presenta valores de resistividad entre $0.1 \Omega\text{m}$ y $1.8 \Omega\text{m}$, con un espesor de capa que varía 2 m hasta profundizarse hasta 40 metros a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretamos con material arcilloso saturados (tobas volcánicas).

La capa 2 presenta resistividad entre $4 \Omega\text{m}$ y $8 \Omega\text{m}$ con un espesor que varía 45 metros a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretado con material de limo arcilloso ligeramente húmedo (tobas volcánicas).

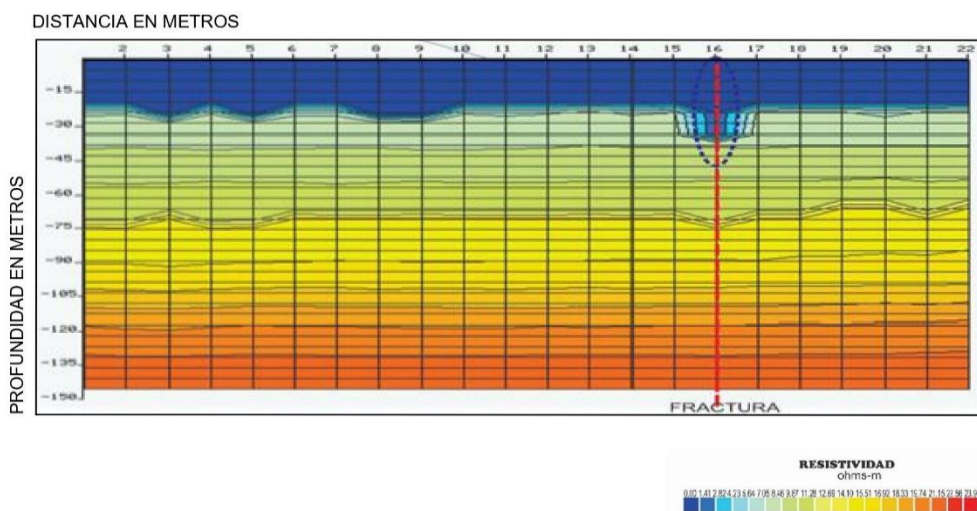
La capa 3 con datos de resistividad entre $8 \Omega\text{m}$ y $16 \Omega\text{m}$ con espesor 30 a 45 metros interpretada como probablemente margas calcarías.

La capa 4 con datos de resistividad entre $16 \Omega\text{m}$ y $202 \Omega\text{m}$ con espesor mayor es a >45 metros, interpretado como lutitas y calizas.

Tabla 10. Resultados de resistividad L-02.

Capa	Resistividad (Ωm)	Espesor (m)	Descripción
1	0.1-1.8	2 a 40 m	Material de muy baja resistividad. Suelo compuesto de material arcilloso saturado.
2	4-8	45	Material de baja resistividad. Suelo compuesto de material de limos arcilloso (ligeramente húmedo)
3	8-16	30 a 45	Material de media. Resistividad, compuesto probablemente con margas calcáreas.
4	16-202	>45	Material alto en resistividad compuesto de material de lutitas y caliza.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROCESADO -SECCION 2



INTERPRETACION POSIBLE ATRIBUCION GEOLOGICA - SECCION 2

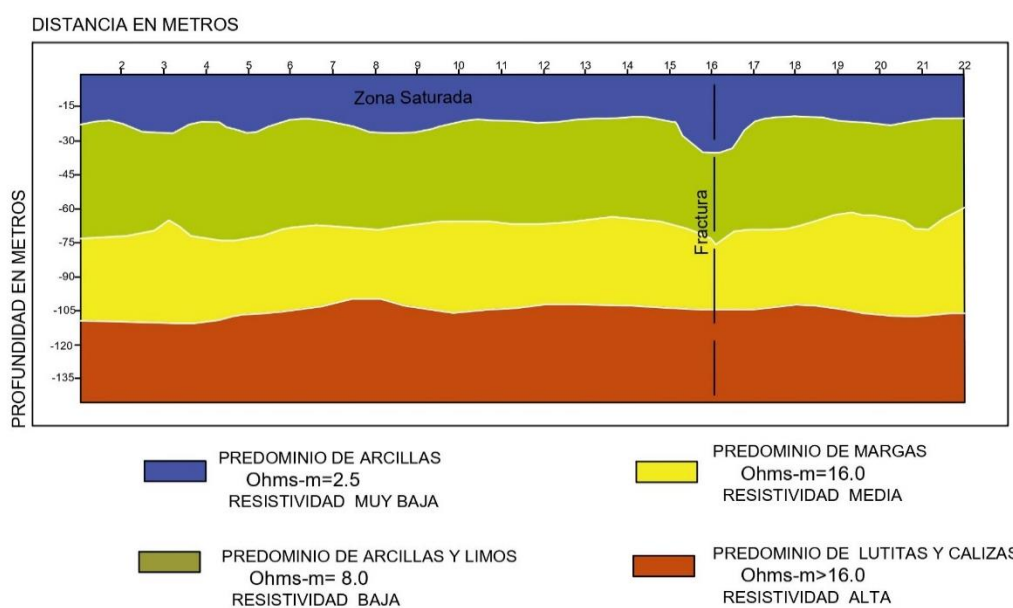


Figura 21. Interpretación de la línea L-2, de la sección de Tomografías Geoelectrica en 2D.

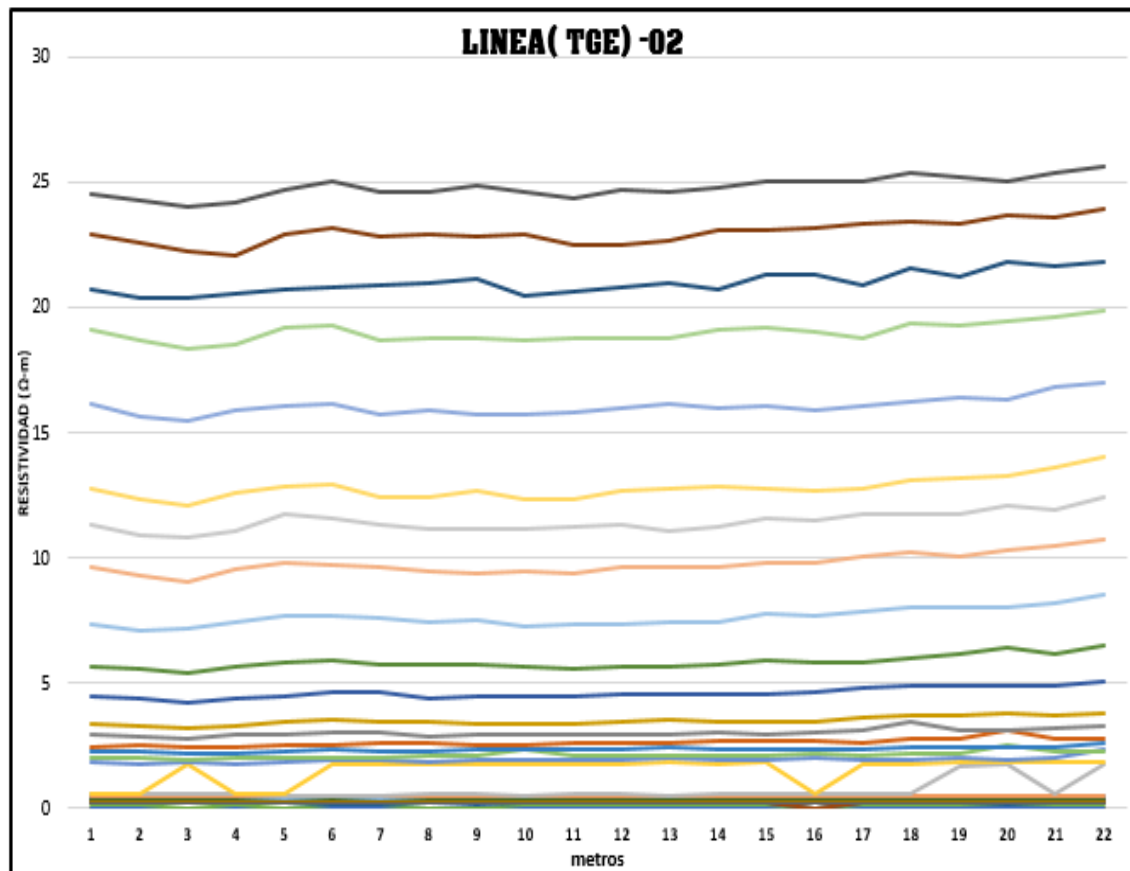


Figura 22. Gráfico de resistividad de la línea 2.

Los resultados que se obtiene entre la resistividad y longitud de cada electrodo indican las diferentes capas del subsuelo y nos dan una idea de la profundidad. Sin embargo, hay valores bajos de resistividad con mayor agrupamiento de datos en forma lineal llegando hasta un máximo aproximado de 5 (Ωm) con materiales comprendidos entre arcillas y limos saturados. Los datos de mayor dispersión en los datos mayores a 8 (Ωm) presentan mayor resistividad y un cierto grado de lineamiento horizontal por la presencia de rocas calcáreas. Dependiendo si el valor de resistividad se relaciona con el contenido de agua. Nótese que a medida que el contenido de agua se presenta la resistividad tiende a disminuir. (Ver Figura 22).

LINEA DE RESISTIVIDAD L-03

El perfil de resistividad de línea L-03 tiene una longitud de 19 m y una profundidad de 150 m, presenta 4 zonas de resistividad que será denominada como capas 1, 2, 3 y 4.

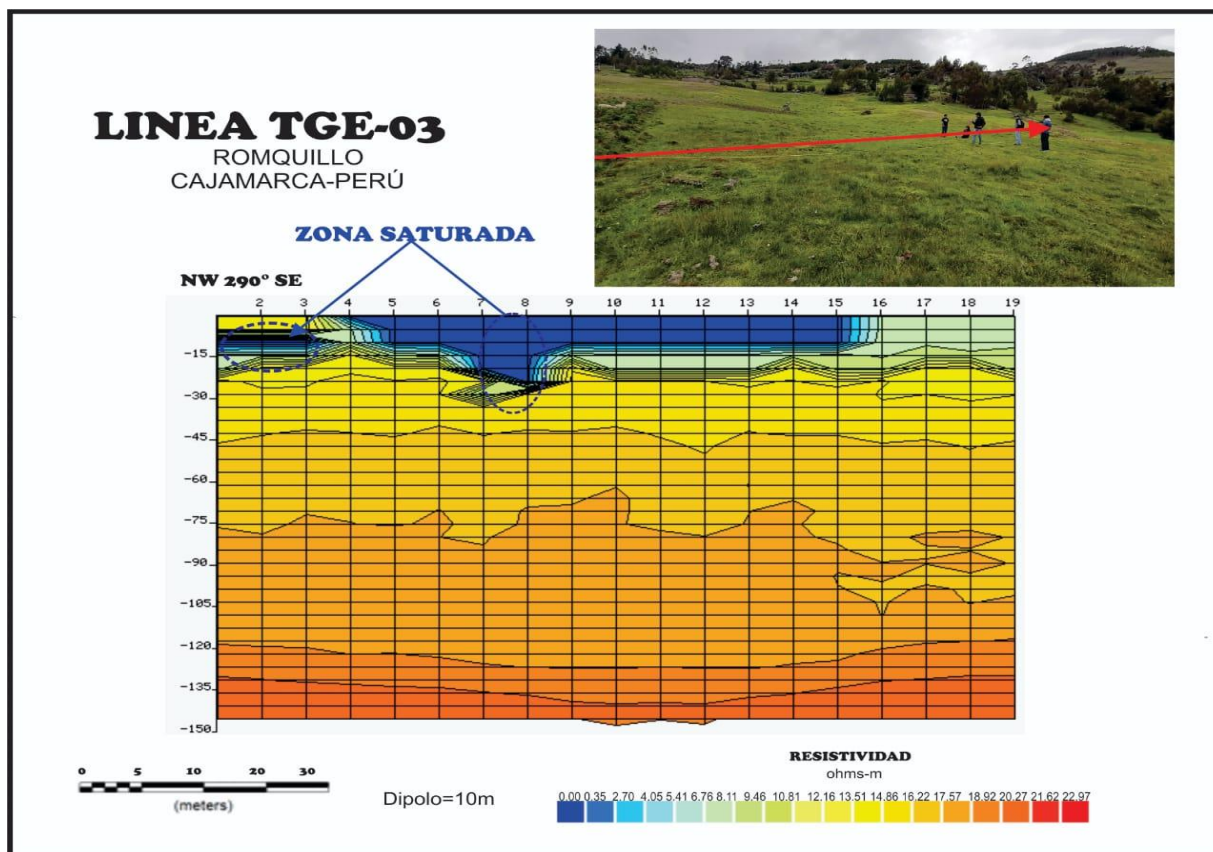


Figura 23. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-3, en el Software Geosoft Oasis Montaj. (Fuente Propia).

La capa 1 presenta valores de resistividad entre $0.1 \Omega\text{m}$ y $3 \Omega\text{m}$, con un espesor de capa que varía 5 a 25 metros a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretamos con material arcillosos saturados (tobas volcánicas).

La capa 2 presenta resistividad entre $4 \Omega\text{m}$ y $7 \Omega\text{m}$ con un espesor que varía 1 a 25 metros a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretado con material limo arcillosos ligeramente húmedo.

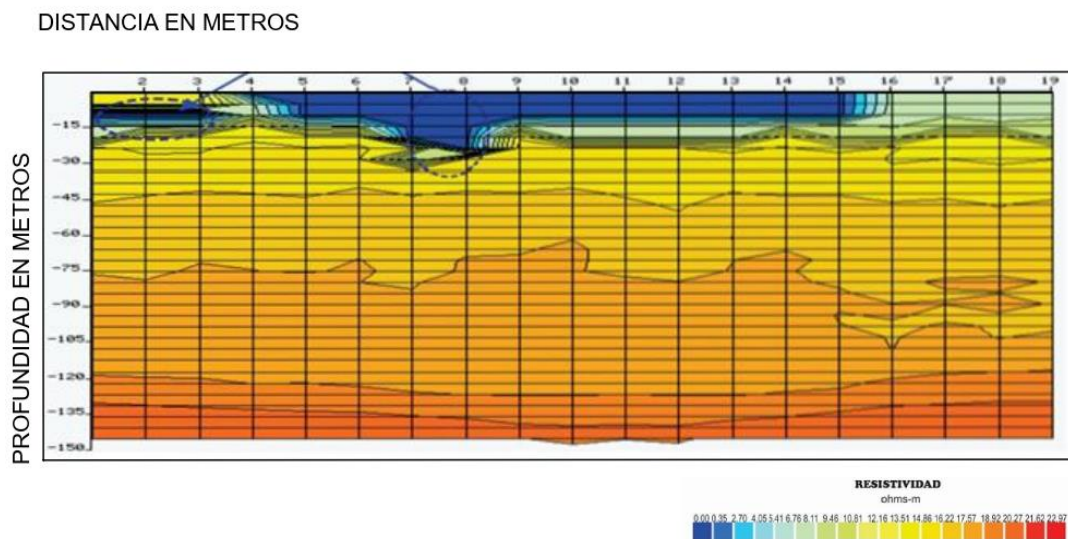
La capa 3 con datos de resistividad entre $8 \Omega\text{m}$ y $16 \Omega\text{m}$ con espesor 45 metros interpretados como probablemente margas calcarías.

La capa 4 con datos de resistividad entre $16 \Omega\text{m}$ y $202 \Omega\text{m}$ con espesor mayor es a $>50\text{m}$, interpretado como lutitas y calizas calcarías.

Tabla 11. Resultados de resistividad L-03.

Capa	Resistividad (Ωm)	Espesor (m)	Descripción
1	0.1-3	5 a 25	Material de muy baja resistividad. Suelo compuesto de material arcilloso saturado.
2	4-7	1 a 25	Material de bajo resistividad. Suelo compuesto de material de limo arcillas ligeramente húmedo.
3	8-16	45	Material de media. Resistividad, compuesto probablemente con margas.
4	16-202	>50	Material alto en resistividad compuesto de lutitas y calizas.

RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROCESADO -SECCION 3



INTERPRETACION POSIBLE ATRIBUCION GEOLOGICA - SECCION 3

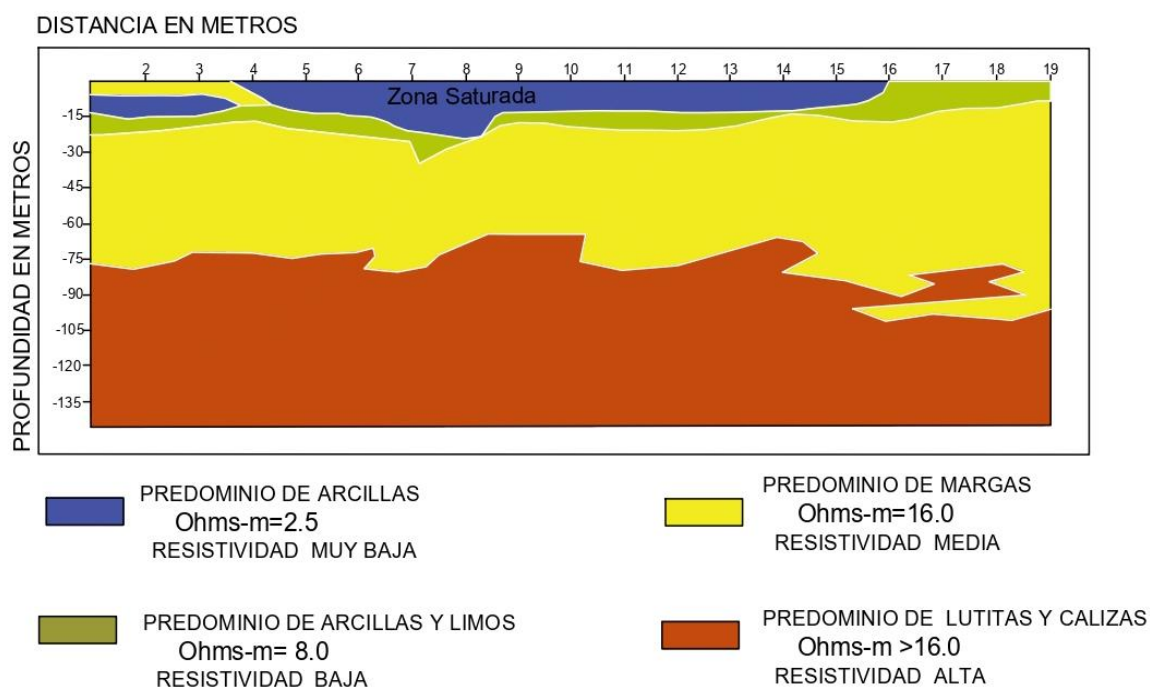


Figura 24. Interpretación de la línea L-2, de la sección de Tomografías Geo eléctrica en 2D.

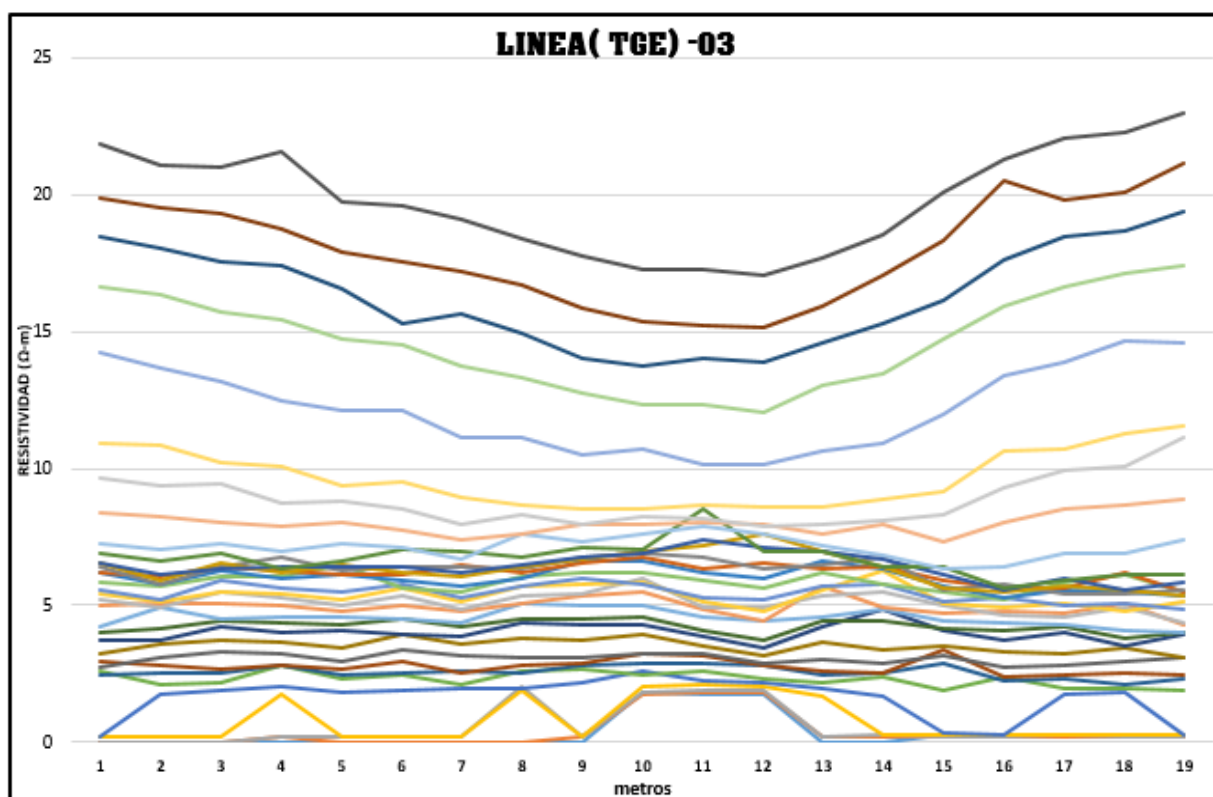


Figura 25. Gráfico de resistividad de la línea 3.

Los resultados que se obtiene entre la resistividad y longitud de cada electrodo indican las diferentes capas del subsuelo y nos dan una idea de la profundidad. Sin embargo, presenta valores bajos de resistividad con mayor agrupamiento de los datos en forma lineal llegando hasta un máximo aproximado de 8 (Ωm) con materiales comprendidos entre arcillas y limos saturados. Los datos de mayor dispersión en los datos mayores a 8 (Ωm) presentan mayor resistividad y un cierto grado de curvatura por la presencia de rocas calcáreas. Dependiendo si el valor de resistividad se relaciona con el contenido de agua. Nótese que a medida que el contenido de agua se presenta la resistividad tiende a disminuir. (Ver Figura 25).

LINEA DE RESISTIVIDAD L-04

El perfil de resistividad de línea L-04 tiene una longitud de 20 m y una profundidad de 150 m, presenta 4 zonas de resistividad que será denominada como capas 1, 2, 3 y 4.

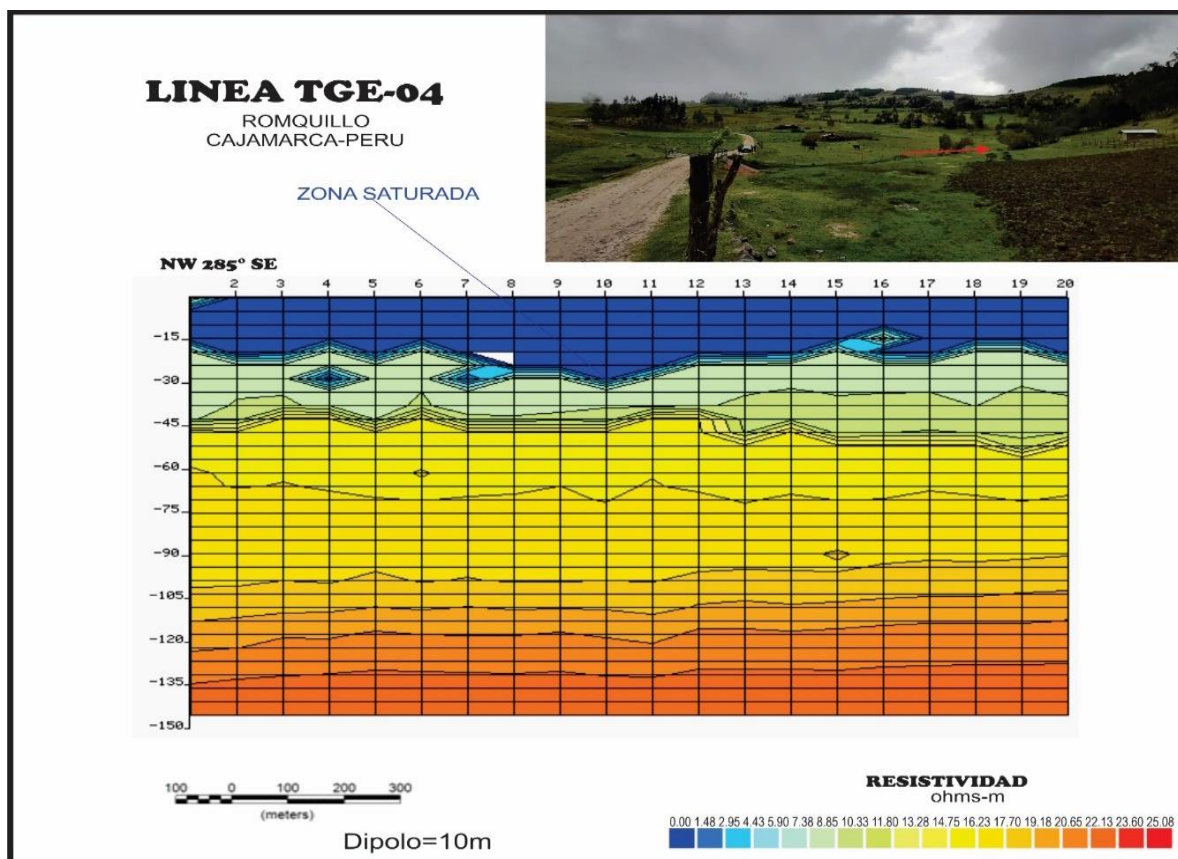


Figura 26. Sección de resistividad 2D interpolado y suavizado L-4, en el Software Geosoft Oasis Montaj. (Fuente Propia).

La capa 1 presenta valores de resistividad entre $0.1 \Omega\text{m}$ y $2.5 \Omega\text{m}$, con un espesor de capa que varía 5 a 25 metros a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretamos con material arcilloso saturado.

La capa 2 presenta resistividad entre $4 \Omega\text{m}$ y $8 \Omega\text{m}$ con un espesor que varía 5 a 20 metros a lo largo de la línea estudiada, siendo así interpretado con material limo arcilloso ligeramente húmedo.

La capa 3 con datos de resistividad entre $8 \Omega\text{m}$ y $16 \Omega\text{m}$ con espesor 45 metros interpretados como probablemente margas.

La capa 4 con datos de resistividad entre $16 \Omega\text{m}$ y $202 \Omega\text{m}$ con espesor mayor es a $>45\text{m}$, interpretado como lutitas y calizas.

Tabla 12. Resultados de resistividad L-04.

Capa	Resistividad (Ωm)	Espesor (m)	Descripción
1	0.1-2.5	1 a 25	Material de muy baja resistividad. Suelo compuesto de material limo arcilloso saturado.
2	4-8	5 a 25	Material de bajo resistividad. Suelo compuesto de material de arcillas ligeramente (húmedo).
3	8-16	60	Material de media. Resistividad, compuesto probablemente con margas.
4	16-202	>45	Material alto en resistividad compuesto de lutitas y calizas.

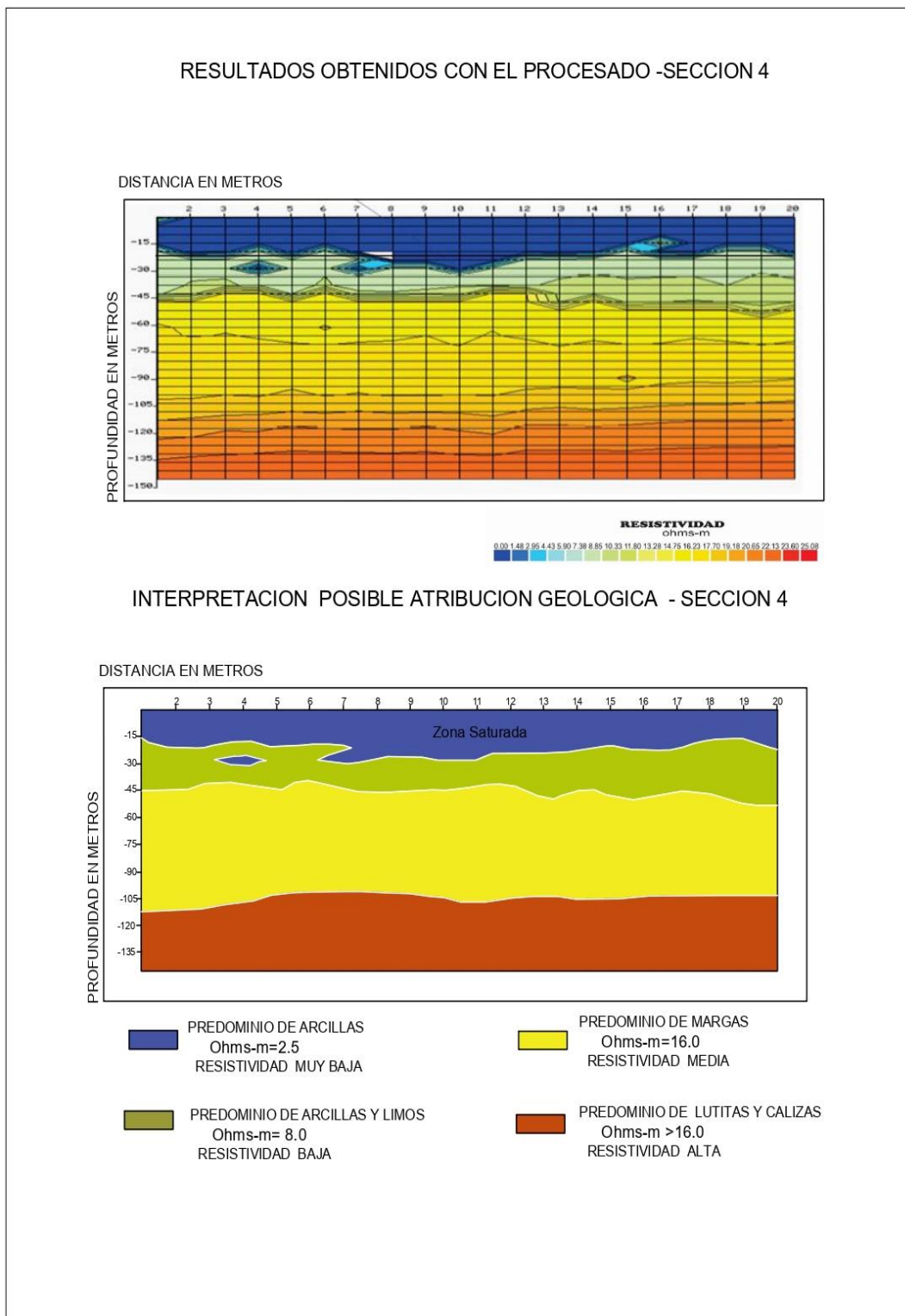


Figura 27 . Interpretación de la línea L-4, de la sección de Tomografías Geoeléctrica en 2D.

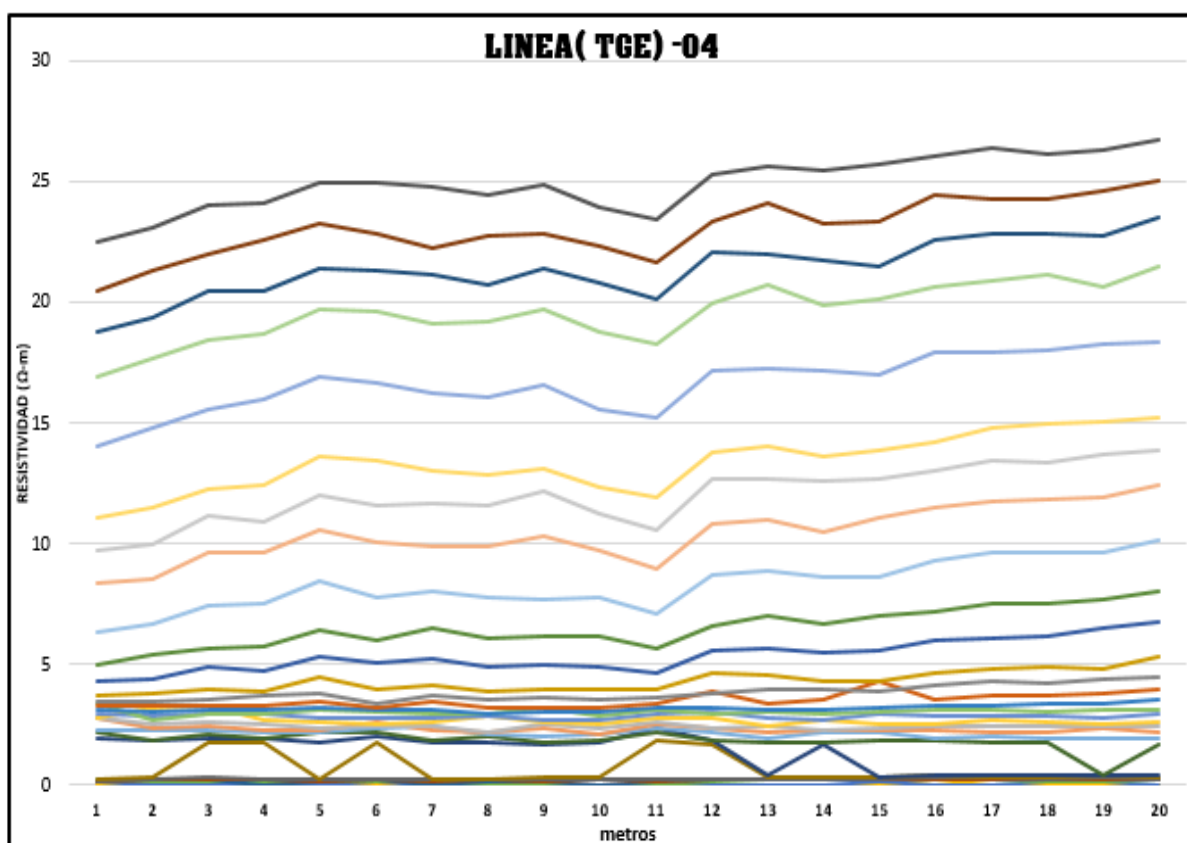


Figura 28. Gráfico de resistividad de la línea 4.

Los resultados que se obtiene entre la resistividad y longitud de cada electrodo indican las diferentes capas del subsuelo y nos dan una idea de la profundidad. Sin embargo, a valores bajos de resistividad contiene mayor agrupamiento de los datos en forma lineal llegando hasta un máximo aproximado de 4 (Ωm) con materiales comprendidos entre arcillas y limos saturados. Los datos de mayor dispersión en los datos mayores a 4 (Ωm) presentan mayor resistividad y un cierto grado de horizontalidad por la presencia de rocas calcáreas. Dependiendo si el valor de resistividad se relaciona con el contenido de agua. Nótese que a medida que el contenido de agua se presenta la resistividad tiende a disminuir. (Ver Figura 28).

Tabla 13. Resultados resumen de resistividad.

LINEA	CAPA		DESCRIPCION
-------	------	--	-------------

		RESISTIVIDAD (Ωm)	
L-01/L-02/	Capa1	0.1-1.8	Material de muy baja resistividad. Suelo compuesto de material arcilloso saturado.
L-03/L-04	Capa2	2-8	Material de bajo resistividad. Suelo compuesto probablemente con material limo arcillosos ligeramente húmedo.
	Capa3	8-16	Material de media. Resistividad, compuesto probablemente con margas calcarías.
	Capa4	16-202	Material alto en resistividad compuesto por lutitas y calizas.

Tabla 14. Resultados resumen de espesores Max. y Min.

Línea Resistividad	Espesor de Capa 1(m)	Espesor de Capa 2(m)	Espesor de Capa 3(m)	Espesor de Capa 1(m)
L-01	1.5 -34	5-36	15-30	>45
L-02	2-40	45	30-45	>45
L-03	5-25	1-25	45	>50
L-04	5-25	5-20	45	>45

SECCIÓN GEOLÓGICA

Con los datos obtenidos de cada línea (TGE), que nos ha permitido diferenciar los contactos de la litología de las diferentes capas conformados por la resistividad verdadera con diferentes espesores, obteniendo una interpretación aproximada. El cual se puede apreciar en el plano Geológico con el corte A-A', el cual nos permite conocer las diferentes capas para direccionar posibles sondajes de perforación para la búsqueda de agua subterránea en el área de estudio.

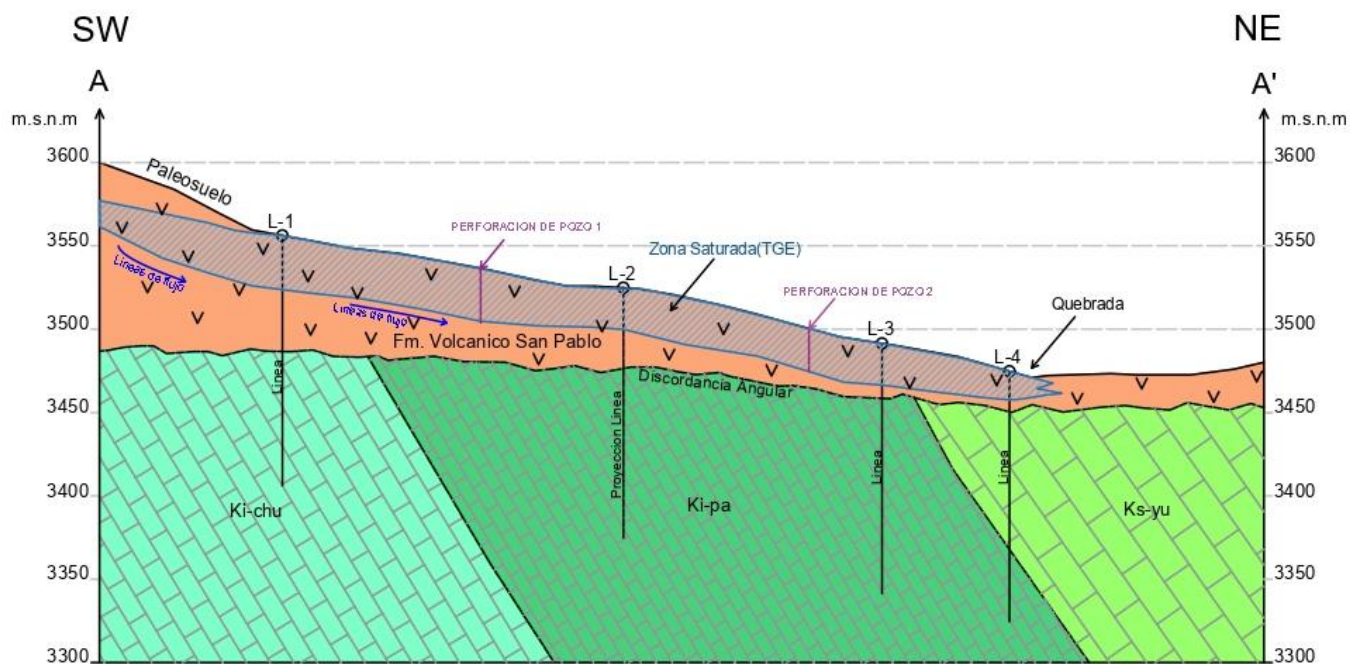


Figura 29. Interpretación de la Sección Geológica A - A'.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En el Sector de Ronquillo se encuentran zonas con condiciones hidrogeológicas debido la presencia de dos puntos de acuíferos M-1, M-2, los cuales presentan una zona de recarga en la parte superior (M-1) y una zona de descarga (M-2). De acuerdo a estos indicios se realizaron 4 líneas de Tomografías Geolétricas en la zona de estudio, para diferenciar los materiales del subsuelo por la resistividad (Ωm) que generan al aplicar el método Dipolo-Dipolo. La primera línea presenta 4 capas conformadas desde arcillas, limos, margas, lutitas y calizas, en la capa de arcillas (tobas volcánicas) presentan una zona de saturación de agua con una resistividad 0,1- 2.5 (Ωm) y un espesor de 1.5 a 34m con alto potencial acuífero (Fig.18). En la Segunda Línea presentan 4 capas conformadas desde arcillas, limos, margas, lutitas y calizas, en la capa de arcillas (tobas volcánicas) presentan una zona de saturación de agua con una resistividad 0,1-1.8 (Ωm) y un espesor de 2 a 40m con alto potencial acuífero (Fig.21). En la Tercera Línea presentan 4 capas conformadas desde arcillas, limos, margas, lutitas y calizas, en la capa de arcillas (tobas volcánicas) presentan una zona de saturación de agua con una resistividad 0,1- 3 (Ωm) y un espesor de 5 a 25 m con alto potencial acuífero (Fig.24). En la cuarta Línea presentan 4 capas conformadas desde arcillas, limos, margas, lutitas y calizas, en la capa de arcillas (tobas volcánicas) presentan una zona de saturación de agua con una resistividad 0.1-2.5 (Ωm) y un espesor de 1 a 25 m con alto potencial acuífero (Fig.27). Las interpretaciones de estos resultados se analizaron en la sección hidrogeológica A-A' (Plano 05), dándonos los espesores aproximados de los contactos Litológicos, así como la zona de saturación de agua en profundidad. Las líneas fueron tomadas en la Formación de Volcánico San Pablo, las cuales suprayacen en discordancia angular las formaciones calcarías, los cuales presentan una resistividad media y alta (mayores a 8 Ωm) ver (Plano 03).

Según A. Ghisays Ruiz, F. Humberto Escobar, Z. Martínez Lara, N. Rangel Buitrago, C. Lozano. "Monitoreo sismológico y estudio geo eléctrico somero para evaluar la geodinámica del volcán El Totumo" (2020). El análisis de las tomografías indica predominio de materiales finos como arcillas y limos en los aproximadamente 15 metros de profundidad investigados, por encima de 1,5 m en promedio, con resistividades aparentes entre 5 y 12 Ωm de forma

localizada la presencia de brecha de lodo seca, material que es emitido por los volcanes sedimentarios.

Según Spalleti (2007). La tomografía Geoeléctricas es un método de resistividad multielectrodico, basado en la modelización 2D de la resistividad del terreno mediante el empleo de técnicas numéricas (elementos finitos o diferencias finitas). Cabe destacar que actualmente se está avanzando en la modelización 3D, que nos permitirá poder realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, en un breve espacio de tiempo, obteniendo modelos de gran resolución (p-45).

Según Orellana (1974). La geofísica de resistividad que permite fácilmente esclarecer la naturaleza del sub suelo para cualquier tipo de terreno que se puede inferir en consecuencia de capaz del subsuelo con una profundidad de 25 metros se encuentra formados por materiales sedimentario, constituido en su mayor parte por (areniscas, arcillas y conglomerados), peculiaridad de ser altamente permeables, y por ende fácilmente saturables por agua y alto grado de saturación por agua modifica de manera importante y propiedades mecánicas de las rocas, alterando algunos de sus principales módulos elásticos, y una roca con una saturación aproximada del 80% falla fácilmente ante cargas mecánicas (p.145).

Así mismo Stefanescu (2003) los métodos Geoeléctricos consiste en el análisis de las distribuciones espaciales de la resistividad eléctrica subterránea se realiza a través de un gran número de mediciones basadas en la ubicación de numerosos electrodos a una distancia equidistante, por lo general a lo largo de un perfil longitudinal recto, aunque también son posibles otras geometrías tales como cuadrículas y líneas en ángulo. La distancia entre los electrodos determina la resolución y profundidad de la prospección, los electrodos están conectados simultáneamente al dispositivo de resistencias, que controla su actividad y su configuración, gracias a un programa secuencial de la geometría de los electrodos define el dispositivo, que puede ser variado, aunque los más comunes son Schlumberger- Wenner y Dipolo-Dipolo (p.36).

Según Valencia (2007) Se realizaron estudios geofísicos en el área del Puerto Cumarebo, Estado Falcón, usando Sísmica de Refracción, Sondeos Eléctricos Verticales y Perfiles Estratigrafía de Pozos mediante una Sonda Gamma. Asimismo, se realizó estudios

Electromagnéticos y nuevos Sondeos Eléctricos Verticales, pero debido a las posibles heterogeneidades laterales que sugirieron los resultados correspondidos, se procedió a diseñar una prueba piloto para la adquisición, procesamiento e interpretación de Tomografías Eléctricas en la zona para evaluar sus alcances como herramienta complementaria en la caracterización geofísica del subsuelo (p.14).

En un estudio recién en el Distrito del Agustino -Lima por Parí (2014) utilizando la Prospección Geofísica aplicando el Método de Tomografías Eléctricas, con la configuración Wenner, para determinar anomalías de interés (Socavones y/o galerías) identificables por su extensión y morfología y por el contraste entre los parámetros físicos de las rocas predominantes y posibles cavidades que merecen ser verificados, se amerita mediante métodos directos de perforaciones (p.30).

Las limitaciones en el presente estudio son las trochas que hacen difícil el transporte de los equipos, los cuales necesitan un transporte especial y de cuidado. Existen pocas investigaciones relacionadas a las Tomografías Geoeléctricas

Se recomienda la aplicación del método de sísmica de reflexión como una buena opción en cuanto a resolución vertical/horizontal y su buena relación señal/ruido. También de utilizar como mínimo dos métodos geofísicos con la finalidad de correlacionar los resultados. Es necesario saber que el método de configuración Dipolo - Dipolo son métodos indirectos y tienen un grado de aproximación aceptable, por tal razón, se recomienda correlacionar la información geofísica obtenida para la realización de métodos directos como perforaciones de pozos y poder darle un mayor grado de precisión en el estudio.

Contrastación de la hipótesis

Se comprobó que utilizando adecuadamente las Tomografías Geoeléctricas se pudo obtener los datos necesarios para poder identificar las zonas de potencial acuífero, además considerando las características hidrogeológicas en el Sector Ronquillo, la generación de perfiles Geoeléctricos permiten contrastar la hipótesis.

4.2 Conclusiones

Con la aplicación del método geofísico se realizó 4 líneas (L-1, L-2, L-3, L-4) de (TGE) con la configuración DIPOLO-DIPOLO, se ha definido distintos niveles litológicos (Arcillas, limos, margas, lutitas y calizas) bien definidos, originados por la variación entre los parámetros físicos de las rocas predominantes, mostrando valores crecientes en profundidad; los cuales han permitido caracterizar los materiales en cuanto al grado de la resistividad (Ωm) y espesores de las rocas.

Tal como se mostró en los resultados de resistividad de los electrodos contactados directamente con el suelo, se llegó a determinar 4 capas en el subsuelo en toda la área de estudio se denominaron como; capa 1: con un material de muy baja resistividad correlacionado como arcillas con un alta saturación; capa 2: con un material baja resistividad correlacionado con limos arcillosos ligeramente húmedos; capa 3: con un material con resistividad media correlacionado con presencia de margas; capa 4: con material con resistividad alto correlacionado lutitas y calizas.

Se encontraron dos zonas de acuíferos M-1; M-2; considerándole como acuífero libre; los cuales se encuentran sobre capas de arcillas saturadas según la interpretación de la sección Geológica A- A'.

Con los datos obtenidos de Tomografías Geoléctricas se ha interpretado litológicamente; la geología de la zona de estudio; capa 1 y capa 2 constituidas por arcillas y limos correspondiente la Formación Volcánico San Pablo; Capa 3 y Capa 4 constituidas por margas lutitas y calizas correspondientes a las Formaciones Chulec, Pariatambo y Yumagual.

Se elaboró un mapa Hidrogeológico para delimitar la zona de acuífero, con ayuda de una sección longitudinal a las líneas topográficas.

Las zonas favorables de potencial acuífero se encuentran en las Capas 1 y 2 conformado por arcillas (saturación alta) el cual presenta resistividad muy baja con espesores que varían de 1.5 a 34 m, con estos resultados se puede diseñar obras de captación subterráneo.

REFERENCIAS

Aguirre, M., Torres, (2003). Manual de procedimientos para la Delimitación y codificación de cuencas Hidrográficas del Perú-Mitología PFASFSTETTER.ED. INRENA.11PP.

A. Ghisays Ruiz, F. Humberto Escobar, Z. Martínez Lara, N. Rangel Buitrago, C. Lozano (2020) “Monitoreo sismológico y estudio geo eléctrico somero para evaluar la geodinámica del volcán El Totumo”

Allen, F., (2007). Hidrología Básica y Aplicada. Grupo de investigación en transporte de sedimentos. upc.

AUGE, M, (2008). Métodos Geoeléctricas para la prospección de agua subterránea. Buenos aires.

Benavides, V., (1956). Geología de la Región de Cajamarca. Boletín Sociedad Geológica del Perú.

BERNARD, J. y LEITE, O.(2000) Utilización de métodos de resistividad en los estudios hidrogeológicos. En: OLMO, M.; LÓPEZ, J.A. Actualidad de las técnicas geofísicas aplicadas en hidrogeología. España: Instituto geológico y Minero de España (IGME).

CALVETTY AMBONI, B. 2005. Prospección Geoeléctricas aplicada en hidrogeología. Maestría en Evaluación Ambiental de Sistemas Hidrológicos. UNLP. Inéd. La Plata.

Coruña, A., (2017). Tomografías Geoléctricas Resistividad. Universidad de coruña.

Custodio, E. (1983). Hidrología Subterránea. Ediciones Omega. Barcelona, España.

Donado L., (mayo de 2004). Modelo de Conductividad Hidráulica en Suelos. Modelo de Conductividad Hidráulica en Suelos. Bogotá D.C., Colombia.

Fetter, C., (2006). Applied Deposition. Prentice Hall Englewood.

Fetter, G. (2001). Applied Hydrogeology. New Jersey: Prentice Hall.

Gómez, R., (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de aguas, volumen III. Institución México.

Hedberg, H. (1980). Guía Estratigráfica Internacional Barcelona: Reverte

ELLIES, A., GREZ y RAMIREZ, C. (1997). La conductividad hidráulica en fase saturada como herramienta para el diagnóstico de la estructura del suelo.

LAGOS, A.; SÁNCHEZ, J.; QUISPE, Z., (2007). Aportes al análisis de Cuencas Sedimentarias en los Alrededores de las localidades de los Baños del Inca, Cruz Blanca, Otuzco, Distrito de Cajamarca” trabajo que trata sobre el comportamiento de la Cuenca Occidental, en el proceso de relleno sedimentario desde el Barriasiano Valanginiano (Cretáceo Inferior) hasta el Santoniano – Campaniano (Cretáceo Superior). XII Congreso Peruano de Geología.

Mantilla, H., (2005). Geología General. Lima.

Moreno, Manuel & Fecho, Yuset, (2010). Geología y Geomorfología, Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la cuenca Alta del Río Chicamocha. Boyacá. Geología y geomorfología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Universidad Nacional de Colombia.

Ordoñez, E., (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la GIRH Hídrico”. Pontificia Universidad católica del Perú -PUCP.

Orellana, E. (1974). Prospección Geoeléctricas por Campo Variable. Madrid: Paraninfo. Vol. 2. Orellana, E. (1982). Prospección Geoeléctricas en Corriente Continua. 2ª ed. Madrid: Paraninfo. Vol. 1.

Orellana, E., (1988). Prospección Geoeléctricas en corrientes Continua 2aed. Madrid: Paraninfo.vol.1.

Rodríguez, G., (2015). Prospección geofísica para la determinación de agua subterránea en el campus universitario Mapasingue, Cantón Guayaquil, provincia de Guayas, Ecuador. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Spalletti, A., (2007) Catedra de sedimentología, Facultad de Ciencias Natural Y Museo, Universidad Nacional de la Plata.

Stefanescu, S. Y C. y m. Schlumberger. (2003). sur la distribution électrique potentielle autour d'une prise de terre ponctuelle dans un terrain a couches horizontales, homogènes et isotropes. jour. phisque et le radium. v. 1.

Sánchez, I., (2012). La diversidad biológica en Cajamarca. Gobierno Regional de Cajamarca.

Sánchez. (2008). Flujo de porosos ley de Darcy. Dpto. Geología--Univ. Salamanca (España).

Scholle, p.a.y Spearing, D. (1982), SandstoneDepositionalEnviaronments.Memoir31, America Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Ok, 410pp.

Tuinhof, A., (2002). Gestión de recursos de agua subterráneas. Una introducción a su alcance y práctica. Banco Mundial. Serie de notas Informativas.

Tuihof, A., (2002). Requerimientos de motivos de agua subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad de agua. Banco Mundial. Serie de notas información.

TALLaksen, L., (1995). A review of base flow recession analysis. Journal of Hydrology, vol. 165.

Vargas, O., (2004). Monitoreo de aguas subterráneas. Bogotá: IDEAM, Subdirección de Hidrología.

Vásquez. O., (2009). Estudio Geológico en Cajamarca. Gobierno Regional Cajamarca.

Veloza, L., (2004). Información hidro geoquímico de macizo de santader Bogotá: INGEOMINAS.

Valencia, R, (2007). Se realizaron estudios geofísicos en el área del Puerto Cumarebo, Estado Falcón, usando Sísmica de Refracción, Sondeos Eléctricos Verticales y Perfiles.

William Lambe, R. W. (2005). Mecánica de suelos. Massachusetts: Instituto Tecnológico de Massachusetts.

W. Buytaert, J. S. (2005). Gerodermia. Clay minerólogo of the paramo siols of south Ecuador.

ANEXOS



Figura 30. Acuífero M-1 presente en la parte alta de la zona de estudio, ubicado en la Formación del Volcánico San Pablo con coordenadas: N= 9207519, E=767354, COTA = 3559



Figura 31. Acuífero M-2 presente en la parte baja de la zona de estudio, ubicado en la Formación del Volcánico San Pablo con coordenadas: N=9207933, E= 767421, COTA= 3411



Figura 32. Toma de datos de las líneas Topográficas Geoeléctricas en la zona de estudio en el Sector de Ronquillo.

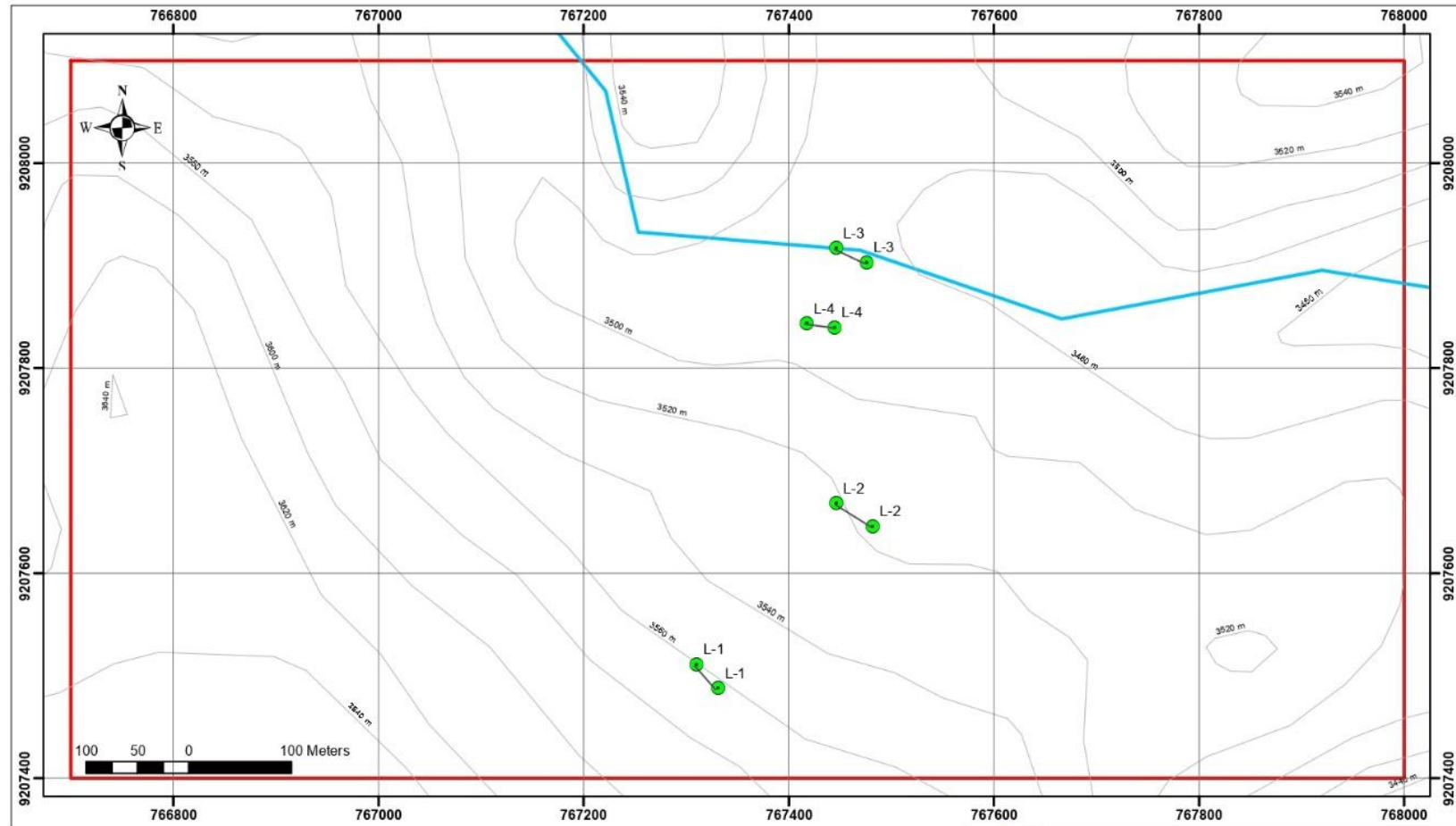
Data para Software Oasis Montaj

L	N	freq01	freq02	freq03	freq04	freq05	freq06	freq07	freq08	freq09	freq10	freq11	freq12	freq13	freq14	freq15	freq16	freq17	freq18	freq19	freq20	freq21	freq22	freq23	freq24	freq25	freq26	freq27	freq28	freq29	freq30	freq31	freq32	freq33
1	1	0.041	0.05	0.059	0.205	0.242	0.333	0.419	0.471	0.57	0.64	0.744	0.853	0.935	1.058	1.122	1.743	1.881	2.019	2.175	2.295	2.451	2.589	2.848	2.727	2.727	2.761	2.986	3.383	4.47	5.437	5.972	6.334	6.334
1	2	0.043	0.05	0.202	0.226	0.288	0.395	0.44	0.53	0.532	0.694	0.787	0.827	0.92	1.16	1.709	1.829	1.985	2.071	2.295	2.382	2.434	2.641	2.813	2.796	2.606	2.572	2.641	2.831	3.417	4.815	5.419	5.834	6.058
1	3	0.044	0.051	0.186	0.233	0.283	0.387	0.483	0.552	0.563	0.661	0.73	0.853	0.941	1.065	1.058	1.709	1.829	2.002	2.071	2.33	2.468	2.554	2.71	2.623	2.641	2.727	2.969	2.969	4.159	4.902	5.54	6.023	6.041
1	4	0.04	0.046	0.059	0.23	0.269	0.35	0.423	0.504	0.516	0.568	0.644	0.711	0.811	0.934	1.055	1.143	1.76	1.899	2.106	2.261	2.468	2.692	2.796	2.692	2.675	2.675	2.882	3.227	4.142	5.022	5.575	5.661	5.92
1	5	0.042	0.044	0.183	0.243	0.326	0.402	0.469	0.575	0.644	0.699	0.803	0.853	0.93	1.072	1.063	1.201	1.778	1.795	2.002	2.157	2.261	2.347	2.33	2.451	2.347	2.399	2.468	2.779	3.555	4.211	5.316	5.661	5.057
1	6	0.041	0.048	0.202	0.214	0.311	0.388	0.442	0.532	0.601	0.69	0.778	0.816	0.958	1.056	1.041	1.149	1.726	1.864	2.054	2.192	2.33	2.468	2.606	2.468	2.434	2.52	2.744	2.779	3.486	4.229	5.057	4.867	4.884
1	7	0.038	0.043	0.197	0.23	0.269	0.357	0.426	0.49	0.537	0.645	0.737	0.806	0.904	1.041	1.113	1.137	1.129	1.812	1.881	2.002	2.192	2.295	2.278	2.295	2.399	2.554	2.882	3.141	4.125	4.798	5.143	5.609	5.074
1	8	0.043	0.171	0.211	0.247	0.304	0.381	0.483	0.551	0.518	0.613	0.68	0.759	0.835	0.954	1.039	1.172	1.277	1.847	1.985	2.157	2.261	2.434	2.623	2.503	2.313	2.295	2.52	2.641	3.331	4.505	5.022	5.627	5.471
1	9	0.042	0.046	0.176	0.242	0.287	0.414	0.457	0.514	0.571	0.64	0.761	0.827	0.913	1.004	1.055	1.106	1.174	1.743	1.726	1.95	2.054	2.071	2.278	2.261	2.261	2.347	2.451	2.761	3.642	4.246	5.04	5.005	5.54
1	10	0.04	0.039	0.183	0.211	0.285	0.4	0.457	0.533	0.64	0.746	0.799	0.78	0.929	0.935	1.175	1.058	1.743	1.968	2.088	2.123	2.175	2.347	2.399	2.261	2.278	2.157	2.382	2.606	3.297	4.108	5.126	5.557	4.85
1	11	0.038	0.179	0.217	0.262	0.328	0.406	0.532	0.582	0.623	0.69	0.777	0.846	0.872	1.008	1.158	1.206	1.743	1.864	1.726	2.123	2.175	2.226	2.365	2.434	2.347	2.347	2.727	2.623	3.366	4.073	5.161	5.713	5.644
1	12	0.041	0.171	0.207	0.24	0.318	0.4	0.478	0.54	0.571	0.704	0.822	0.801	0.875	0.946	1.036	1.094	1.175	1.795	1.916	2.088	2.209	2.313	2.382	2.382	2.347	2.434	2.675	3.072	3.97	4.746	5.35	5.437	5.54
1	13	0.041	0.176	0.224	0.261	0.304	0.426	0.494	0.502	0.587	0.725	0.797	0.86	0.891	1.017	1.129	1.13	1.243	1.76	1.829	1.985	2.054	2.14	2.226	2.14	2.175	2.244	2.52	2.796	3.659	4.315	5.005	4.798	4.729
1	14	0.04	0.047	0.195	0.224	0.312	0.407	0.497	0.53	0.564	0.682	0.808	0.868	0.961	1.077	1.153	1.239	1.709	1.795	1.95	2.106	2.226	2.451	2.537	2.451	2.347	2.434	2.658	2.9	3.659	4.539	5.074	5.35	5.419
1	15	0.179	0.211	0.243	0.287	0.373	0.473	0.52	0.602	0.663	0.789	0.894	0.922	1.06	1.122	1.153	1.206	1.726	1.881	2.019	2.209	2.295	2.468	2.572	2.503	2.33	2.399	2.606	3.003	3.832	4.453	4.798	5.299	5.419
1	16	0.171	0.186	0.236	0.285	0.356	0.457	0.538	0.621	0.687	0.773	0.832	0.916	1.046	1.143	1.269	1.317	1.726	2.002	2.054	2.192	2.347	2.554	2.641	2.554	2.33	2.399	2.641	2.917	3.763	4.436	4.815	6.023	6.524
1	17	0.176	0.188	0.231	0.3	0.368	0.482	0.621	0.592	0.68	0.692	0.758	0.856	0.996	1.165	1.269	1.76	1.864	2.019	2.088	2.226	2.347	2.468	2.485	2.399	2.295	2.226	2.416	2.813	3.521	4.729	4.677	4.919	5.126
1	18	0.045	0.185	0.231	0.271	0.352	0.469	0.556	0.618	0.683	0.78	0.858	0.937	1.037	1.155	1.191	1.726	1.847	1.968	2.088	2.192	2.365	2.434	2.52	2.382	2.33	2.399	2.52	2.813	3.607	4.263	5.402	5.022	6.196
1	19	0.042	0.212	0.197	0.261	0.328	0.431	0.506	0.594	0.642	0.74	0.858	0.877	0.986	1.144	1.056	1.189	1.847	2.019	2.002	2.14	2.226	2.175	2.278	2.278	2.347	2.537	2.796	2.969	4.004	4.798	5.281	5.713	5.419
1	20	0.04	0.192	0.221	0.257	0.316	0.452	0.549	0.601	0.664	0.792	0.932	0.93	0.967	1.136	1.255	1.167	1.778	1.76	1.985	2.088	1.985	2.209	2.503	2.434	2.347	2.503	2.761	3.072	3.987	4.712	5.23	5.609	5.678
1	21	0.042	0.192	0.231	0.292	0.371	0.52	0.633	0.692	0.687	0.758	0.889	0.963	1.089	1.086	1.041	1.2	1.778	1.916	2.037	2.14	2.226	2.313	2.434	2.382	2.33	2.416	2.692	3.072	3.935	4.764	5.402	5.972	6.11
1	22	0.183	0.209	0.245	0.285	0.35	0.468	0.568	0.633	0.708	0.768	0.83	0.86	0.954	1.136	1.256	1.709	1.726	1.899	2.071	2.157	2.244	2.33	2.33	2.313	2.261	2.503	2.727	3.055	3.987	4.729	5.316	5.661	5.696
1	23	0.183	0.195	0.235	0.287	0.349	0.471	0.58	0.621	0.701	0.68	0.73	0.868	0.941	0.91	1.149	1.191	1.743	1.284	1.95	2.123	2.192	2.33	2.226	2.157	2.123	2.416	2.623	2.882	3.78	4.487	5.005	5.419	5.385
1	24	0.185	0.266	0.235	0.283	0.373	0.438	0.628	0.689	0.687	0.796	0.863	0.946	0.965	1.189	1.239	1.327	1.76	1.403	2.054	2.14	2.261	2.226	2.157	2.313	2.192	2.209	2.451	2.831	3.935	4.367	4.712	5.212	5.212
1	25	0.224	0.252	0.287	0.326	0.43	0.538	0.697	0.784	0.818	0.908	0.908	0.939	1.068	1.167	1.234	1.743	1.847	1.778	2.019	2.261	2.14	2.278	2.261	2.192	2.244	2.295	2.641	2.831	3.918	4.384	5.057	5.23	5.281
1	26	0.231	0.254	0.293	0.333	0.407	0.525	0.613	0.651	0.683	0.763	0.875	1.06	1.015	1.13	1.143	1.709	1.795	1.933	2.071	2.226	2.399	2.485	2.572	2.468	2.347	2.451	2.727	3.055	3.832	4.522	5.057	5.368	5.488
1	27	0.243	0.266	0.318	0.361	0.419	0.561	0.671	0.765	0.82	0.875	0.901	1.02	1.177	1.051	1.726	1.743	1.968	2.071	2.157	2.192	2.347	2.451	2.33	2.33	2.382	2.33	2.641	3.038	3.538	4.608	5.143	5.454	5.368
1	28	0.24	0.28	0.307	0.333	0.388	0.509	0.547	0.628	0.759	0.832	0.932	0.942	1.039	1.136	1.25	1.76	1.899	1.985	2.14	2.192	2.244	2.365	2.261	2.347	2.261	2.468	2.71	2.934	3.952	4.729	5.713	5.782	6.559
1	29	0.254	0.319	0.309	0.369	0.423	0.444	0.521	0.582	0.599	0.763	0.899	1.011	1.12	1.726	1.778	1.864	1.985	2.123	2.244	2.347	2.451	2.537	2.503	2.416	2.416	2.606	2.951	3.417	4.418	5.264	5.799	6.282	6.196
1	30	0.261	0.274	0.323	0.356	0.414	0.516	0.559	0.696	0.753	0.889	0.929	1.058	1.146	1.726	1.829	1.916	2.019	2.175	2.313	2.347	2.468	2.503	2.434	2.399	2.451	2.779	3.072	3.452	4.608	5.368	6.058	6.1	6.714
1	31	0.29	0.33	0.38	0.4	0.488	0.575	0.635	0.682	0.704	0.892	0.944	1.058	1.125	1.76	1.864	2.019	2.226	2.295	2.451	2.641	2.744	2.796	2.779	2.71	2.934	3.297	3.693	4.85	5.989	6.593	7.128	7.266	
1	32	0.273	0.302	0.347	0.407	0.483	0.611	0.728	0.844	0.839	0.973	1.015	1.098	1.227	1.847	1.968	1.968	2.071	2.33	2.52	2.589	2.675	2.761	2.503	2.537	2.572	2.9	3.245	3.711	4.902	6.282	6.598	7.767	7.508
1	33	0.292	0.318	0.361	0.419	0.469	0.597	0.734	0.744	0.799	0.908	1.041	1.13	1.76	1.899	2.164	2.278	2.416	2.554	2.606	2.813	2.934	3.124	3.003	3.124	3.107	3.314	3.745	4.021	5.264	6.3	6.955	7.542	8.06
1	34	0.219	0.252	0.323	0.383	0.482	0.583	0.613	0.64	0.794	0.989	0.977	1.037	1.812	1.864	2.106	2.278	2.365	2.572	2.727	2.9	3.02	3.158	3.245	3.176	3.02	3.124	3.607	4.298	5.143	6.748	7.404	8.198	7.957
1	35	0.219	0.205	0.262	0.342	0.447	0.554	0.595	0.744	0.827	0.941	1.																						

L	N	freq01	freq02	freq03	freq04	freq05	freq06	freq07	freq08	freq09	freq10	freq11	freq12	freq13	freq14	freq15	freq16	freq17	freq18	freq19	freq20	freq21	freq22	freq23	freq24	freq25	freq26	freq27	freq28	freq29	freq30	freq31	freq32	freq33
2	1	0.01	0.007	0.018	0.01	0.005	0.005	0.005	0	0.005	0.004	0.003	0.005	0	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.007	0.005	0.008	0.006	0.013	0.006	0.008	0.007	0.018	0.018
2	2	0.009	0.025	0.005	0.009	0.006	0.005	0.005	0.003	0.004	0.004	0	0.004	0	0.003	0	0.004	0.003	0.004	0.007	0.005	0.004	0.009	0.005	0.005	0.018	0.009	0.009	0.019	0.007	0.011	0.01	0.009	0.02
2	3	0.011	0.004	0.005	0.018	0.004	0.005	0.005	0.004	0.003	0	0.004	0.004	0.003	0.003	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.009	0.005	0.006	0.006	0.007	0.006	0.01	0.011	0.019	0.011	0.021	0.029	0.012
2	4	0.05	0.009	0.022	0.006	0.008	0.005	0.006	0.005	0.004	0.003	0.006	0.005	0.003	0.004	0.004	0	0.005	0.004	0.007	0.004	0.006	0.006	0.007	0.005	0.007	0.027	0.007	0.022	0.014	0.01	0.011	0.017	0.027
2	5	0.023	0.043	0.007	0.026	0.003	0.006	0.004	0.005	0.004	0	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.003	0.005	0.021	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.007	0.022	0.011	0.023	0.02	0.019	0.009	0.027	0.02	0.023
2	6	0.026	0.033	0.007	0.018	0.006	0.04	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0	0.003	0.008	0.003	0.004	0.003	0.004	0.007	0.007	0.005	0.006	0.005	0.006	0.006	0.021	0.009	0.029	0.007	0.009	0.028	0.018	0.02
2	7	0.024	0.032	0.027	0.006	0.004	0.004	0.006	0.007	0.003	0.007	0.005	0.004	0.003	0.004	0.006	0.008	0.005	0.022	0.004	0.006	0.004	0.007	0.006	0.005	0.012	0.022	0.025	0.025	0.008	0.031	0.025	0.017	0.02
2	8	0.021	0.031	0.02	0.008	0.008	0.005	0.007	0.005	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.008	0.006	0.006	0.007	0.018	0.008	0.022	0.007	0.024	0.009	0.025	0.029	0.039	0.024
2	9	0.024	0.033	0.007	0.012	0.007	0.018	0.008	0.004	0.005	0.006	0.003	0.004	0.003	0.005	0.005	0.004	0.006	0.008	0.004	0.006	0.006	0.009	0.026	0.011	0.007	0.02	0.008	0.033	0.023	0.021	0.021	0.024	0.037
2	10	0.033	0.021	0.021	0.011	0.005	0.005	0.007	0.003	0.005	0.005	0.006	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.006	0.005	0.005	0.005	0.009	0.007	0.01	0.007	0.011	0.025	0.01	0.027	0.008	0.029	0.02	0.035	0.029
2	11	0.027	0.028	0.007	0.023	0.023	0.004	0.006	0.004	0.007	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.018	0.006	0.006	0.007	0.005	0.01	0.007	0.008	0.028	0.011	0.009	0.02	0.018	0.031	0.009	0.013	0.03	0.02	0.028
2	12	0.05	0.036	0.03	0.021	0.01	0.007	0.005	0.006	0.008	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.023	0.008	0.008	0.007	0.018	0.006	0.018	0.007	0.008	0.024	0.012	0.034	0.011	0.039	0.017	0.025	0.036

L	N	freq01	freq02	freq03	freq04	freq05	freq06	freq07	freq08	freq09	freq10	freq11	freq12	freq13	freq14	freq15	freq16	freq17	freq18	freq19	freq20	freq21	freq22	freq23	freq24	freq25	freq26	freq27	freq28	freq29	freq30	freq31	freq32	freq33	
3	1	0.028	0.022	0.008	0.018	0.009	0.005	0.006	0.004	0	0	0.005	0.004	0.003	0.005	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.011	0.005	0.009	0.008	0.008	0.018	0.01	0.05	0.011	0.021	
3	2	0	0.013	0.018	0.008	0.006	0.004	0.003	0.003	0.004	0.018	0	0.006	0.006	0	0	0.008	0.006	0.007	0.006	0.008	0.006	0.01	0.005	0.005	0.02	0.018	0.025	0.008	0.009	0.01	0.013	0.012		
3	3	0.037	0.015	0.005	0	0.008	0	0.004	0	0.004	0.004	0	0	0.004	0.003	0	0.003	0.003	0.004	0.003	0.005	0.006	0.004	0.005	0.005	0.008	0.01	0.006	0.008	0.027	0.009	0.012	0.04	0.025	
3	4	0.046	0.014	0.031	0.007	0.005	0.006	0.005	0	0	0	0.004	0.005	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.009	0.008	0.006	0.006	0.01	0.006	0.007	0.009	0.008	0.008	0.024	0.019	
3	5	0.021	0.018	0.033	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0	0	0	0.003	0.003	0.003	0	0.004	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.006	0.005	0.006	0.005	0.011	0.005	0.006	0.021	0.01	0.032	0.019	0.032	
3	6	0.008	0.088	0.004	0.01	0.005	0.004	0.005	0.004	0	0.003	0.004	0	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.006	0.004	0.004	0.007	0.006	0.009	0.005	0.006	0.01	0.021	0.009	0.01	0.01	0.01	0.013	0.024	
3	7	0.021	0.008	0.026	0.004	0.003	0.006	0.003	0.003	0	0.003	0.004	0.004	0	0.004	0.003	0.003	0.025	0.006	0.006	0.006	0.009	0.005	0.007	0.007	0.005	0.019	0.006	0.007	0.006	0.009	0.01	0.011	0.017	
3	8	0.022	0.006	0.009	0.004	0.004	0.004	0.004	0	0.004	0	0.004	0.003	0.004	0.003	0	0.004	0.003	0.003	0.004	0.005	0.007	0.006	0.006	0.007	0.005	0.011	0.006	0.009	0.022	0.024	0.011	0.011	0.017	
3	9	0.012	0.014	0.016	0.006	0.004	0.005	0.004	0.004	0.003	0	0.004	0.004	0.006	0.004	0.005	0.004	0.007	0.004	0.004	0.005	0.007	0.006	0.006	0.006	0.025	0.009	0.006	0.025	0.01	0.018	0.019	0.009	0.017	
3	10	0.008	0.004	0.004	0.021	0.007	0.004	0.004	0	0.005	0.003	0.004	0.003	0	0.003	0.003	0.006	0.003	0.006	0.006	0.004	0.005	0.005	0.007	0.006	0.009	0.009	0.008	0.034	0.008	0.018	0.02	0.023	0.025	
3	11	0.06	0.03	0.005	0.024	0.009	0	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.003	0.005	0.003	0.004	0.005	0.006	0.004	0.006	0.005	0.006	0.01	0.007	0.007	0.011	0.009	0.011	0.01	0.026	0.012	0.014	0.043	
3	12	0.008	0.006	0.01	0.006	0.004	0.003	0.004	0.003	0	0.004	0	0.004	0.004	0.006	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.01	0.009	0.007	0.008	0.006	0.014	0.007	0.01	0.01	0.014	0.01	0.017	0.014	
3	13	0.04	0.018	0.036	0.018	0.006	0.008	0.003	0.039	0.005	0.004	0	0.005	0.004	0.004	0.006	0.004	0.004	0.004	0.005	0.009	0.006	0.007	0.007	0.006	0.018	0.029	0.026	0.019	0.012	0.025	0.025	0.028		
3	14	0.031	0.031	0.017	0.006	0.004	0.008	0.003	0.003	0.005	0.004	0.003	0.004	0.006	0.006	0.005	0.006	0.007	0.004	0.005	0.007	0.012	0.006	0.006	0.009	0.008	0.018	0.008	0.019	0.009	0.045	0.032	0.02	0.019	
3	15	0.017	0.008	0.01	0.007	0.032	0.004	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.006	0.004	0.008	0.023	0.005	0.006	0.006	0.005	0.018	0.006	0.007	0.011	0.007	0.018	0.02	0.026	0.008	0.015	0.014	0.012	0.031
3	16	0.006	0.028	0.012	0.011	0.007	0.004	0.007	0	0.003	0.004	0	0.005	0.003	0.003	0.016	0.007	0.009	0.005	0.006	0.006	0.009	0.008	0.006	0.008	0.009	0.026	0.008	0.019	0.019	0.012	0.021	0.025	0.02	
3	17	0.028	0.02	0.015	0.019	0.009	0.009	0.009	0	0.004	0.01	0.018	0.005	0.006	0.006	0.003	0.005	0.005	0.008	0.004	0.007	0.007	0.021	0.008	0.007	0.008	0.011	0.009	0.021	0.025	0.03	0.015	0.025	0.025	
3	18	0.006	0.031	0.026	0.011	0.022	0.006	0	0.003	0.003	0.003	0	0.005	0.007	0.004	0.007	0.004	0.005	0.005	0.005	0.01	0.007	0.007	0.018	0.009	0.03	0.019	0.018	0.049	0.012	0.028	0.016	0.023	0.02	0.026
3	19	0.031	0.027	0.018	0.009	0.005	0.004	0.006	0.007	0.003	0.007	0.005	0.003	0.004	0.005	0.008	0.008	0.004	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.019	0.006	0.011	0.007	0.031	0.009	0.024	0.013	0.015	0.023	

L	N	freq01	freq02	freq03	freq04	freq05	freq06	freq07	freq08	freq09	freq10	freq11	freq12	freq13	freq14	freq15	freq16	freq17	freq18	freq19	freq20	freq21	freq22	freq23	freq24	freq25	freq26	freq27	freq28	freq29	freq30	freq31	freq32	freq33
4	1	0.27	0.311	0.38	0.435	0.482	0.644	0.649	0.737	0.835	1.829	2.175	2.399	2.572	2.779	2.951	3.072	3.348	3.659	4.021	4.38	4.78	5.126	5.437	5.126	4.4	4.09	4.23	4.522	5.9	7.283	7.749	8.319	9.631
4	2	0.25	0.397	0.466	0.378	0.706	0.666	0.727	0.837	0.925	1.899	2.278	2.485	2.692	2.761	3.003	3.297	3.452	3.814	4.159	4.66	5.2	5.661	5.678	5.281	4.61	4.781	4.57	5.057	6.13	7.439	7.887	8.457	7.887
4	3	0.3	0.324	0.407	0.466	0.535	0.618	0.694	0.739	0.813	1.864	2.278	2.468	2.761	3.003	3.262	3.366	3.866	4.177	4.505	5.01	5.51	5.816	6.127	5.678	5.01	4.591	5.01	5.057	6.56	7.698	8.423	8.889	10.91
4	4	0	0.038	0.224	0.278	0.266	0.326	0.635	0.504	0.573	2.088	2.485	2.744	2.969	3.176	3.383	3.642	3.883	4.315	4.677	5.18	5.58	6.162	6.386	5.885	5.35	5.109	7.15	6.248	9.2	9.682	9.165	13.17	13.96
4	5	0.03	0.318	0.359	0.323	0.364	0.34	0.381	0.407	0.709	1.899	2.365	2.52	2.831	3.245	3.521	3.797	4.211	4.591	5.143	5.49	6.25	6.541	6.99	6.593	5.45	5.851	5.2	5.696	7.15	12.32	12.67	14.52	15.14
4	6	0.19	0.231	0.28	0.345	0.419	0.526	0.597	0.682	0.763	1.968	2.382	2.537	2.865	3.262	3.521	3.797	4.177	4.367	4.988	5.51	6.01	6.42	6.697	6.179	5.58	5.454	6.11	6.852	8.8	10.37	11.27	12.03	12
4	7	0.17	0.19	0	0.03	0.302	0.482	0.457	0.511	0.69	2.071	2.52	2.813	3.055	3.383	3.728	4.021	4.384	4.764	5.264	5.75	6.47	7.007	7.283	6.817	6.49	6.714	7.08	7.594	9.03	11.05	5.799	7.439	12.25
4	8	0.34	0.364	0.411	0.466	0.528	0.587	0.715	0.775	1.778	2.278	2.692	2.986	3.383	3.78	4.004	4.349	4.764	5.23	5.747	6.25	6.78	7.214	7.421	7.025	6.3	6.3	6.94	7.749	9.75	11.5	12.77	13.51	13.41
4	9	0.21	0.231	0.269	0.345	0.414	0.559	0.635	0.759	0.885	2.175	2.71	2.951	3.297	3.797	3.987	4.28	4.66	5.161	5.627	6.37	6.8	7.128	7.456	7.076	6.25	6.61	7.32	7.853	9.82	11.74	12.48	13.41	13.74
4	10	0.29	0.288	0.421	0.473	0.538	0.661	0.78	0.544	1.743	2.365	2.744	2.951	3.227	3.504	3.763	3.952	4.298	4.505	4.919	5.32	5.77	6.196	6.351	5.954	5.42	5.385	5.73	6.041	7.28	9.027	9.717	10.15	9.596
4	11	0	0	0.202	0.24	0.331	0.409	0.454	0.554	0.652	1.709	2.175	2.434	2.623	3.072	3.245	3.555	3.814	4.125	4.66	5.14	5.61	5.972	6.265	5.885	6.01	6.386	6.2	6.162	7.87	8.75	9.872	10.41	10.61
4	12	0.03	0.216	0.247	0.307	0.307	0.357	0.485	0.444	0.495	2.054	2.468	2.727	3.055	3.435	3.573	3.832	4.125	4.487	4.919	5.4	5.83	6.144	6.524	6.248	5.59	6.093	5.97	6.006	7.65	9.13	9.751	10.39	12.91
4	13	0.26	0.302	0.356	0.435	0.535	0.663	0.552	0.87	0.998	2.054	2.503	2.761	2.951	3.383	3.469	3.711	3.987	4.349	4.781	5.14	5.59	6.023	6.179	5.799	5.21	5.385	6.39	6.835	7.28	9.821	10.86	11.12	11.31
4	14	0.18	0.252	0.257	0.292	0.171	0.287	0.352	0.262	1.709	2.106	2.554	2.796	3.055	3.331	3.521	3.78	4.073	4.384	4.746	5.16	5.63	6.11	6.386	6.213	5.89	5.972	6.28	6.886	7.92	9.562	10.8	11.32	10.98



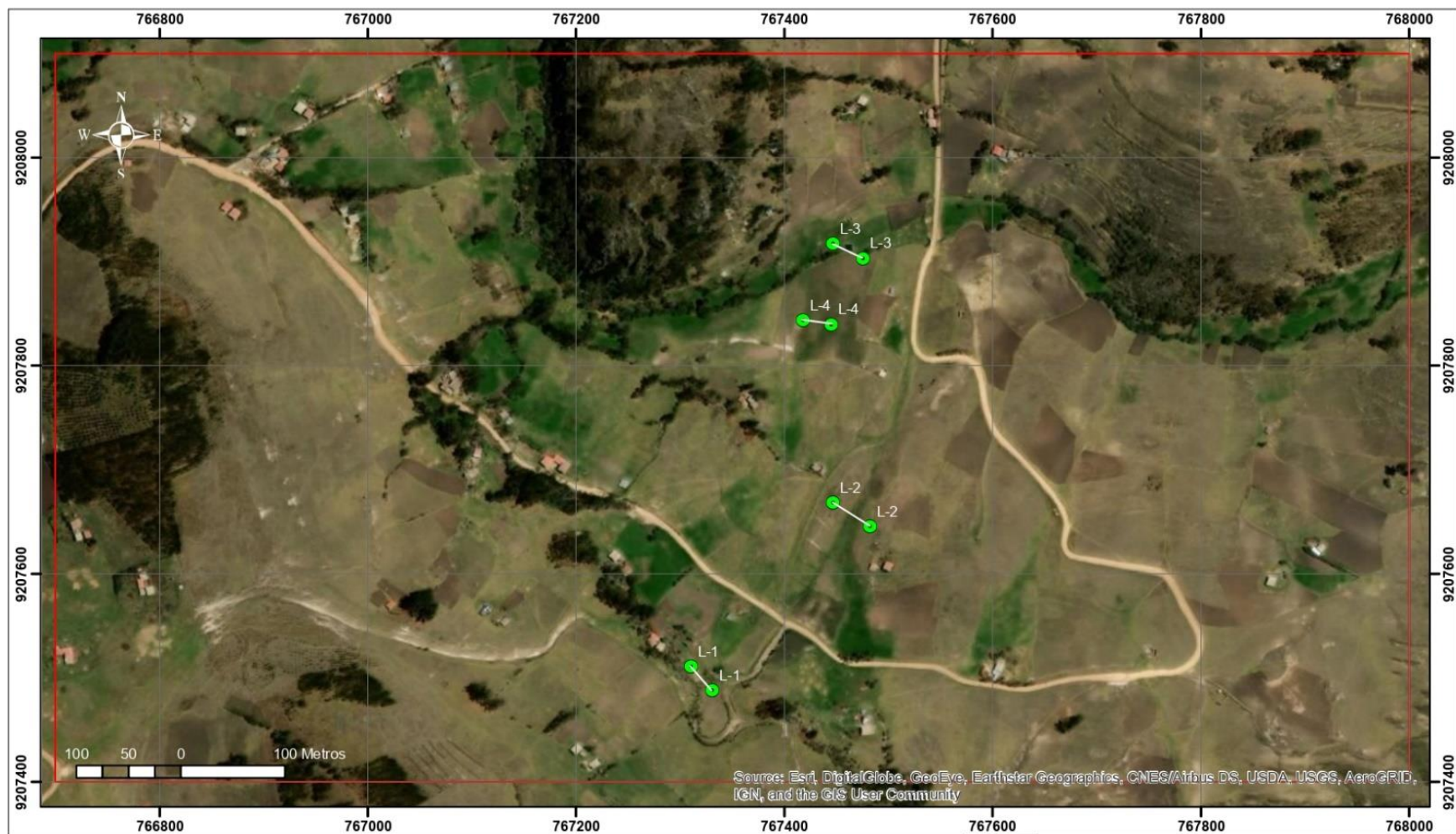
LEYENDA

- Area de trabajo
- Líneas (TGE)
- Curvas 20 m.
- Quebrada



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

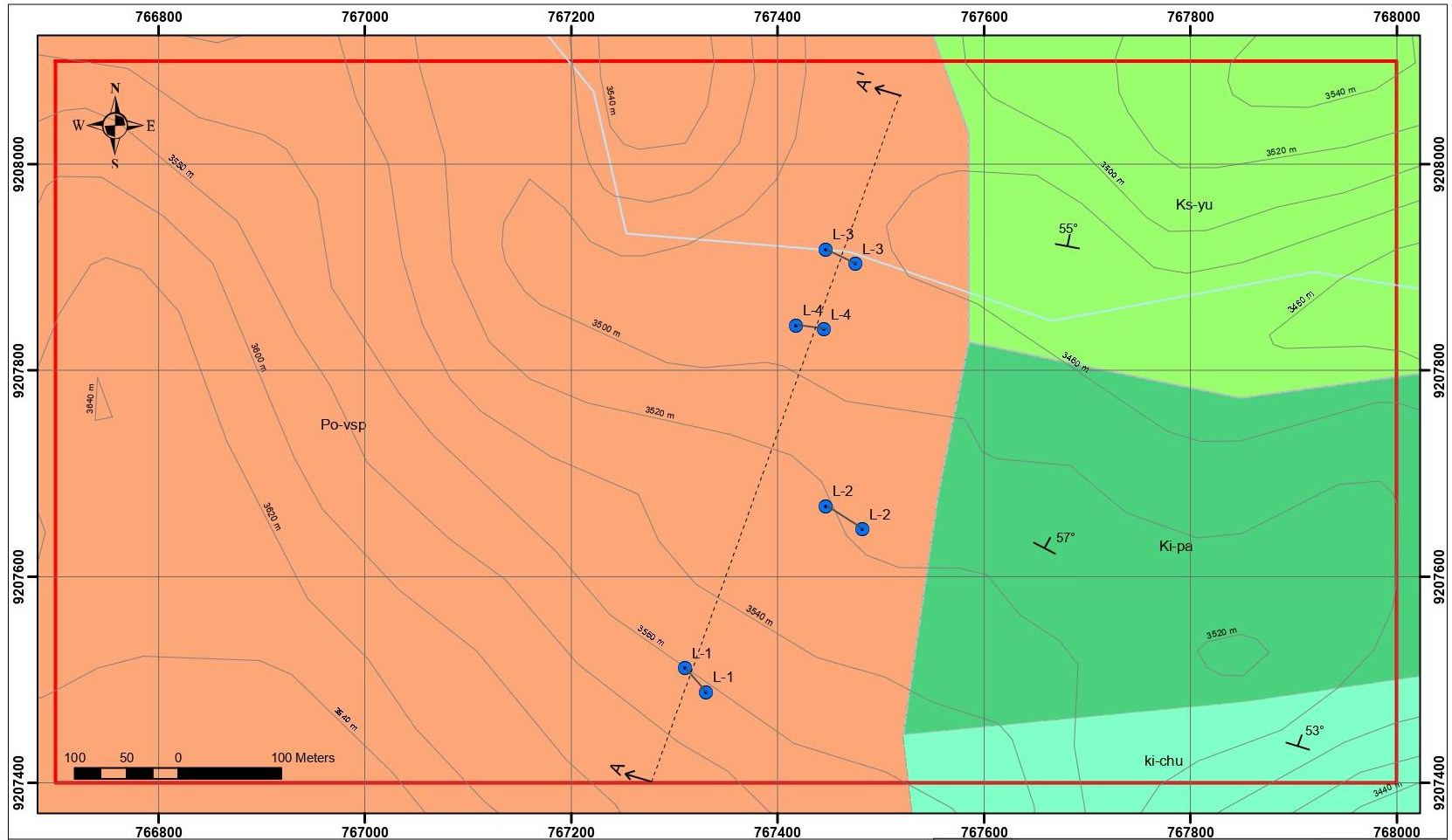
TESIS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS (TGE) PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR RONQUILLO, CAJAMARCA 2020.		
PLANO TOPOGRAFICO		PLANO: 02
TESIS: JACKELINE SOLEDAD, ALVARADO TACILLA <small>Coordenar System: WGS_1984_UTM_Zone_17S</small>	DOCENTE: Ing. RAFAEL OCAS BOÑÓN <small>ESCALA: 1:5 000</small>	<small>FECHA: MAYO 2020</small>



LEYENDA

- Area de trabajo
- Líneas (TGE)

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	
<p>TESIS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS (TGE) PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR RONQUILLO, CAJAMARCA 2020.</p>	
<p>PLANO SATELITAL</p>	
<p>PLANO: 01</p>	
<p>TESISTA: JACKELINE SOLEDAD ALVARADO TACILLA</p>	<p>DOCENTE: Ing. RAFAEL OCAS BOÑÓN</p>
<p>Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_17S</p>	<p>ESCALA: 1:5 000 FECHA: MARZO 2020</p>



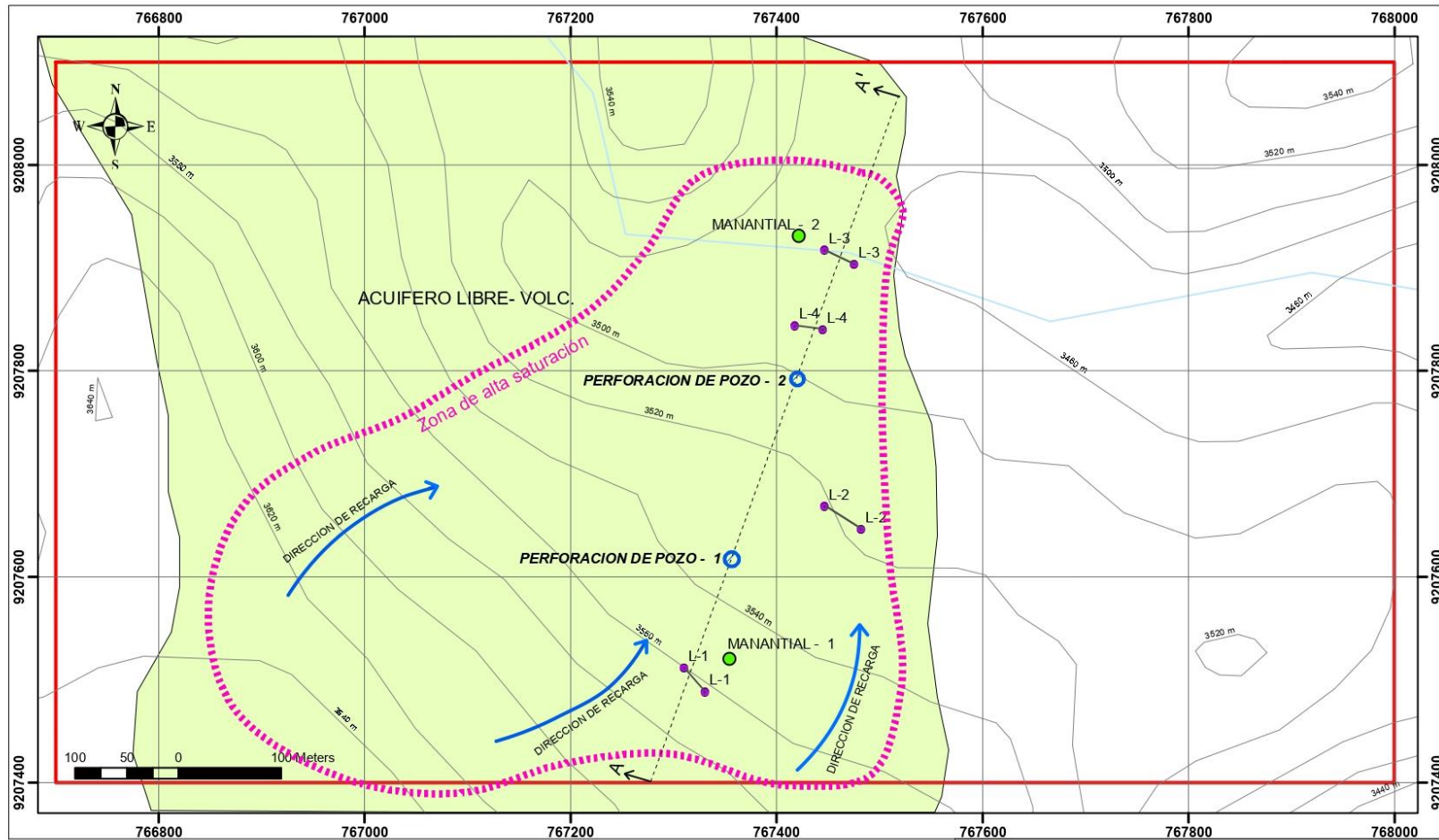
GEOLOGIA

	Ki-pa
	Ks-yu
	ki-chu
	Po-vsp

LEYENDA

	Area de trabajo
	Lineas (TGE)
	Curvas 20 m.
	Quebrada
	Linea de seccion

	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	
	TESIS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍAS GEOELECTRICAS (TGE) PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR RONQUILLO, CAJAMARCA 2020.	
PLANO GEOLOGICO		PLANO: 03
TESISISTA: JACKELINE SOLEDAD ALVARADO TACILLA Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_17S	DOCENTE: DR. RAFAEL OCAS BOÑÓN ESCALA: 1:30 000	FECHA: MARZO 2020



LEYENDA

- Area de trabajo
- Líneas (TGE)
- Curvas 20 m.
- Quebrada

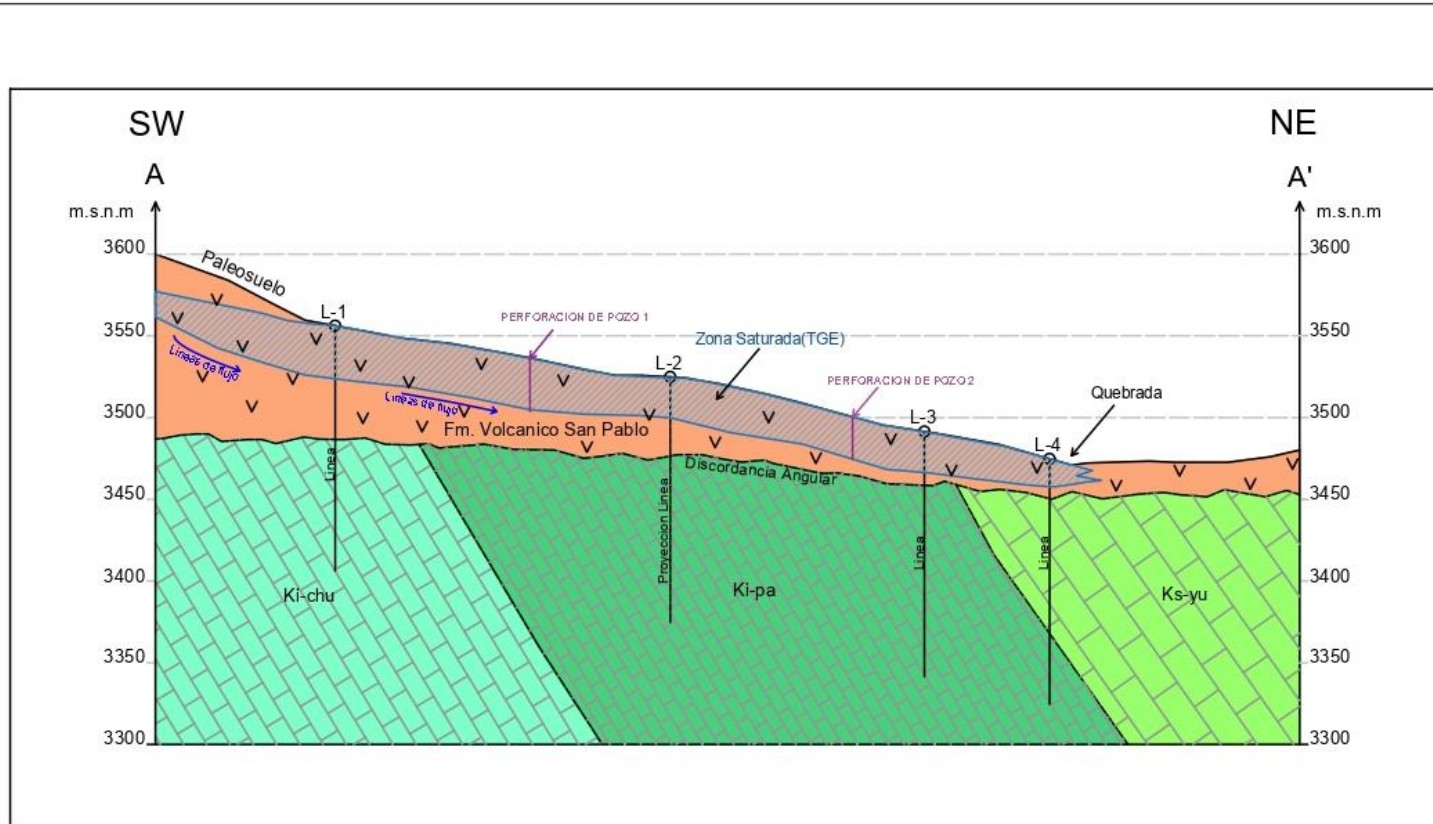
HIDROGEOLOGIA

- Acuífero Libre

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS (TGE) PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR RONQUILLO, CAJAMARCA 2020.

PLANO HIDROGEOLOGICO		PLANO: 0+
TESISTA: JACKELINE SOLEDAD ALVARADO TACILLA	DOCENTE: DR. RAFAEL OCAS BOÑÓN	0+
Coordinate System: WGS_1984_UTM_Zone_17S	ESCALA: 1:5 000 FECHA: MAYO 2020	



GEOLOGIA

	Ki-pa
	Ks-yu
	ki-chu
	Po-vsp

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA			
TESIS: CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA MEDIANTE TOMOGRAFÍAS GEOELÉCTRICAS (TGE) PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR RONQUILLO, CAJAMARCA 2020.			
SECCION HIDROGEOLÓGICA A - A'			PLANO 05
TESISISTA JACKELINE SOLEDAD ALVARADO TACILLA <small>Coordenador: WGS_1984_UTM_Zone_12S</small>	DOCENTE Ing. RAFAEL OCAS BOIRON <small>ESCALA: 1:5000</small>	<small>FECHA: MARZO 2020</small>	