

Evaluación del potencial hidrogeológico del predio Los Alacranes, municipio de San Diego, Cesar (Colombia)

Evaluation of the hydrogeological potential of the Los Alacranes property, municipality of San Diego, Cesar (Colombia)

Marco Elías Tamayo Chinchia¹, Luis Carlos Tapia Vela², Dino Carmelo Manco-Jaraba³

¹Ingeniero Geólogo, Fundación Universitaria del Área Andina. Email: marcolia9102@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2509-0961>

²M. Sc. Gestión Ambiental, Fundación Universitaria del Área Andina. Email: venenot81@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8652-2667>

³M. Sc. Gestión Ambiental y Energética en las Organizaciones, Universidad de La Guajira. Email: dinomancojaraba@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8506-094X>.
Email: dinomancojaraba@gmail.com o dcmancoj@uniguajira.edu.co

Cite this article as: M. E. Tamayo-Tapia, L. C. Tapia-Vela, D. C. Manco-Jaraba, “Evaluación del potencial hidrogeológico del municipio de San Diego, Cesar (Colombia)”, *Prospectiva*, Vol 23, N° 2, 2025.

Recibido: 25/07/2024 / Aceptado: 22/03/2025

<http://doi.org/10.15665/rp.v23i2.3604>

RESUMEN

La exploración de aguas subterráneas a través de estudios geofísicos (geoeléctricos y sísmicos) ha tenido gran auge en los últimos años debido a las fuertes sequías prolongadas, periodos de lluvia más cortos, calentamiento global, escases del recurso hídrico superficial y desequilibrio ecosistémico por la actividad antrópica. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el potencial hidrogeológico del predio Los Alacranes, municipio de San Diego, Cesar (Colombia). Metodológicamente inicialmente se realizó revisión del estado del arte. Posteriormente, fases de campo para reconocimiento general, SEV, análisis y toma de muestra. La condición geológica nos indica que la Finca “El Alacrán” se ubica sobre rellenos cuaternarios con materiales fino-granulares, presentando resistividades de 1.0 Ohm-m hasta 15 Ohm-m, gravas y arenas saturadas con resistividades de 15 Ohm-m a 28 Ohm-m en contacto con capas de arenas de diferentes tamaños de grano saturadas, evidenciando la presencia de agua. Estos materiales se encuentran depositados de manera discordante sobre rocas ígneas de edad Jurásica pertenecientes a la Formación La Quinta, que presentan resistividades de 40 Ohm-m a 50 Ohm-m en su parte fracturada y saturada. La resistividad aumenta a medida que la roca compacta se presenta con resistividades desde 80 Ohm-m hasta 300 Ohm-m.

Palabras clave: aguas subterráneas, Formación La Quinta, resistividad, San Diego, sondeo eléctrico vertical.

ABSTRACT

The exploration of groundwater through geophysical studies (geoelectric and seismic) has boomed in recent years due to severe prolonged droughts, shorter rainy periods, global warming, shortages of surface water resources and ecosystem imbalance due to activity. anthropic. This research aims to evaluate the hydrogeological potential of the Los Alacranes property, municipality of San Diego, Cesar (Colombia). Methodologically, a review of the state of the art was initially carried out. Subsequently, field phases for general recognition, SEV, analysis and sampling. The geological condition indicates that the "El Alacrán" farm is located on quaternary fills with fine-granular materials, presenting resistivities of 1.0 Ohm-m to 15 Ohm-m, saturated gravels and sands with resistivities of 15 Ohm-m to 28 Ohm. -m in contact with layers of saturated sand of different grain sizes, evidencing the presence of water. These materials are deposited unconformably on igneous rocks of Jurassic age belonging to the La Quinta Formation, which have resistivities of 40 Ohm-m to 50 Ohm-m in their fractured and saturated part. The resistivity increases as the compact rock occurs with resistivities from 80 Ohm-m to 300 Ohm-m.

Keywords: groundwater, La Quinta Formation, resistivity, San Diego, vertical electrical survey.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia las aguas subterráneas constituyen reservas potenciales de agua dulce con una menor susceptibilidad de contaminación y degradación en comparación con las fuentes superficiales [1]–[4]. Actualmente, la prospección y exploración de aguas subterráneas a través de estudios geofísicos (geoeléctricos y sísmicos) ha tenido gran auge en los últimos años debido a las fuertes sequías prolongadas, periodos de lluvia más cortos, calentamiento global, escases del recurso hídrico superficial y desequilibrio ecosistémico por la actividad antrópica [5]–[9]. La técnica de sondeo eléctrico vertical (SEV's) es un método geoeléctrico de la rama de la geofísica que estudia el comportamiento de las rocas y los sedimentos cuando interactúan con la corriente eléctrica; esta técnica proporciona información en profundidad de la resistividad produciendo perfiles 2D que se correlacionan con la información geológica de la zona aportando información a detalle del subsuelo terrestre [10]–[12].

En el departamento del Cesar más específicamente en la vereda La Paliza del municipio de San Diego, se encuentra ubicada regionalmente al sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), y al oeste de la Serranía del Perijá (SP), sobre la cuenca Cesar Ranchería con precipitaciones anuales en promedio de 2100 mm, con una distribución de tipo bimodal en los que los periodos de lluvia van en los meses comprendidos de abril a junio y de septiembre a noviembre. Cabe resaltar que el almacenamiento y flujo del agua en el subsuelo están determinados por las condiciones geológicas del suelo y subsuelo además de las características físicas, químicas, hidrológicas y climáticas que intervienen en la dinámica de recarga, tránsito y descarga de los sistemas acuíferos presentes en las diferentes regiones [1].

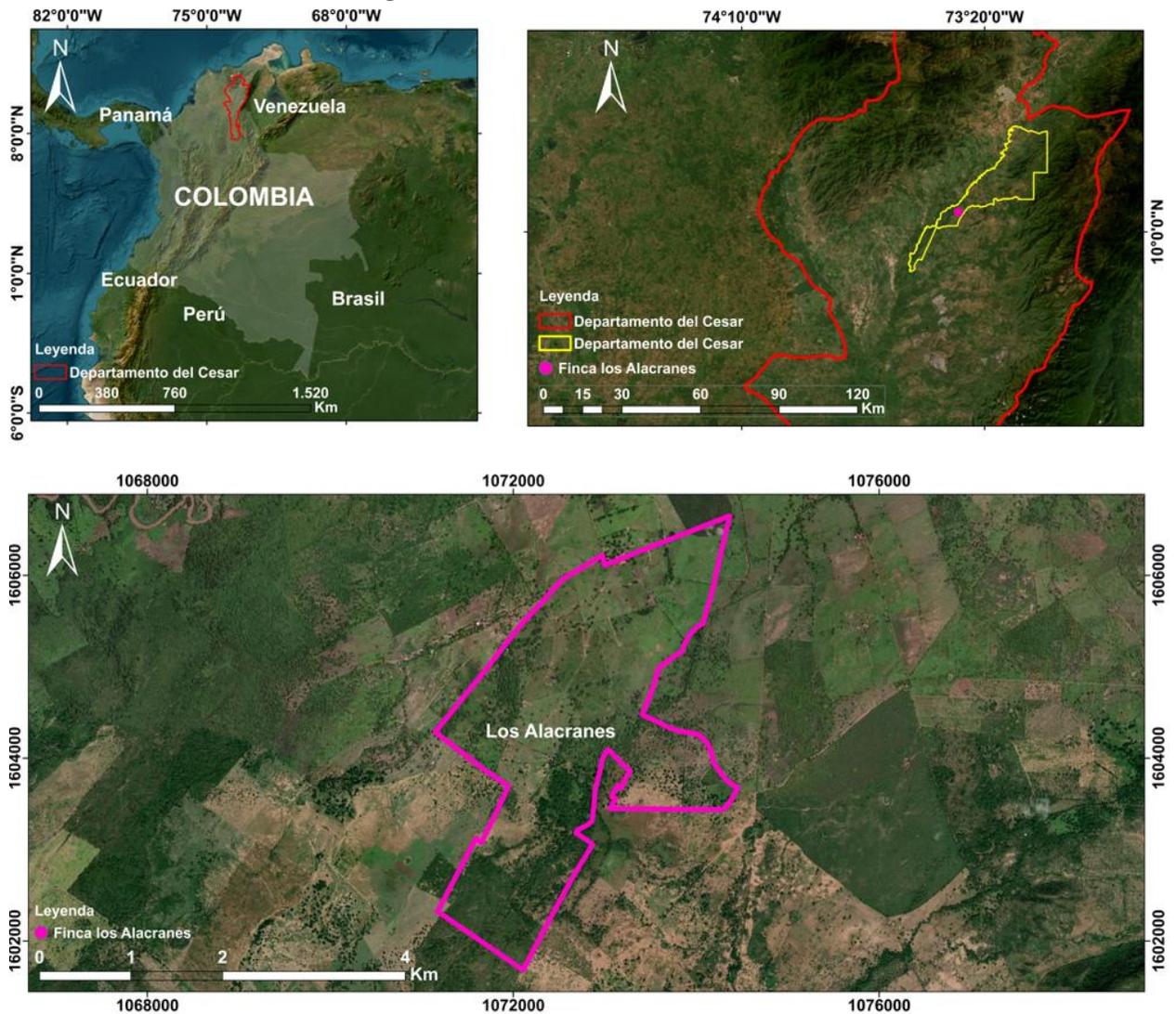
Actualmente, en la región de la vereda La Paliza del municipio de San Diego no existen investigaciones científicas donde se evidencie el potencial hidrogeológico de los depósitos aluviales presentes en la zona. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el potencial hidrogeológico del predio Los Alacranes municipio de San Diego, Cesar (Colombia).

2. LOCALIZACIÓN

El municipio de San Diego se encuentra ubicado en el Caribe Colombiano entre las ecorregiones Serranía del Perijá (SP) y Valle del Río Cesar; limitando al norte con Valledupar, sur Agustín Codazzi, nor-orientes La Paz. El área de estudio se llevó a cabo en el predio de la finca Los Alacranes, ubicada al SW de San Diego a 38.53 Km (Figura 1).

Figura 1. Localización del área de investigación.

Figure 1. Location of the research area.



3. METODOLOGÍA

Inicialmente se realizó revisión del estado del arte en las diferentes bases de datos académicas y científicas. Posteriormente, fases de campo para reconocimiento general, SEV, análisis y toma de muestra; Se tomaron 15 SEV's mediante el equipo SUBREME DC 600 en toda la superficie el área de interés permitiendo conocer el potencial real hidrogeológico. El método Geoelectrico, se basa en inyectar una corriente eléctrica en el terreno y observar la respuesta resistiva al paso de la corriente, de los diferentes materiales presentes en el subsuelo [13].

Una vez recolectada en campo de voltaje y corriente asociados a una distribución simétrica, de los electrodos, impuesta por el método se obtienen las curvas de resistividad aparente en Ohmios –m, versus profundidad [13], e información geológica se procedió a diseñar y modelar a través de los software Google Earth, ArcMap 10.8.1, SPN_EarthImager1d y GEO5 los mapas y perfiles geoelectricos. La razón de digitalizar la curva en 6 puntos igualmente espaciados por década es para aumentar la velocidad de cálculo de varias curvas teóricas de sondeos, durante el proceso iterativo de ajuste [14].

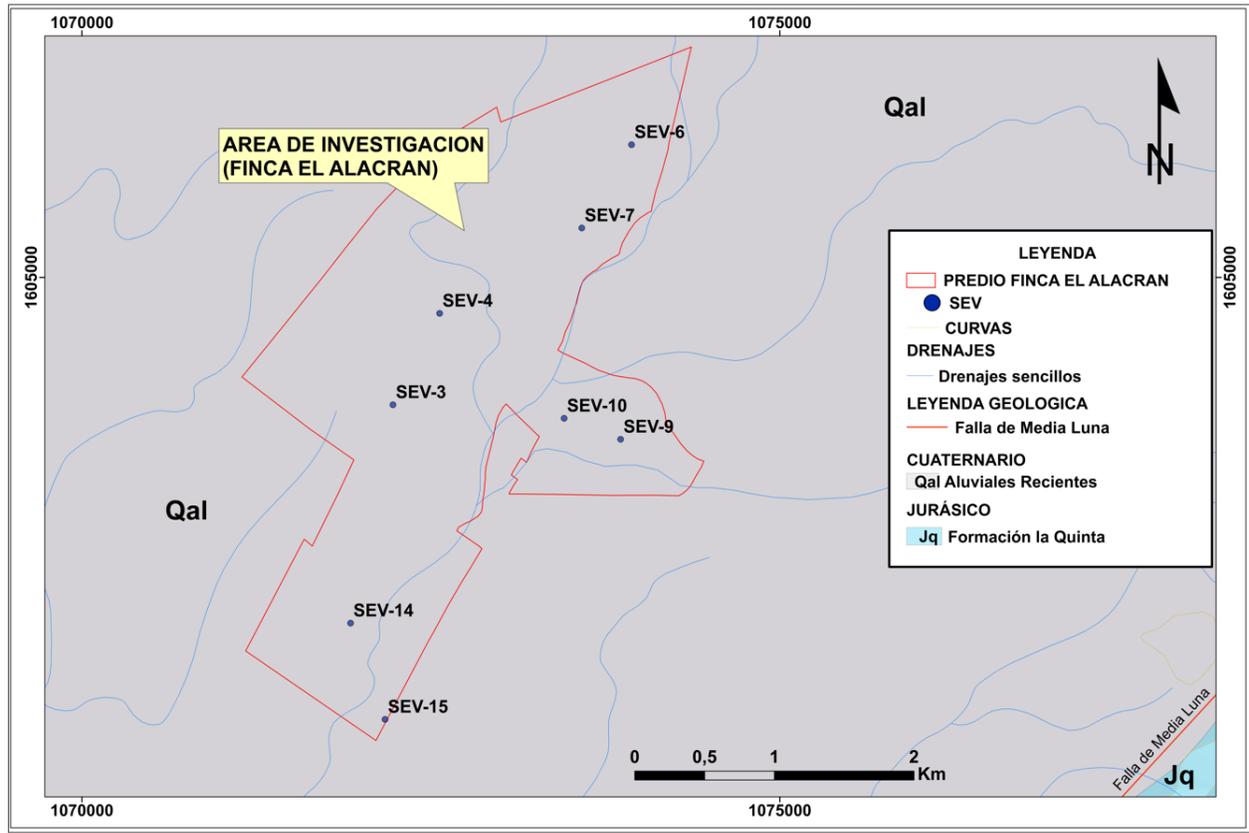
4. GEOLOGÍA LOCAL

Formación La Quinta

Según [15], [16] pertenecen a rocas de edad Jurásica descrita por primera vez por Künding para describir las sedimentitas rojas ubicadas estratigráficamente entre el Pérmico y el Cretácico, en Los Andes de Mérida, Venezuela. En el área de investigación se encuentran de manera discordante infra yaciendo el depósito aluvial y con algunos remanentes de colinas residuales de pendientes suaves. En Colombia, estas rocas afloran a lo largo del flanco oeste del piedemonte de la Serranía de Perijá. Corresponden a rocas clásticas terrígenas, asociadas a rocas volcanoclásticas, como tobas, brechas y pórfidos; litológicamente corresponden a sublitarenitas de grano fino a medio, friables, sublitoarenitas conglomeráticas de grano fino medio con intraclastos de limolitas rojas, intercaladas con limolitas gris verdosas y areniscas de grano fino grises, muestran estratificación ondulosa y plana paralela. Presenta una variación de colores desde rojo a gris claro o gris amarillento con una geometría tabular y estratificación paralela a cruzada (Figura 2).

Según [17], [18] la deposición de esta formación se realizó en una cuenca amplia (tectónica distensiva), donde las condiciones, primero fluviales con predominio de condiciones de humedad y oxidación y luego volcánicas explosivas piroclásticas y flujos contemporáneos, dominaron la sedimentación [15], [16].

Figura 2. Mapa geológico local.
Figure 2. Local geological map.



Depósitos Aluviales (Qal)

Corresponden a depósitos recientes presentes en los valles intramontañosos de los ríos mayores y sus afluentes, formados debido a la acumulación de sedimentos aluviales y coluviales (en menor proporción). Forman valles estrechos y se encuentran delimitados por el nivel freático. Están constituidos principalmente por gravas, arenas y finos; en esta área, según el sector que atraviesen, forman planicies rojizas o amarillentas [15], [16] (Figura 2).

En su mayor parte corresponden a acumulaciones en áreas pequeñas con delgados espesores que se han depositado en el fondo de valles profundos de algunos ríos y quebradas. Su composición y textura es heterogénea y dependen del área, fuente que aporta los materiales y los regímenes de las corrientes que los han depositado [15], [16] (Figura 2).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 MODELO GEOELÉCTRICO Y CORRELACIÓN HIDROGEOLÓGICA

El modelo geológico-geofísico del sondeo 1 la primera capa corresponde a arenas y limos saturados (1) con resistividad de 1.5 Ohm-m y espesor de 7.96 metros; la capa 2 con espesor de 3.57 m, base a 11.53 m y resistividad 4.3 Ohm-m interpretándose como materiales finos granulares, arcillas y limos; la siguiente capa corresponde a arena y limos saturados 3 con resistividad de 8.7 Ohm-m, base a 20.41 m y espesor 8.88 metros; la capa 4 con espesor de 5.04 m, base a 25.45 m y resistividad 19.8 Ohm- m,

correspondiente a arenas de grano medio, saturadas; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, saturada (5) con resistividad de 336 Ohm-m (Figura 3). El modelo geológico-geofísico del sondeo 2 realizado está conformado por cinco niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a arenas y limos saturados, cantos y gravas saturadas con resistividad de 142.5 Ohm-m a 313.2 Ohm-m; la capa 2 con base a 14.22 m y resistividad 14.3 Ohm-m, se interpreta como arena media, saturada; la siguiente capa identificada corresponde a arena media saturada con resistividad 11 Ohm-m, base a 30.63 m y espesor 16.41 metros; la capa 4 con espesor de 26.3 metros, base a 56.93 m y resistividad 33.6 Ohm-m, se interpreta como roca ígnea muy fracturada, saturada; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, saturada con resistividad de 262.5 Ohm-m (Figura 4).

Figura 3. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-1.

Figure 3. Geoelectrical model and SEV-1 correlation.

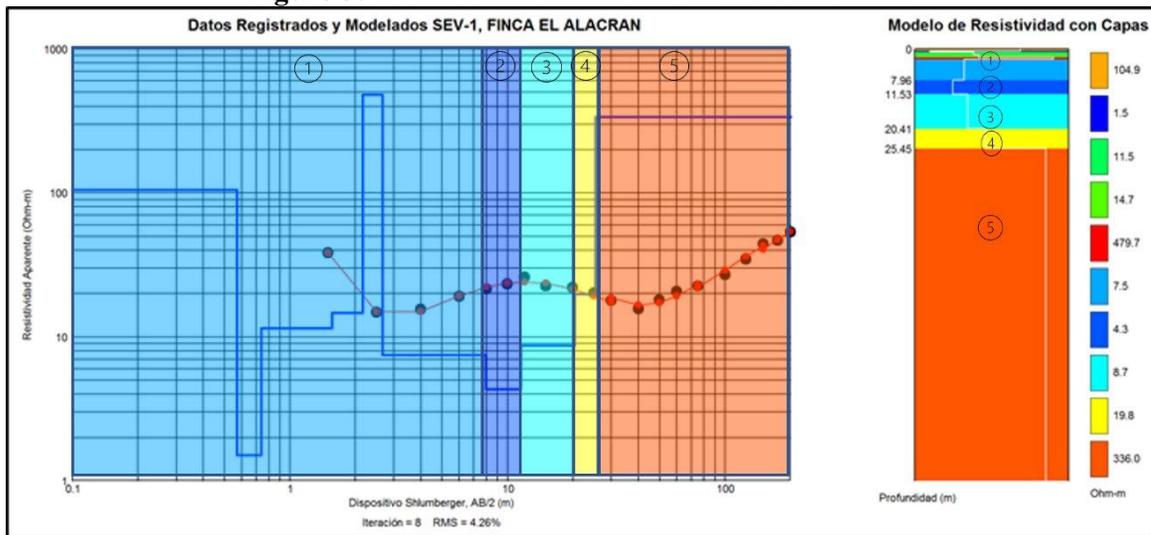
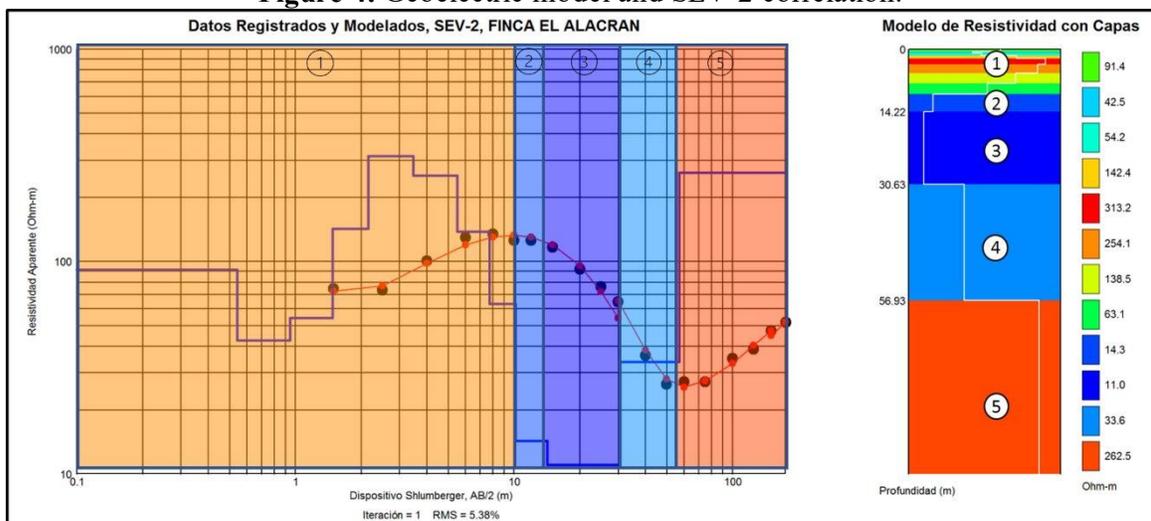


Figura 4. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-2.

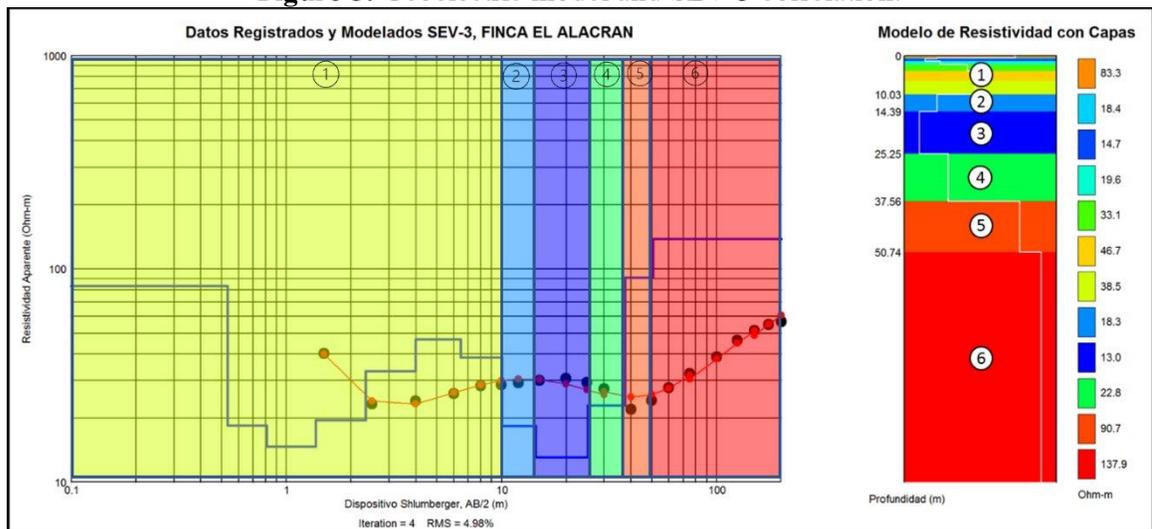
Figure 4. Geoelectric model and SEV-2 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 3 realizado está conformado por seis niveles de resistividades distintas la primera capa corresponde a arenas y gravas saturadas con resistividad de 14.7 Ohm-m a 38.5 Ohm-m, espesor 10.03 m y base a 10 m, la capa 2 espesor de 4.36 m, base a 14.39 m y resistividad de 18.3 Ohm-m interpretada como arenas de grano medio, saturadas; la siguiente capa identificada en este modelo corresponde a arenas de grano medio, saturadas con resistividad de 13 Ohm-m, base a 25.25 m y espesor 10.86 m; la capa 4 con espesor de 12.31 m, base a 37.56 m y resistividad de 22.8 Ohm-m interpretado como arenas de grano grueso, saturadas; la siguiente capa espesor 13.18 m, base a 50.74 m y resistividad de 90.7 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa como roca ígnea fracturada, saturada con resistividad de 137.9 Ohm-m (Figura 5).

Figura 5. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-3.

Figure 5. Geoelectric model and SEV-3 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 4 está conformado por seis niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a material finogranular, arcilloso hacia el tope en gradación normal con arenas de grano medio con resistividad de 5.5 Ohm-m a 148.9 Ohm- m y espesor 10.98 m; la capa 2 con espesor de 6.39 m, base a 17.37 m y resistividad 12.8 Ohm-m interpretándose como arenas de grano fino, saturadas con agua; la siguiente capa corresponde a arenas de grano fino, saturadas con resistividad de 9.1 Ohm-m, base a 27.24 m y espesor de 9.87 metros; la capa 4 espesor 010.13 m, base a 37.37 m y resistividad 18.7 Ohm- m interpretándose como arenas de grano medio, saturadas; la capa 5 con espesor de 10.92 m, base a 48.29 m y resistividad 100.2 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa como roca ígnea fracturada, saturada (6) con una resistividad de 587 Ohm-m (Figura 6). El modelo geológico-geofísico del sondeo 5 está conformado por siete niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a gravas y cantos secos con resistividad 38.1 Ohm-m a 390.4 Ohm-m y espesor 5.68 metros; la capa 2 con espesor 9.77 metros, base a 15.45 m y resistividad 27.9 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio, saturadas con agua; la siguiente capa corresponde a arenas de grano medio, saturadas, resistividad 3.5 Ohm-m, base a 23.25 m y espesor 7.8 metros; la capa 4 con espesor de 7.33 m, base a 30.58 m y resistividad 6.6 Ohm-m a 545.6 Ohm-m interpretándose como limos y arenas saturadas; la capa 5 con espesor de 5.24 metros, base a 35.82 m y resistividad 23.1 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio saturadas; la capa 6 resistividades de 166.7 Ohm-m, base 43.39 metros, espesor de

7.57 m interpretada como roca ígnea fracturada y saturada; y la última capa como roca ígnea compacta, seca con resistividad de 320 Ohm-m (Figura 7).

Figura 6. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV – 4.

Figure 6. Geoelectric model and SEV – 4 correlation.

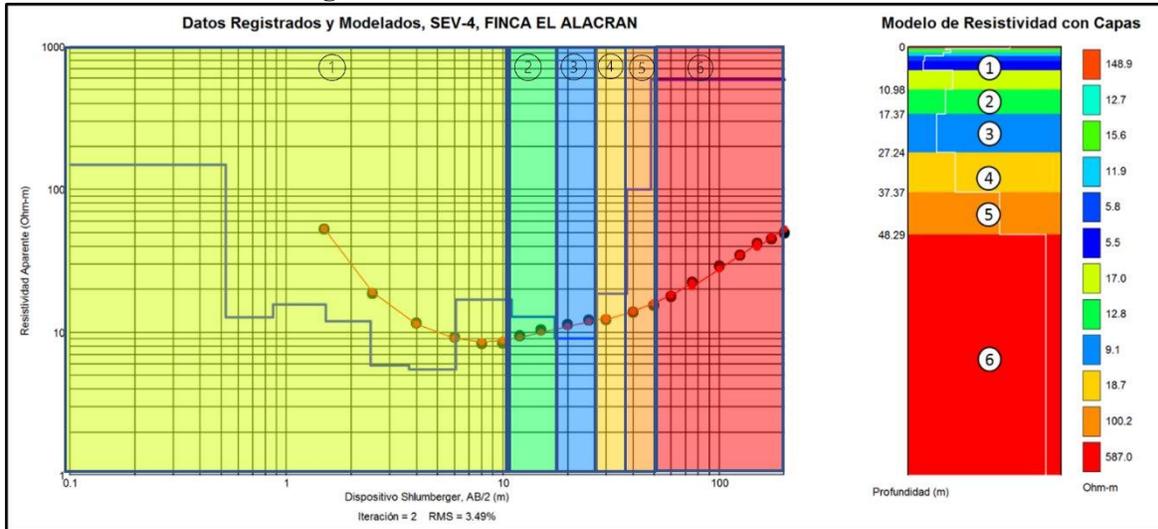
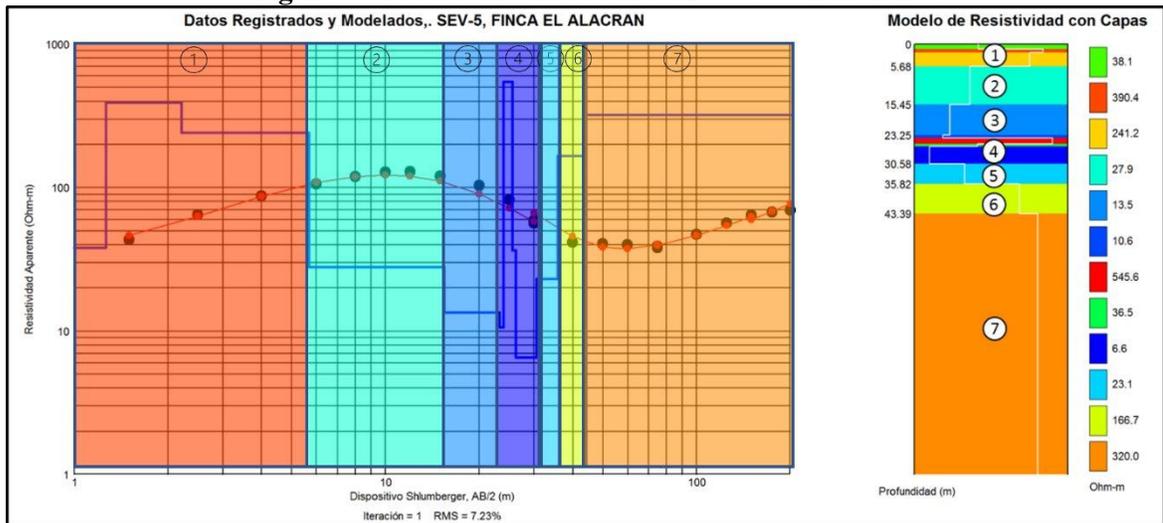


Figura 7. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV – 5.

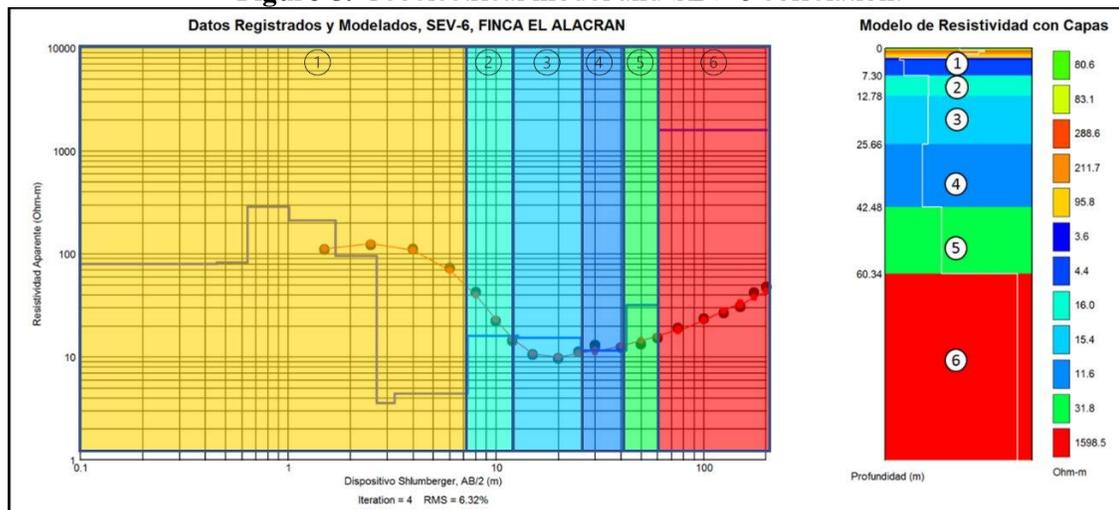
Figure 7. Geoelectric model and SEV – 5 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 6 está conformado por seis niveles de resistividades, la primera capa corresponde a material finogranular, arcilloso hacia el tope en gradación normal con arenas de grano medio, resistividad 3.6 Ohm-m a 288.6 Ohm- m y espesor 7.30 m; la capa 2 con espesor de 5.48 m, base a 12.78 m y resistividad 16 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio saturadas; la siguiente capa corresponde a arenas de grano medio, saturadas, resistividad 15.4 Ohm-m, base a 25.66 m y espesor 12.88 m; la capa 4 con espesor 16.82 m, base a 42.48 m y resistividad 11.6 Ohm-m interpretándose como limos y arenas saturadas; la capa 5 con espesor de 17.86 m, base a 60.34 m y resistividad 31.8 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, seca con resistividad de 1598.5 Ohm- m (Figura 8).

Figura 8. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-6.

Figure 8. Geoelectrical model and SEV-6 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 7 (Figura 9) está conformado por seis niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a material finogranular, arcilloso hacia el tope en gradación normal con arenas de grano medio, resistividad 3.3 Ohm-m a 36.3 Ohm- m y espesor 9.41 m; la capa 2 con espesor 8.1 m, base a 17.51 m y resistividad 25 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la siguiente capa corresponde a arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas, resistividad 12.5 Ohm-m, base a 29.92 m y espesor 12.41 m; la capa 4 con espesor de 15.6 m, base a 45.52 m y resistividad 14.3 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la capa 5 con espesor 17.02 m, base a 62.54 m y resistividad 36.2 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, seca con resistividad de 667.2 Ohm-m. El modelo geológico-geofísico del sondeo 8 está conformado por cinco niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a arenas y limos saturados, cantos y gravas saturadas, resistividad 14.8 Ohm-m a 390 Ohm-m, espesor 7 m; la capa 2 base a 18 m y resistividad de 9.4 Ohm-m a 10.3 Ohm-m interpretada como arena fina y saturada; la siguiente capa corresponde a arena media saturada con resistividad de 16.6 Ohm-m, base a 32.20 m y espesor 14.2 m; la capa 4 con espesor de 11 m, base a 43.20 m y resistividad 56.4 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, saturada con resistividad de 134.3 Ohm-m (Figura 10).

Figura 9. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV – 7.
Figure 9. Geoelectric model and SEV – 7 correlation.

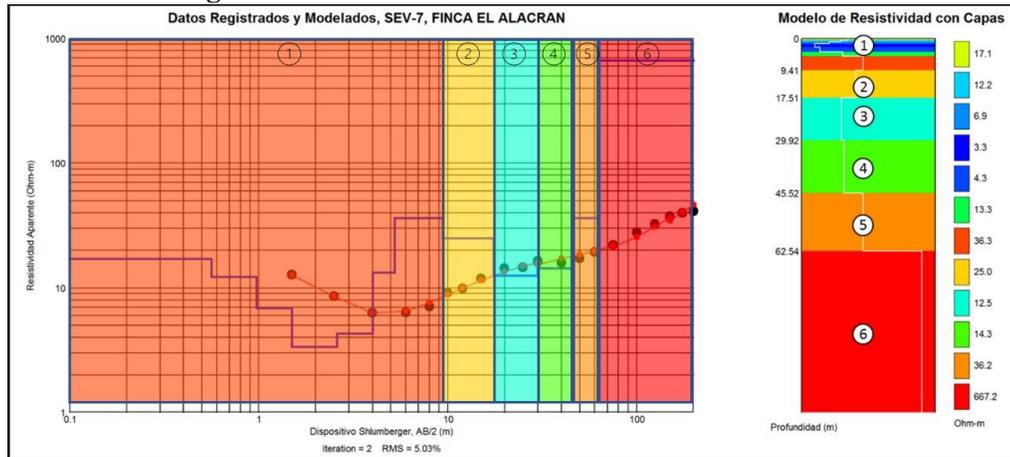
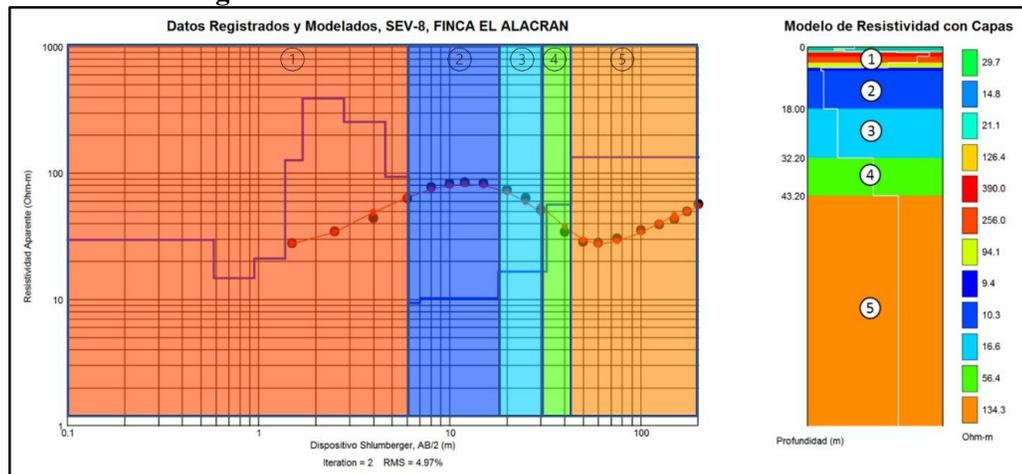
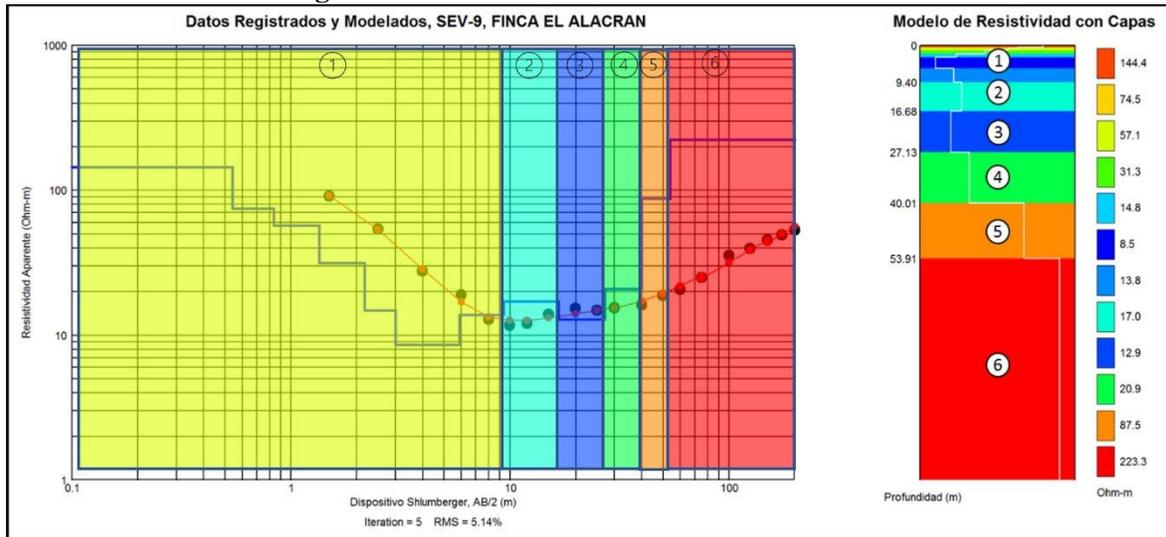


Figura 10. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-8.
Figure 10. Geoelectric model and SEV-8 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 9 está conformado por seis niveles de resistividades distintas; la primera capa corresponde a material finogranular, arcilloso hacia el tope en gradación normal con arenas de grano medio, resistividad 8.5 Ohm-m a 144.4 Ohm- m y espesor 9.40 m; la capa 2 con espesor 7.28 m, base a 16.68 m y resistividad 17 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la siguiente capa identificada corresponde a arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas, resistividad 12.9 Ohm- m, base a 27.13 m y espesor 10.45 m; la capa 4 espesor 12.88 m, base 40.01 m y resistividad de 20.9 Ohm-m interpretándose como arenas grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la capa 5 con espesor 13.09 m, base 53.91 m y resistividad 87.5 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, seca (6) con una resistividad de 223.3 Ohm-m (Figura 11).

Figura 11. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-9.
Figure 11. Geoelectrical model and SEV-9 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 10 está conformado por cinco niveles de resistividades distintas; la primera capa corresponde arenas medias que gradan progresivamente hacia arcillas, resistividad 4 Ohm-m a 151 Ohm-m y base a los 14.10 metros; la capa 2 base 23.14 m y resistividad de 17.7 Ohm-m interpretándose como arena medio saturada; la siguiente capa corresponde arena media saturada, resistividad 22.6 Ohm-m, base a 39.51 m y espesor 16.37 m; la capa 4 espesor de 26.56 m, base a 66.07 m y resistividad 36.7 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa como roca ígnea fracturada, seca (5) con resistividad de 223.4 Ohm-m (Figura 12). El modelo geológico-geofísico del sondeo 11 está conformado por seis niveles de resistividades distinta, la primera capa corresponde a gravas y cantos, posiblemente saturados con resistividad 10 Ohm-m a 120.4 Ohm-m y espesor 9.53 m; la capa 2 con espesor de 5.49 m, base a 15.02 m y resistividad 20.6 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la siguiente capa corresponde a arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas, resistividad 16.8 Ohm-m, base a 26.38 m y espesor 11.36 m; la capa 4 con espesor de 12.31 m, base a 38.69 m y resistividad 34.1 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la capa 5 con espesor 17.96 m, base 56.65 m y resistividad 152.7 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa como roca ígnea fracturada, seca (6) con resistividad de 254.3 Ohm-m (Figura 13).

Figura 12. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-10.

Figure 12. Geoelectric model and SEV-10 correlation.

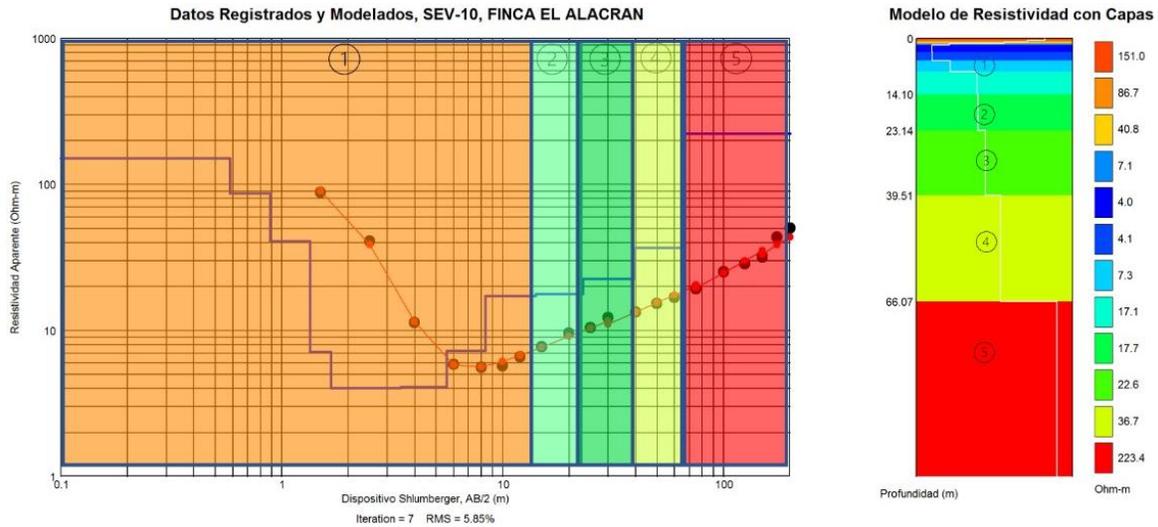
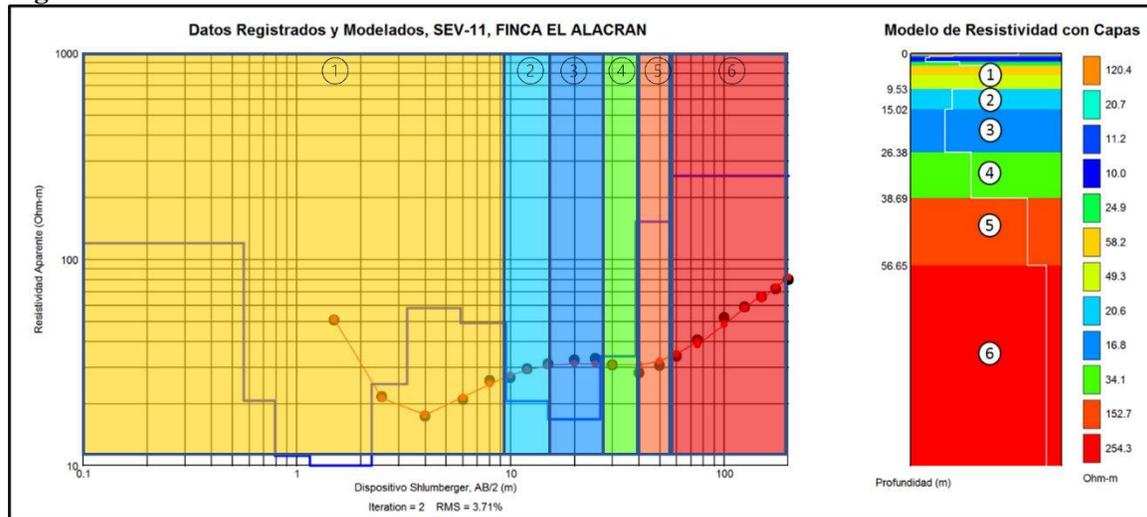


Figura 13. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-11.

Figure 13. Geoelectric model and SEV-11 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 12 está conformado por seis niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a limos y arenas, saturadas con agua, resistividad 5.6 Ohm-m a 77.9 Ohm-m; la capa 2 presentó base a 13.47 m y resistividad 17.8 Ohm-m interpretada como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la siguiente capa corresponde arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas, resistividad 26.8 Ohm-m, base a 21.32 m y espesor 7.85 m; la capa 4 espesor de 13.49 m, base a 34.81 m y resistividad 41.2 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; la capa 5 resistividad 71.7 Ohm-m, base 58.01 m y espesor 23.2 m interpretada como roca ígnea fracturada, saturada; y la última roca ígnea compacta, seca (6) con una resistividad de 157.2 Ohm-m (Figura 14). El modelo geológico-geofísico del sondeo 13 está conformado por seis niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a gravas y cantos, secos, resistividad 32.2 Ohm-m a 908.4 Ohm-m y espesor de 7.17 m;

la capa 2 espesor de 4.16 m, base 11.33 m y resistividad 354.6 Ohm-m interpretándose como gravas y cantos y secos; la siguiente capa corresponde a arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas, resistividad 27.4 Ohm-m, base a 14.34 m y espesor 3.01 m; la capa 4 espesor 12.54 m, base a 26.88 m y resistividad 14 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la capa 5 con espesor 39.15 m, base a 66.03 m y resistividad 34.6 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; la última capa como roca ígnea fracturada, saturada (6) con resistividad de 151.4 Ohm-m (Figura 15).

Figura 14. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV – 12.

Figure 14. Geoelectric model and SEV – 12 correlation.

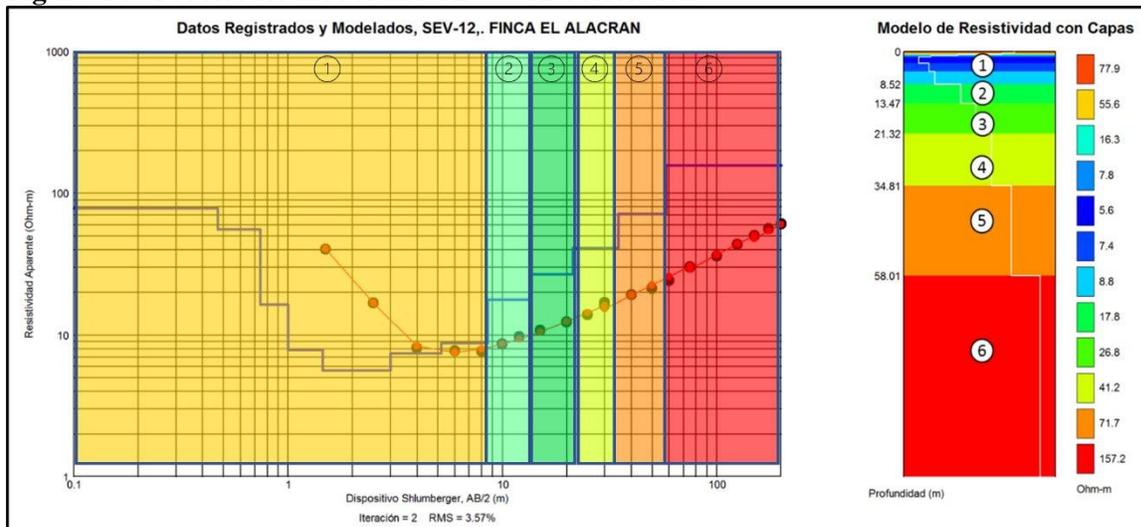
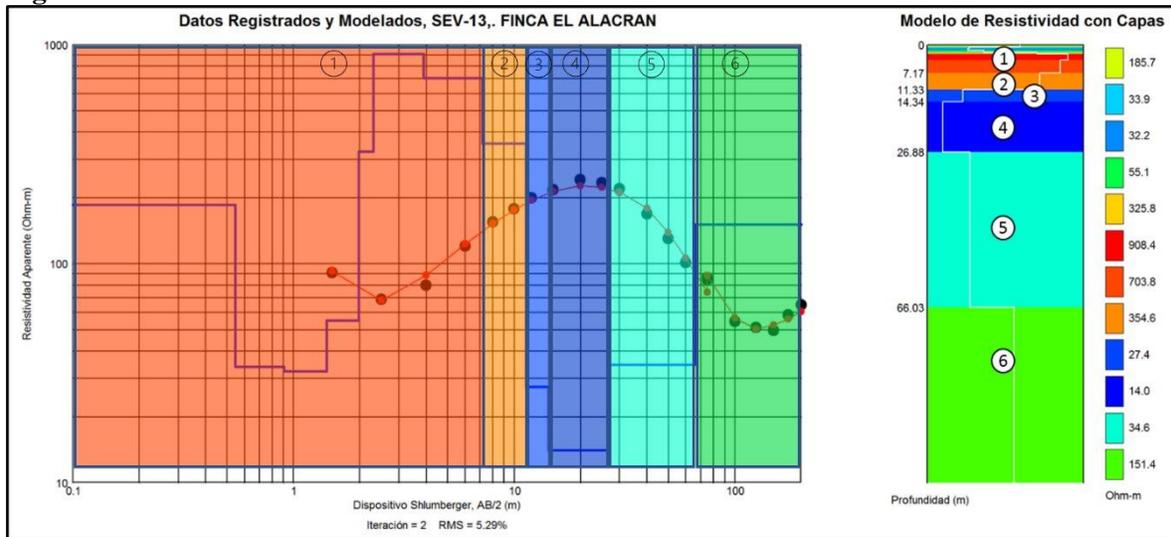


Figura 15. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-13.

Figure 15. Geoelectric model and SEV-13 correlation.



El modelo geológico-geofísico del sondeo 14 está conformado por seis niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a gravas y arenas, saturadas con resistividad 7.6 Ohm-m a 315.4 Ohm-m y espesor 8.92 m. La capa 2 con espesor de 4.88 m, base a 13.80 m y resistividad 21.9 Ohm-m interpretándose

como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la siguiente capa corresponde a arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas, resistividad 15.2 Ohm-m, base a 24.10 m y espesor 10.3 m; la capa 4 con espesor de 13.8 m, base a 37.90 m y resistividad 24.8 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio y grueso, saturadas e intercaladas; la capa 5 con espesor de 19.11 m, base a 57.01 m y resistividad de 63 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; y la última capa cómo roca ígnea fracturada, saturada y resistividad de 79.1 Ohm- m (Figura 16). El modelo geológico-geofísico del sondeo 15 está conformado por seis niveles de resistividades distintas, la primera capa corresponde a gravas y arenas, que gradan de base a tope hacia arcillas y limos, resistividad 3.3 Ohm-m a 185 Ohm-m y espesor 8.79 metros; la capa 2 con espesor 3.52 m, base a 12.31 m y resistividad de 42.9 Ohm-m interpretándose como gravas y arenas saturadas; la siguiente capa corresponde a arenas de grano fino, saturadas, resistividad de 12 Ohm-m, base a 25.52 m y espesor 13.21 m; la capa 4 con espesor de 15.67 m, base a 41.19 m y resistividad 16.3 Ohm-m interpretándose como arenas de grano medio saturadas; la capa 5 con espesor de 12.21 m, base a 53.40 m y resistividad 70.1 Ohm-m interpretándose como roca ígnea muy fracturada y saturada; la última capa cómo roca ígnea fracturada, saturada y resistividad de 82.7 Ohm-m (Figura 17).

Figura 16. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-14.

Figure 16. Geoelectric model and SEV-14 correlation.

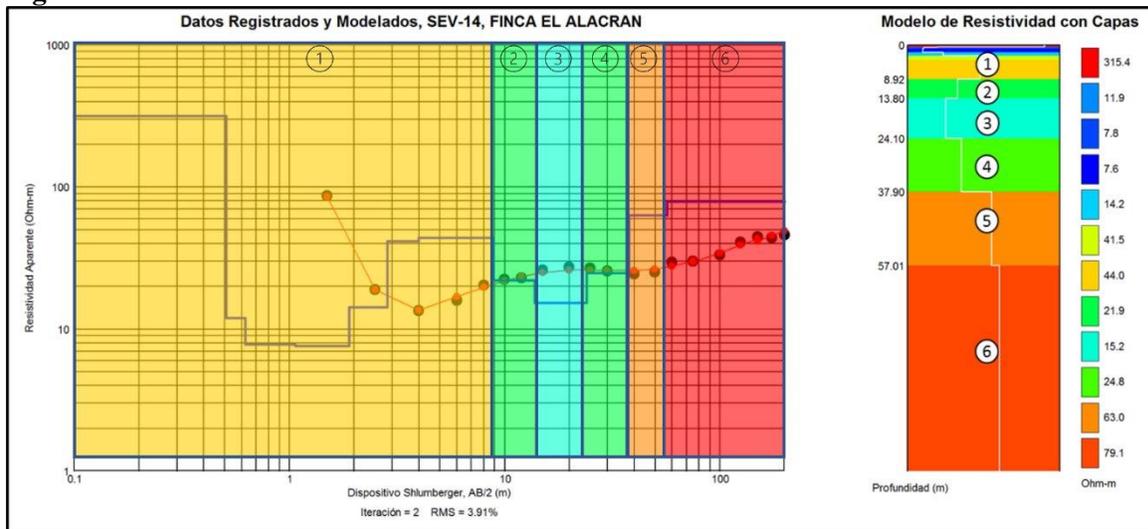
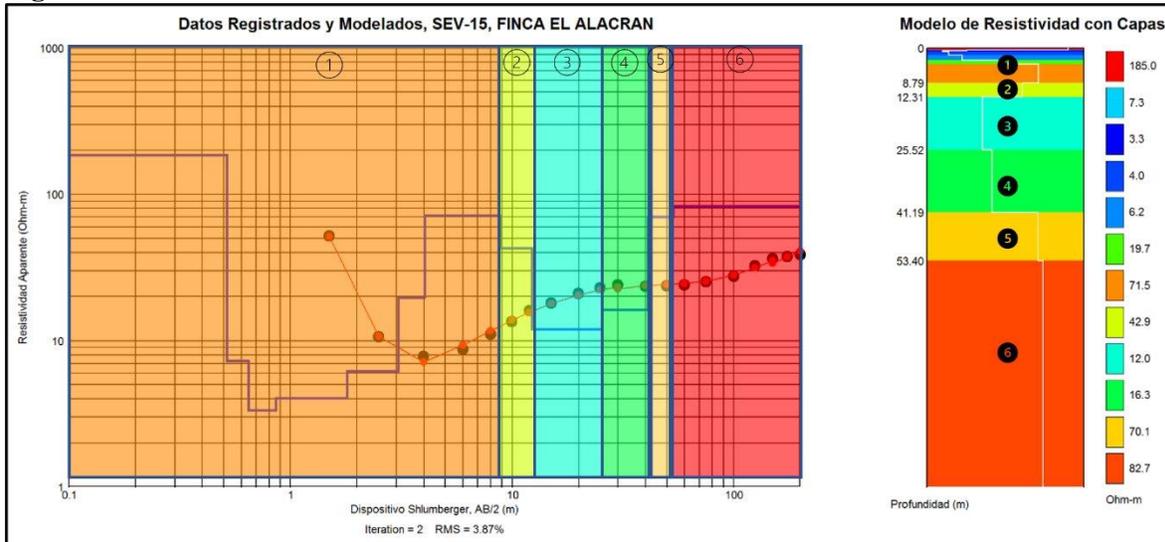


Figura 17. Modelo Geoeléctrico y correlación SEV-15.

Figure 17. Geoelectric model and SEV-15 correlation.



5.2 MODELO GEOELÉCTRICO CONCEPTUAL

Se realizó un mapa de espesores con la información obtenida en cada uno de los SEV permitiendo determinar los sitios con mayor espesor del depósito aluvial (Figura 18) y mapas de iso-resistividades a profundidades de 5 metros, 10 metros, 20 metros y 40 metros (Figura 19) y (Figura 20). En el modelo interpretado a partir de los sondeos eléctricos verticales se realizó un perfil de noreste a suroeste correlacionado con los mayores sondeos posibles donde se evidenció que el depósito aluvial (Qal) presenta variabilidad de espesor y la Formación La Quinta (Jq) no uniformidad en su geometría, por tanto el área de mayor provecho corresponde a los sitios de menor profundidad (zonas verdes) y zonas rojizas (mayor profundidad) para futuras perforaciones (Figura 21).

Figura 18. Modelo geológico conceptual.

Figure 18. Conceptual geological model.

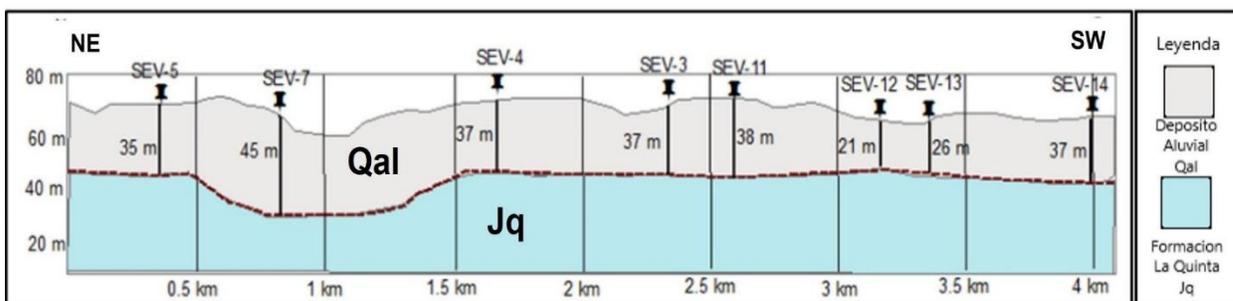
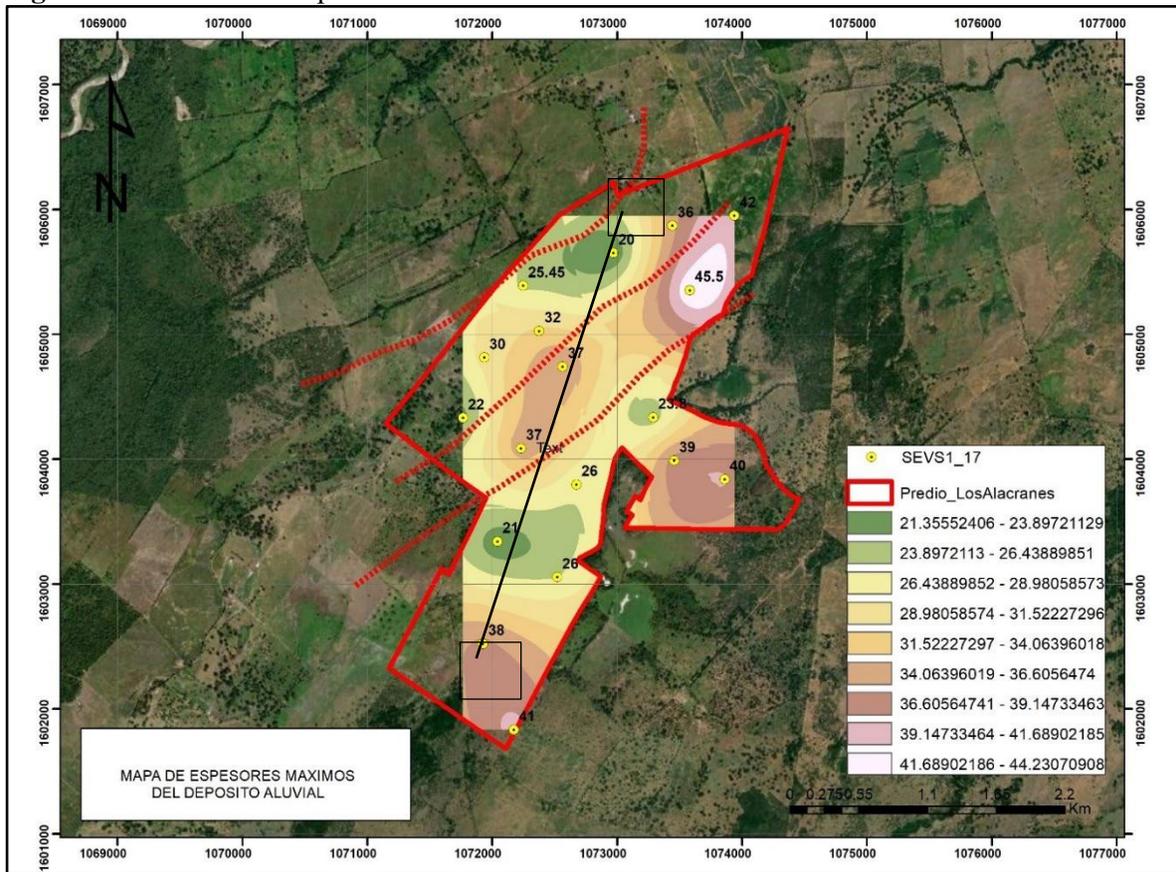


Figura 19. Mapa de espesores.

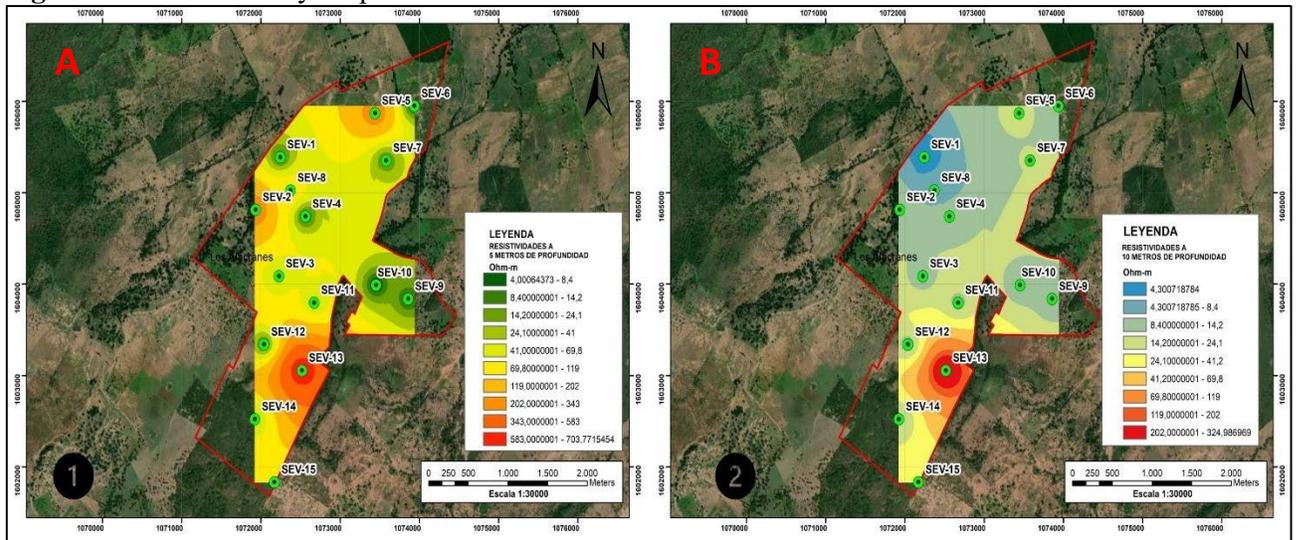
Figure 19. Thickness map.



En la figura 20A indica que las mayores resistividades se encuentran hacia la parte sur de la zona de interés constituida por gravas y cantos secos. Hacia la parte central se observan resistividades de materiales fino granulares (arcillas y limos) que gradan normalmente hacia arenas y gravas. En la figura 20B hacia el sur continua un patrón de resistividades altos que corresponden a gravas y cantos secos, y hacia el norte dos zonas con resistividades bajas que se representan con arcillas y limos secos, y resistividades de arenas y gravas saturadas.

Figura 20. Mapa de iso-resistividades a 5 metros y 10 metros.

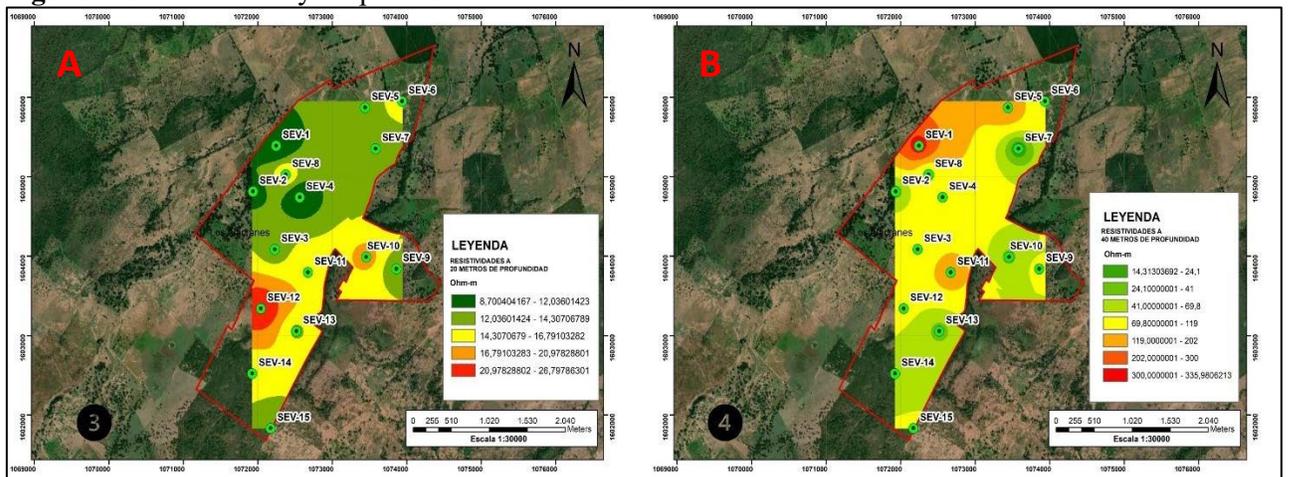
Figure 20. Iso-resistivity map at 5 meters and 10 meters.



En la figura 21A, presenta resistividades desde 8.7 a 26.79 ohm-m a 20 metros de profundidad. Se diferencian zonas con mayores resistividades al sur con arenas y gravas saturadas. Hacia la parte central y norte se distinguen zonas con arcillas, limos y arenas saturados. La figura 21B presenta resistividades desde 14.3 a 335.9 ohm-m a 40 metros de profundidad y resistividades altas hacia la zona norte y centro, correspondiente al basamento hidrogeológico (Formación La Quinta); además, zonas hacia el sur y centro-norte con arenas y gravas saturadas, y rocas de la Formación La Quinta fracturadas y saturadas.

Figura 21. Mapa de iso-resistividades a 20 metros y 40 metros.

Figure 21. Iso-resistivity map at 20 meters and 40 meters.



6. CONCLUSIONES

La condición geológica nos indica que la Finca “El Alacrán” se ubica sobre rellenos cuaternarios con materiales fino-granulares, presentando resistividades de 1.0 Ohm-m hasta 15 Ohm-m, gravas y arenas saturadas con resistividades de 15 Ohm-m a 28 Ohm-m en contacto con capas de arenas de diferentes

tamaños de grano saturadas, evidenciando la presencia de agua. Estos materiales se encuentran depositados de manera discordante sobre rocas ígneas de edad Jurásica pertenecientes a la Formación La Quinta, que presentan resistividades de 40 Ohm-m a 50 Ohm-m en su parte fracturada y saturada. La resistividad aumenta a medida que la roca compacta se presenta con resistividades desde 80 Ohm-m hasta 300 Ohm-m.

Los espesores del depósito cuaternario aluvial varia en dirección NW – SE. Hacia la parte nororiental presenta espesor de 45 m (SEV-7), mientras que hacia la parte más noroccidental alcanza espesor hasta de 20 m; permitiendo confeccionar la geometría del basamento hidrogeológico constituido por rocas volcánicas pertenecientes a la Formación La Quinta.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Corpoboyacá, “Actualización del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río medio y bajo Suárez (2401-02),” Boyacá, Colombia, 2015.
- [2] A. Vargas-Villalobos and L. López-Salgado, “Caracterización fisicoquímica e hidrogeológica de las aguas subterráneas en el municipio Valledupar, Cesar, Colombia,” Fundación del Área Andina, 2018.
- [3] S. Bolaños-Chavarría and T. Betancur-Vargas, “Estado del Arte sobre el Cambio Climático y las Aguas Subterráneas. Ejemplos en Colombia,” *Rev. Politécnica*, vol. 14, no. 26 SE-Artículos, pp. 52–64, Aug. 2018, doi: 10.33571/rpolitec.v14n26a5.
- [4] M. Vélez-Otalvaro, *Hidráulica de aguas subterráneas*, 3 edición. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2011.
- [5] L. Calixto-Niño, “Métodos geofísicos para la búsqueda de aguas subterráneas y prediseño de un pozo de extracción para la empresa Transavella, en la ciudad de Sogamoso, Boyacá,” Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia, 2017.
- [6] Héctor López-Loera, “Geofísica para la localización de Agua Subterránea en Ambientes Volcánicos Áridos de la Mesa Central. Caso La Dulcita, Villa de Ramos, San Luis Potosí, México,” *Boletín la Soc. Geológica Mex.*, vol. 66, no. 1, pp. 165–181, 2014, [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222014000100013
- [7] R. Jiménez-Reyes and E. Rodríguez-Cruz, “Geofísica aplicada a la búsqueda de agua subterránea en depósitos aluviales. Caso de estudio arenas algaba,” in *Congreso Cubano de Geofísica*, La Habana, Cuba, 2013, pp. 1–8.
- [8] I. Aguirre, J. Maringue, I. Santibáñez, and G. Yáñez, “The role of the geophysical exploration in deep aquifers in semi-urban and rural environments in Andean forearc basins, study case in the aquifer of Ñuble river, Central Valley of Chile,” *Andean Geol.*, vol. 49, no. 1, pp. 18–54, 2022, doi: 10.5027/andgeoV49n1-3370.
- [9] J. Hernández *et al.*, “Estudios Geofísicos para la detección de agua subterránea en el municipio de Jalcomulco, Veracruz, México,” *UVserva*, no. 15, pp. 25–35, 2023, doi: 10.25009/uvs.vi15.2928.
- [10] D. Garcia, A. Jensen, and R. St-Onge, “Prospección de aguas subterráneas a través del método geoeléctrico sondeo eléctrico vertical en el predio ‘el parrón’, comuna de florida, región del

- Biobío, Chile,” in *Simposio de Habilitación Profesional departamento de Ingeniería Civil*, 2021, pp. 1–25.
- [11] D. Mársico, E. Díaz, O. Dalla-Costa, and B. Aceñolaza, “Los sondeos eléctricos verticales aplicados a la prospección de las aguas termales en la provincia de Entre Ríos,” *Agua Subterránea Recur. Estratégico*, pp. 221–228, 2017.
- [12] S. Bakkali, “Utilización de sondeos eléctricos para el diagnóstico del potencial hídrico de la región de Tizeght (anti-atlas marroquí),” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. 7, no. 2, pp. 71–84, 2006, doi: 10.22201/fi.25940732e.2006.07n2.006.
- [13] H. Cuellar-Delgado, “Modelo hidrogeológico conceptual área del batallón de ingenieros Manuel Alberto murillo González n° 10 de Valledupar, Cesar,” Fundación Universitaria del Área Andina.
- [14] A. Zohdy, L. Anderson, and L. Muffler, “Resistivity, self-potential, and induced-polarization surveys of a vapor-dominated geothermal system,” *GEOPHYSICS*, vol. 38, no. 6, pp. 1130–1144, Dec. 1973, doi: 10.1190/1.1440400.
- [15] M. H. Chaustre, “Geología de Plancha 48 - La Jagua de Ibirico, escala 1:100.000.,” Bucaramanga, 2000. [Online]. Available: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010010020444/documento/PDF/0101204441102000.pdf>
- [16] M. Hernández, “Geología de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico,” Bogotá D.C., Colombia, 2003. [Online]. Available: <http://nebula.wsimg.com/57e5189642be3c0751a644da0cbf25ab?AccessKeyId=75F883B260454DDA3D4B&disposition=0&alloworigin=1>
- [17] F. Cediel, R. Shaw, and C. Cáceres, “Tectonic Assembly of the Northern Andean block, in The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics,” *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, vol. 79, pp. 815–848, 2003.
- [18] H. Cáceres, R. Camacho, and J. Reyes, “The Geology of the Rancheria Basin. Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists. Geological Field – Trips Colombia, 1980 – 1989,” 1980.