



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA Y
FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

LAURA MARCELA CARDOZO SIACHOQUE

PAOLA ANDREA VARGAS PÉREZ

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO BOYACÁ
ESCUELA INGENIERÍA GEOLÓGICA
SOGAMOSO
2015**



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA Y
FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

LAURA MARCELA CARDOZO SIACHOQUE CÓD: 054568

PAOLA ANDREA VARGAS PÉREZ CÓD: 200710544

Proyecto Presentado como Requisito para optar el Título de Ingeniero Geólogo en
la Modalidad de Trabajo de Investigación.

**DIRECTOR (A)
MARÍA DEL CARMEN FUENTES
Ingeniera Geofísica
U.P.T.C.**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO BOYACÁ
ESCUELA INGENIERÍA GEOLÓGICA
SOGAMOSO
2015**



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Nota de Aceptación:

Firma Presidente del Jurado

Firma Director Proyecto de Grado

Firma Jurado 1

Firma Jurado 2

Firma Estudiante 1

Firma Estudiante 2

Sogamoso, Agosto de 2015.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



DEDICATORIA

*Dedico este proyecto de investigación a Dios, por permitirme llegar a este punto,
por cuidar cada uno de mis pasos, por darme salud para poder cumplir mis objetivos
y por su perdurable bondad y amor; a mis padres Alberto y Gloria
por ser los guías en el sendero de cada acto que realizo hoy,
mañana y siempre, por los valores que me inculcaron, por el apoyo recibido,
por el gran ejemplo que me dieron y que aún me dan y por su valiosa cooperación;
mi hermana Mónica por ser un incentivo y colaboración constante;
a mi novio Abel, por ser ese ser incondicional, mi compañero,
mi amigo, mi consejero, por apoyarme y ayudarme en los momentos más difíciles,
por creer en mí siempre y por darme todo ese amor que cada día que pasa se torna más fuerte;
a mi hijo hermoso Juan Andrés que es el motor de mi vida y mi razón de existir,
mi gran inspiración para seguir adelante cada día que pasa,
a Gladys mi jefe, amiga incondicional quien me apoyo siempre
y por último y no menos importante a la Ingeniera María del Carmen Fuentes,
por entregarme sus conocimientos para realizar los propósitos que tengo en mente.*

Laura Marcela Cardozo Siachoque

*Dedico el presente trabajo a mis padres,
Dora Stella Pérez y Nestor Julio Vargas,
por estar siempre presentes en los momentos
buenos y malos que nos traza la vida,
por su constante apoyo,
por hacer de mí una persona seria y responsable
Para ellos es esta dedicatoria de tesis,
pues es a ellos a quienes se las debo
por su apoyo incondicional.*

Paola Andrea Vargas Pérez



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

Agradecemos a Dios ante todo, por permitirnos pertenecer a esta carrera de Ingeniería Geológica, por darnos la fortaleza necesaria para no desfallecer en los momentos difíciles y hacer que este sueño se hiciera realidad.

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por permitirnos ser parte de esta gran familia.

A María del Carmen Fuentes Fuentes, Ingeniera Geofísica directora del proyecto por sus valiosas orientaciones, ayuda y su voluntad de servicio.

A nuestros maestros quienes nunca desistieron al enseñarnos sus conocimientos, a ellos que continuaron depositando su esperanza en nosotras.

A todas aquellas personas que de una u otra forma atribuyeron para la ejecución de este proyecto.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



**“LA AUTORIDAD CIENTÍFICA DE LA FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO,
RESIDE EN ELLA MISMA, POR LO TANTO NO RESPONDE DE LAS
OPINIONES EXPRESADAS EN ESTE PROYECTO”**

SE AUTORIZA LA REPRODUCCIÓN INDICANDO SU ORIGEN



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
1 GENERALIDADES.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	16
1.3 VÍAS DE ACCESO.....	18
1.4 CLIMA Y PRECIPITACIÓN.....	19
2 GEOLOGÍA.....	26
2.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	26
2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	30
2.3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL.....	33
2.4 TECTÓNICA.....	34
2.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	35
2.6 ASPECTOS HIDROGEOLOGÍCOS.....	36
2.7 GEOLOGÍA LOCAL.....	38
3 EXPLORACIÓN GEOFÍSICA.....	46
3.1 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (S.E.V.).....	46



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITOBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



	Pág.
4 RESULTADOS	54
4.1 SECTOR IZA.....	54
4.2 SECTOR CUITIVA.....	55
4.3 SECTOR FIRAVITOBA.....	56
4.4 MODELACIÓN HIDROGEOLOJICA.....	57
5 CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS.....	68



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del área de estudio.....	18
Figura 2. Tipos de curvas según Smirnov.....	51
Figura 3. Ventana desplegada por el software IPI2Win	52
Figura 4. Curva tipo H obtenida en el S.E.V. 3 del municipio de Cuitiva con un error de 4,17%.	52
Figura 5. Corte geológico - geofísico sector Iza.....	55
Figura 6. Corte geológico - geofísico sector Cuitiva.....	56
Figura 7. Corte geológico - geofísico sector Firavitoba	57
Figura 8. Superposición de mapa geológico e isoyetas sector Iza.....	58
Figura 9. Superposición de mapa geológico e isoyetas sector Cuitiva	59
Figura 10. Superposición de mapa geológico e isoyetas sector Firavitoba....	60
Figura 11. Zonas de infiltración sector Iza	61
Figura 12. Zona de infiltración del sector Cuitiva	62
Figura 13. Zona de infiltración sector Firavitoba	63



LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Histograma de los valores máximos, medios y mínimos multianuales desde el año 2000 hasta el año 2014 de la estación Iza.	21
Gráfica 2. Histograma valores medios mensuales multianuales de precipitación desde el año 2000 hasta el año 2014 estación Iza.	21
Gráfica 3. Histograma de los valores máximos, medios y mínimos multianuales desde el año 2000 hasta el año 2014 de la estación El Túnel – Cuitiva.	22
Gráfica 4. Histograma valores medios mensuales multianuales de precipitación desde el año 2000 hasta el año 2014 estación El Túnel – Cuitiva.	23
Gráfica 5. Histograma de los valores máximos, medios y mínimos multianuales desde el año 2000 hasta el año 2014 de la estación Firavitoba.	24
Gráfica 6. Histograma valores medios mensuales multianuales de precipitación desde el año 2000 hasta el año 2014 estación Firavitoba.	24
Gráfica 7. Comportamiento de la precipitación media mensual multianual en los municipios de Iza, Cuitiva y Firavitoba.	25



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Coordenadas de delimitación de los sectores Iza, Cuitiva y Firavitoba.	17
Tabla 2. Estaciones Climatológicas de los municipios de Iza, Cuitiva y Firavitoba	20
Tabla 3. Rangos de resistividad	53



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Cuaternario aluvial.....	38
Fotografía 2. Afloramiento material arenoso.....	39
Fotografía 3. Afloramiento de material arenoso.....	40
Fotografía 4. Formación Plaeners.	40
Fotografía 5. Formación Churuvita.	41
Fotografía 6. Posible contacto entre las Fm. Churuvita y Plaeners.	42
Fotografía 7. Posible contacto de las Fm. Churuvita y Une.	43
Fotografía 8. Afloramiento de material arenoso.....	44
Fotografía 9. Afloramiento de material arcilloso.....	44
Fotografía 10. Formación Une.....	45
Fotografía 11. Equipamiento Eléctrico.....	49



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Valores mensuales de precipitación. Estación Iza, Estación el túnel, Estación Firavitoba.

Anexo 2. Mapa geológico regional.

Anexo 3. Mapas geológicos locales sectores Iza, Cuítiva y Firavitoba.

Anexo 4. Localización regional de los puntos S.E.V.

Anexo 5. Localización de los puntos S.E.V. Sectores Iza, Cuítiva y Firavitoba

Anexo 6. Tablas de datos S.E.V.

Anexo 7. Resultados de la interpretación de los S.E.V.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITOBÁ-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



RESUMEN

Por medio de la aplicación de Sondeo Eléctricos Verticales como método geofísico geoelectrico, se realizó el modelamiento cualitativo 2D de algunas zonas de los municipios de Iza, Cuitiva y Firavitoba, departamento de Boyacá. A partir de datos de resistividad aparente se distinguieron los límites litológicos por comparación con ábacos (Smirnov), adicionalmente se identificaron los acuíferos y profundidades relativas de los mismos; la interpretación de la litología a profundidad se relacionó con la información geológica obtenida en superficie.

Con datos de precipitación suministrados por Instituto de Hidrología Meteorológica y Estudios Ambientales (IDEAM) de las estaciones el Túnel (Cuitiva), Iza (Iza) y Firavitoba (Firavitoba) se generaron mapas de isoyetas, los cuales se superpusieron a los mapas geológicos y así se identificaron las zonas de recarga y descarga.

Por medio de la elaboración de cortes geológico-geofísicos y la identificación de las zonas de recarga y descarga se establecieron las posibles direcciones de flujo que alimentan los acuíferos de cada zona de estudio.

La identificación y modelamiento cualitativo 2D de los acuíferos de la zona contribuye al conocimiento de los recursos hídricos de la zona para futuros estudios sobre el área de interés.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



INTRODUCCIÓN

La geofísica es una de las ciencias que nos brinda la capacidad de caracterizar las condiciones del subsuelo sin perturbarlo, lo que ofrece beneficios de costos más bajos y menor riesgo, dando un mejor entendimiento de las condiciones hidrogeológicas del sitio estudiado. La técnica de prospección geofísica con los Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) ha logrado, sobresalir no solo por su empleo en la exploración de yacimientos minerales sino también en la búsqueda de acuíferos.

En la zona de interés no se encontraron estudios concernientes a la exploración de aguas subterráneas por medio de sondeos eléctricos verticales, por tanto para este estudio se contó con la información preliminar y el equipamiento geofísico necesario para realizar dichos sondeos, se planteó evaluar doce puntos (S.E.V.), cuatro por municipio, de forma que permita obtener valores representativos de resistividad en las litologías presentes. Para la realización del proyecto se tuvo en cuenta la interpretación de la información obtenida en los S.E.V. realizados durante la etapa de campo en estos municipios, así como la realización de nuevos puntos de observación.



1 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General.

Realizar estudios geoelectricos a partir del método del S.E.V. para la modelación de acuíferos en los sectores de Iza, Cuitiva y Firavitoba departamento de Boyacá.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar la información existente de las áreas a estudiar.
- Corroborar a geología superficial de los sectores de Iza, Cuitiva y Firavitoba con visitas a campo.
- Hacer la Geofísica de campo empleando el método del Sondeo Eléctrico vertical (S.E.V.).
- Interpretar y procesar los datos geofísicos obtenidos para el estudio.
- Determinar los rangos de resistividad para las litologías presentes.
- Generar mapas de isoyetas a partir de los datos de precipitación suministrados por el IDEAM.
- Identificar las zonas de recarga y descarga de aguas de escorrentía.
- Determinar los modelos cuantitativos 2D de los acuíferos representativos de las áreas.

1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Los municipios de Iza, Cuitiva y Firavitoba, se encuentran localizados en la Provincia de Sugamuxi, en el Departamento de Boyacá de la República de Colombia, ubicados en el piedemonte de las estribaciones de la Cordillera oriental y sobre el costado sur del Valle del Sugamuxi.

1.2.1 Sector Iza. El municipio de Iza, colinda con los municipios de Sogamoso, por el norte; de Cuitiva, por el sureste, de Tota por el suroeste y de Pesca y Aguascalientes por el oeste. La cabecera municipal se localiza en las coordenadas geográficas latitud 5°37' N - longitud 72°59' W del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a una altura promedio de 2.590 m.s.n.m. El área aproximada de estudio para el sector de Iza es de 6,5 km².



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITوبا-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



1.2.2 Sector Cuitiva. El municipio de Cuitiva está a 5° 27' 45" latitud Este, posee altitudes que van desde los 2.727 hasta los 3.200 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 13°C. Colinda por el norte con el municipio de Iza, por el oriente con el municipio de Sogamoso, por el occidente con el municipio de Aquitania y por el sur con el municipio de Tota. El área aproximada de estudio para el sector de Cuitiva es de 4,5 km².

1.2.3 Sector Firavitoba. El municipio de Firavitoba está a 5° 39' 10" de latitud norte y 72° 59'47" de longitud oeste. Hace parte del altiplano Cundiboyacense y se encuentra a 77 km de distancia de Tunja la capital departamental. Está ubicado, a una distancia de 9 km de la ciudad de Sogamoso, capital provincial, comprende tierras ubicadas entre los 2.500 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 14°C. Limita por el norte con los municipios de Paipa y Tibasosa, por el sur con Iza y Pesca, por el Oriente con Sogamoso e Iza y por el occidente con Tibasosa, Paipa, Tuta y Toca. El área aproximada de estudio para el sector de Firavitoba es de 8,4 km².

La zona de interés se encuentra delimitada según las coordenadas (ver figura 1 y tabla 1)

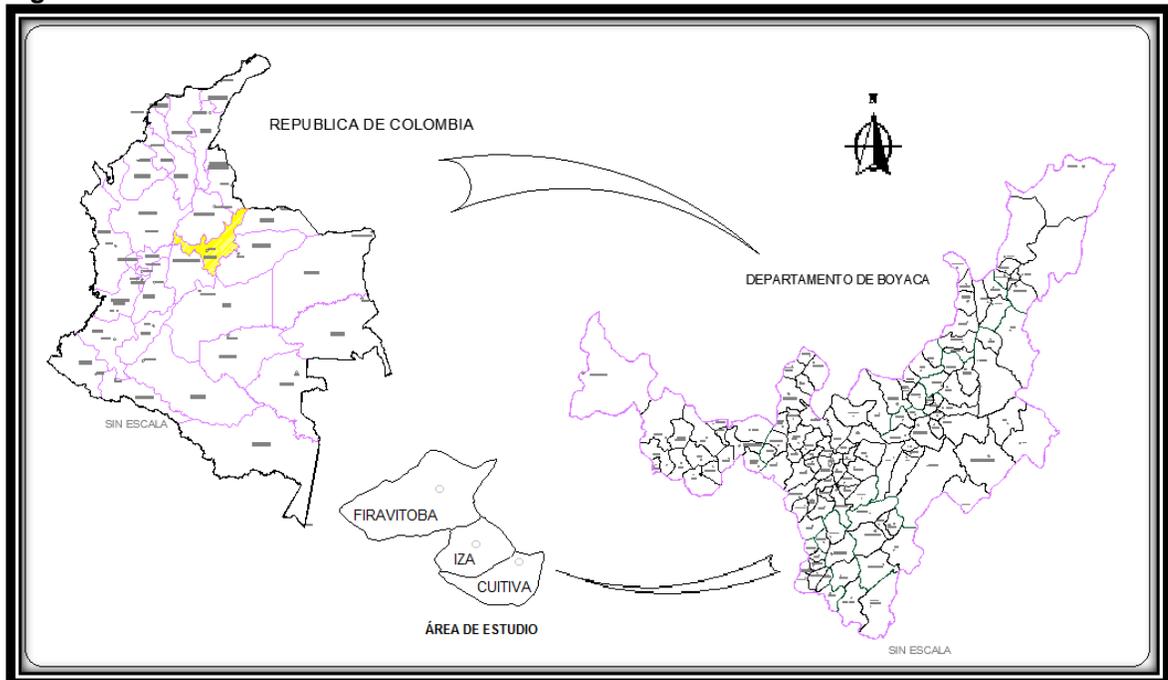
Tabla 1. Coordenadas de delimitación de los sectores Iza, Cuitiva y Firavitoba.

SECTOR IZA			SECTOR CUITIVA			SECTOR FIRAVITوبا		
PUNTO	COORDENADAS		PUNTO	COORDENADAS		PUNTO	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
1	1120000	1114250	1	1121000	1111250	1	1119000	1120500
2	1122000	1114250	2	1123000	1111250	2	1121250	1120500
3	1120000	1111000	3	1121000	1109000	3	1119000	1116750
4	1122000	1111000	4	1123000	1109000	4	1121250	1116750

Fuente: Autores



Figura 1. Localización del área de estudio.



Fuente: Autores

1.3 VÍAS DE ACCESO

El municipio de Iza se encuentra a una distancia de 13 km de Sogamoso y 90 km de la capital del Departamento Tunja. El casco urbano y sus alrededores o cabecera municipal está ubicado en el Valle denominado “Nido verde” el cual lo conforman el Alto de Vita, el Alto de San Miguel, el Alto de Palenque y la Rivera del río Iza; se localiza en el piedemonte de las estribaciones de la cordillera oriental y sobre el costado sur del Valle del Sugamuxi.

Para llegar al municipio de Cuitiva existe una vía principal que parte de Sogamoso vía Iza, Cuitiva - Túnel, otras líneas que existen son: Sogamoso – Iza – Cuitiva – Tota – Aquitania; la otra que parte de Sogamoso El crucero – Llano de Alarcón.

En cuanto al municipio de Firavitoba, se puede acceder por la carrera 11 hacia el sur que comunica a Sogamoso con las poblaciones de Iza, Cuitiva, Firavitoba, Tota, etc.

Tales vías conforman una malla vial subregional que tienen como punto de encuentro el área urbana de Sogamoso, debiéndose integrar a una serie de vías locales y regionales para obtener un desarrollo subregional y regional existente.



1.4 CLIMA Y PRECIPITACIÓN

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dada, controlado por factores forzantes (p. ej. el efecto invernadero), determinantes (p.ej. la orografía), y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático.

Conocer las condiciones climatológicas e hidrológicas de la región es indispensable para el ordenamiento y manejo de los recursos hídricos, agropecuarios y forestales, entre otros. Esta información es fundamental para calcular los rendimientos hídricos, preparar pronóstico de avenidas, conocer las condiciones favorables para el desarrollo de la aeronavegación, diseñar proyectos hidroeléctricos y de riego y drenaje; estudiar el abastecimiento de agua potable e industrial y preparar control de inundaciones. En la medida que esta información esté disponible y sea confiable, la planificación, ejecución y operación de los proyectos responderán en mayor forma a las necesidades reales de la región.

Teniendo en cuenta que el clima generalmente se relaciona con las condiciones predominantes en la atmósfera (uno de los componentes del sistema), éste se explica mediante el comportamiento de dos elementos fundamentales como la temperatura y la precipitación; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático.

El presente diagnóstico climático de los sectores enfocados en el proyecto, es el producto del reconocimiento de diversas fuentes bibliográficas, así como el registro histórico de la información climatológica suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (Ver Anexo 1.) y el diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Alta del Rio Chicamocha (POMCA) realizado por CORPOBOYACA en colaboración con la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

A fin de analizar el comportamiento de los principales elementos climáticos e hídricos en el municipio, se seleccionaron en el IDEAM las estaciones más representativas de la zona, obteniendo información de los valores medios mensuales, multianuales para un periodo promedio de registro de 35 años, de esta forma fueron seleccionadas tres estaciones, de las cuales dos son climatológicas ordinarias y una Pluviométrica. En la Tabla 2 se señalan las principales características de dichas estaciones.



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



Tabla 2. Estaciones Climatológicas de los municipios de Iza, Cuitiva y Firavitoba

ESTACIÓN	TIPO	MUNICIPIO	UBICACIÓN			PERÍODO REGISTRO
			Latitud N	Longitud W	Elevación m.s.n.m.	
Firavitoba	CO	Firavitoba	5°39'	72°58'	2.486	1971 – Actualidad
Iza	PM	Iza	5°36'	72°58'	2.470	1958 – Actualidad
El Túnel	CO	Cuitiva	5° 34'	72° 57'	3.000	1971 –1999

Fuente: IDEAM.

CO: Climatológica Ordinaria

PM: Pluviométrica

A continuación se presentan las principales características climatológicas de las estaciones nombradas anteriormente, de acuerdo a los datos suministrados por el IDEAM (ver anexo 1).

1.4.1 Precipitación. La precipitación es toda forma de agua depositada sobre la superficie terrestre que proviene de la humedad de la atmósfera.

Para efectos del estudio, la precipitación reviste de gran importancia dado que a partir de ella se pueden zonificar las áreas con mayor oferta hídrica. A fin de conocer las características de la zona en cuanto al tema en mención, se tomó como referencia la distribución temporal de la precipitación en la cuenca del río Chicamocha que se encuentra plasmada en el diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Alta del Río Chicamocha (POMCA) y los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de cada municipio.

A continuación se muestra a manera general el comportamiento de la precipitación media mensual para cada uno de los municipios que abarca el estudio.

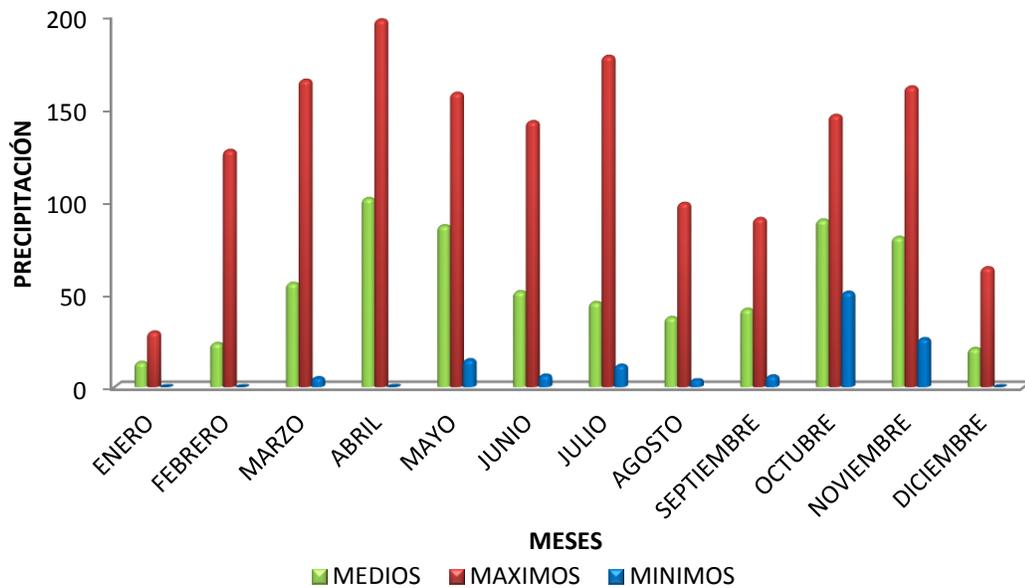
1.4.1.1 Sector Iza. La posición de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) y su influencia sobre las lluvias en la zona, explican la distribución del régimen pluviométrico en el área. Este régimen, denominado Ecuatorial, representa la ocurrencia de dos periodos de mayores lluvias, intercalados con periodos secos o de pocas lluvias. De acuerdo con los datos de la estación Iza, se presentan dos periodos lluviosos de corta duración y dos periodos secos. El primer periodo se presenta en los meses de abril y mayo alcanzando el 28.9% del total de lluvias, el segundo periodo se sucede en los meses de octubre y noviembre alcanzando el 25.5% del total anual (ver grafica 1 y 2) ^[1].



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

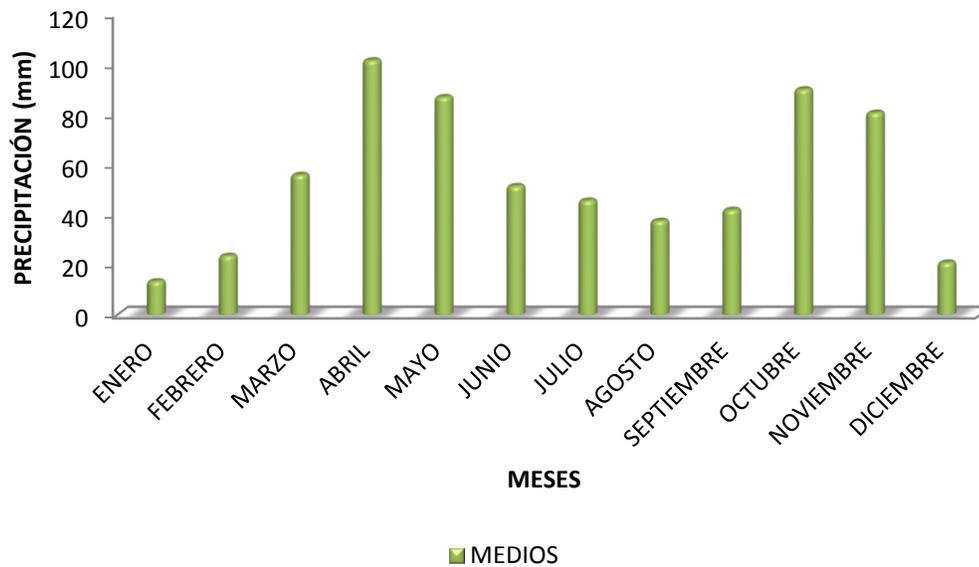


Gráfica 1. Histograma de los valores máximos, medios y mínimos multianuales de la estación Iza (2000-2014).



Fuente: IDEAM [4].

Gráfica 2. Histograma valores medios mensuales multianuales de precipitación 2014 estación Iza (2000-2014).

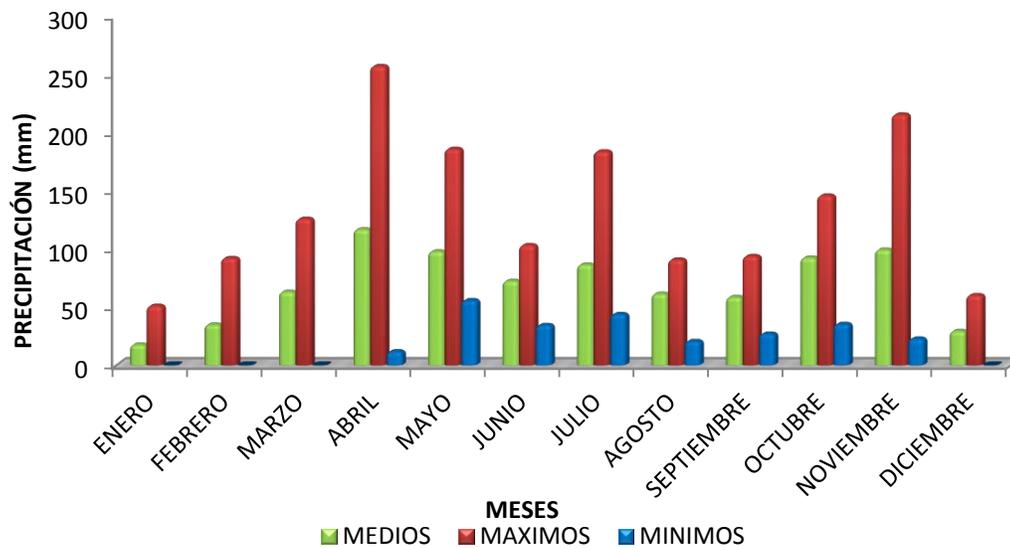


Fuente: IDEAM [4].



1.4.1.2 Sector Cuitiva. El municipio de Cuitiva presenta una característica bimodal, en la cual se muestran dos periodos de invierno. Del total precipitado, que se considera del orden de los 746.7 mm, se registra el primer período lluvioso entre los meses de abril y mayo con precipitaciones que oscilan entre 99.3 y 90.3 mm (25.4% del total de la precipitación registrada para el municipio), en tanto que el segundo período de invierno se presenta entre los meses de octubre y noviembre con precipitaciones entre 88.9 y 82.1 correspondientes al 22.9% del total de la precipitación media registrada, quedando un 51.7% (386.1 mm) distribuido en los períodos de estiaje, los cuales corresponden a los trimestres comprendidos entre diciembre a marzo y de junio a octubre (ver grafica 3 y 4) [2].

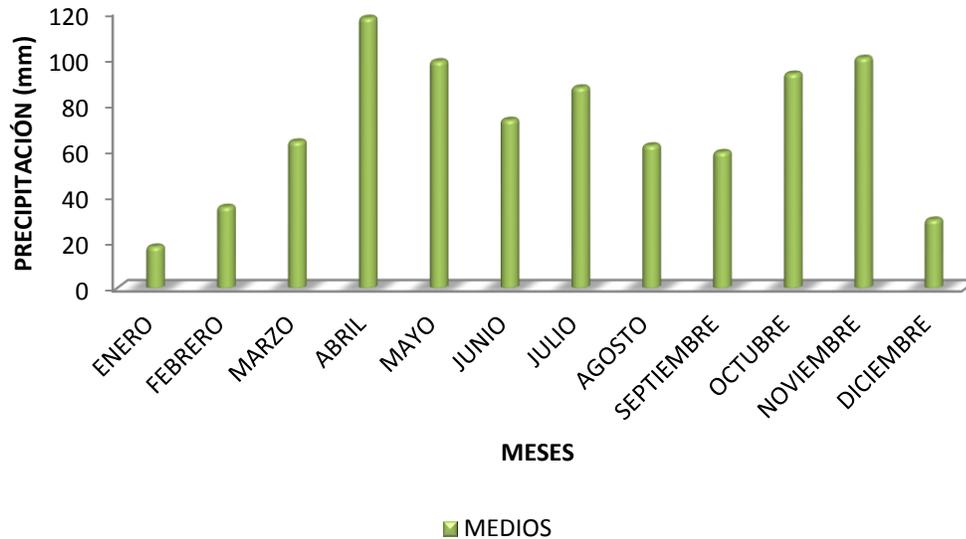
Gráfica 3. Histograma de los valores máximos, medios y mínimos multianuales de la estación El Túnel – Cuitiva (2000-2014).



Fuente: IDEAM [4].



Gráfica 4. Histograma valores medios mensuales multianuales de precipitación estación El Túnel – Cuitiva (2000-2014).

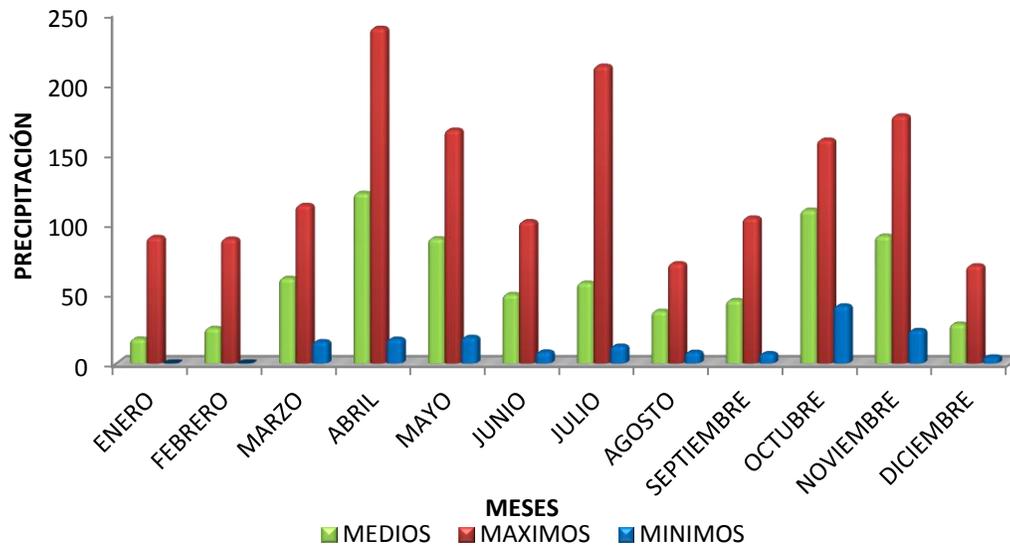


Fuente: IDEAM [4].

1.4.1.3 Sector Firavitoba. Para el municipio de Firavitoba el comportamiento de la precipitación a través del año es de tipo bimodal, es decir, presenta dos períodos de invierno bien marcados, separados por dos de estiaje. Del total precipitado, que se considera del orden de los 787 mm, el 35.5% (279.4 mm) se registra en el primer período lluvioso, el cual ocurre entre los meses de marzo a mayo, en tanto que el 34.8% (273.9 mm) del total de lluvias anuales, se presenta en el segundo período de invierno de septiembre a noviembre, quedando un 29.7% (233.7 mm) distribuido en los períodos de estiaje, los cuales corresponden a los trimestres comprendidos entre diciembre y febrero y de junio a agosto (Ver grafica 5. y 6.) [3].

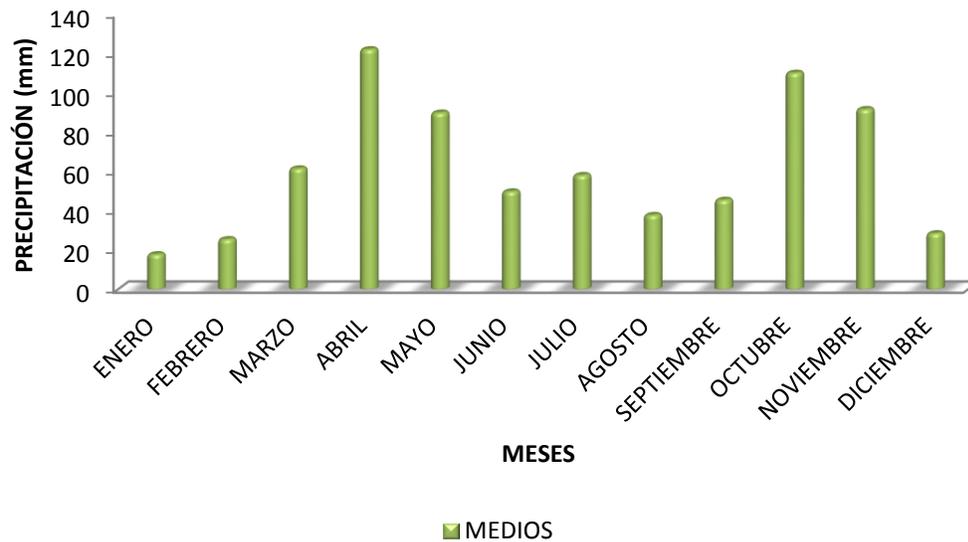


Gráfica 5. Histograma de los valores máximos, medios y mínimos multianuales de la estación Firavitoba (2000-2014).



Fuente: IDEAM [4].

Gráfica 6. Histograma valores medios mensuales multianuales de precipitación estación Firavitoba (2000-2014).



Fuente: IDEAM [4].

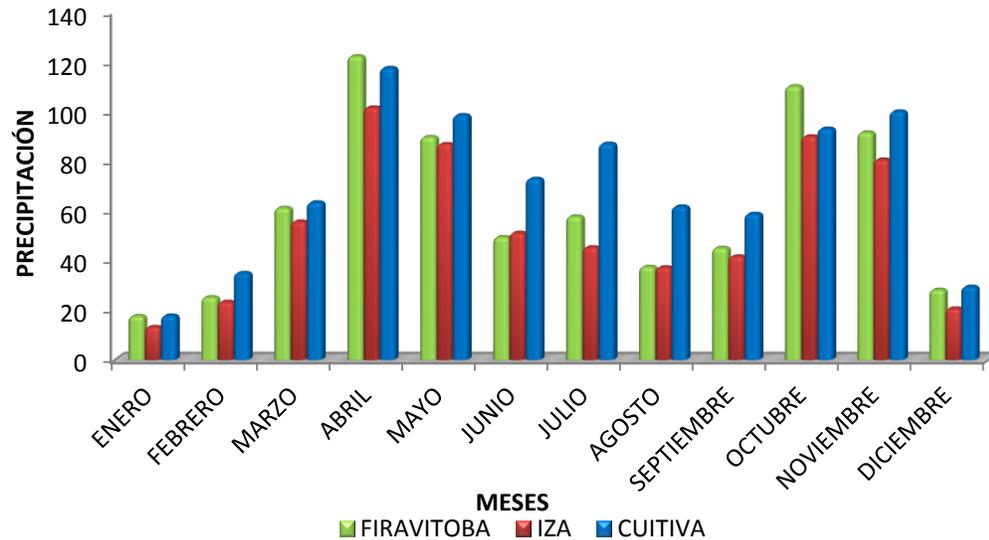


**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITوبا-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



A continuación se presenta la relación de la precipitación media mensual de las tres estaciones (Firavitoba, Iza y El Túnel) de interés en el área de estudio:

Gráfica 7. Comportamiento de la precipitación media mensual multianual en los municipios de Iza, Cuitiva y Firavitoba (2000-2014).



Fuente: IDEAM ^[4].

A partir de la gráfica se puede observar que la zona presenta un comportamiento similar en cuanto a los periodos de lluvias, siendo estos los meses de abril - mayo y octubre - noviembre, sin embargo el sector de Cuitiva presenta mayores precipitaciones, principalmente en los meses junio - julio.

Con respecto a los anteriores datos de precipitación multianuales se generaron mapas de isoyetas por cada sector, el cual da valores cualitativos que se evidencia las zonas de mayor precipitación, para poder dar un concepto objetivo de los sectores en los que se presenta la infiltración, recarga y/o posibles descargas y los cuales se pueden observar en los cortes geológicos-geofísicos aplicados a la hidrogeología.



2 GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL.

Se describen las principales formaciones presentes en la región (ver Anexo 2).

2.1.1 Período Cretácico.

a) Formación Tibasosa (Kit). En el Municipio de Firavitoba afloran los dos miembros superiores de la Formación Tibasosa, tomando como base la descripción estratigráfica propuesta por Italo Reyes (1984) [5].

El miembro intermedio de esta Formación (Kit₁) aflora parcialmente al suroeste del municipio en límites con el municipio de Pesca, está constituido esencialmente por intercalaciones de bancos de caliza de hasta tres metros de espesor con arcillolitas y areniscas calcáreas.

El miembro superior (Kit₂) predominantemente arcilloso está conformado principalmente por arcillolitas con algunas intercalaciones de caliza, notándose hacia el techo de la formación algunos bancos de arenisca micácea muy compacta con algunas intercalaciones de arcillolitas. En el municipio aflora parcialmente hacia la parte occidental, en las veredas El Bosque y San Antonio.

b) Formación Une (Kiu). El área aflorante de esta Formación está compuesta por una alternancia de areniscas y arcillolitas hacia la base, seguida por potentes bancos de areniscas friables de grano grueso, con delgadas intercalaciones de arcillolitas y limolitas grises que van aumentando su espesor hacia el techo, a la vez que se hacen más frecuentes. Aflora en gran parte del municipio, formando una franja de considerable extensión, en límites con el municipio de Tibasosa.

Los sitios donde aflora la Formación Une se caracterizan por presentar grandes escarpes que resaltan la topografía del terreno.

c) Formación Churuvita (Ksch). El nombre de Formación Churuvita fue dado por Hubach (1931b) [6] y redefinido por Renzoni (1962) [7]. La formación se caracteriza por lodolitas que suprayacen e infrayacen a unidades areníticas, que son respectivamente la Formación Une y el Grupo Guadalupe. La localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la población de Churuvita.

Está conformada por areniscas cuarzosas, lutitas negras, calizas en proporciones variables y limolitas silíceas hacia el tope de la formación. La edad del Grupo Churuvita es Cenomaniano –Turoniano, con base en sus relaciones estratigráficas; suprayace a la formaciones San Gil superior y Une (Cenomaniano) e infrayace a la Formación Conejo (Coniaciano - Santoniano). Está compuesta en la base por areniscas cuarzosas con intercalaciones de shales negros y algunas capas de



caliza; en la parte superior no se encuentran las areniscas y la sucesión está compuesta por limolitas silíceas, shales y algunos niveles calcáreos [8].

d) Formación Conejo (Kscn). Al igual que el grupo Churuvita, la Formación Conejo se reconoce parcialmente al suroccidente de la cabecera municipal, principalmente en la vereda Alcaparral. Está constituida por una sucesión de arcillolitas de colores gris oscuro, amarillo y rojo, bien laminadas y con intercalaciones de estratos de areniscas cuarzosas de grano fino.

En general, la formación conejo comprende el Coniaciano inferior. Está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas blancuzcas de grano fino en paquetes que alcanzan los 20 m. de espesor hacia el techo de la formación, lutitas de color gris oscuro a negro de considerable espesor en la parte media y hacia la base se encuentran shales de color gris oscuro a claro.

e) Grupo Guadalupe (Ksg) [8]. Aflora ampliamente en la parte central del valle del río Chicamocha al suroriente del área urbana de Paipa. Se divide de base a techo en: la Formación Arenisca Dura compuesta esencialmente por areniscas cuarzosas grises, claras a blanco amarillentas, de grano fino y con intercalaciones de lutitas y limolitas silíceas, formación no muy bien reconocida en la cuenca; la Formación Plaeners constituida principalmente por una alternancia de limolitas silíceas, lutitas y areniscas de grano fino y la Formación Labor - Tierna constituida por areniscas cuarzosas, grises claras a blanco amarillentas, de grano fino, compactas, estratificación delgada a gruesa y con intercalaciones delgadas de limolitas silíceas y lutitas negras. Esta unidad es ampliamente utilizada como fuente de materiales de construcción en la zona, por lo tanto su definición tiene gran importancia en la región

Formaciones Plaeners (Kg2). El término Plaeners con el carácter de unidad litoestratigráfica fue introducido por Hubach (1931) [9]. Aflora al suroriente del área urbana de Paipa en el sector de El Durazno y en los alrededores de La Ciudad de Duitama; al oriente de Iza, Cuítiva y en los alrededores del Lago de Tota, parte más oriental de la Cuenca.

Está compuesta principalmente por limolitas silíceas, niveles de chert, shales y arcillolitas caoliníticas y en menor proporción, capas de fosforitas y areniscas cuarzosas. Se encuentra estratigráficamente encima de la Formación Conejo y bajo la Formación Labor y Tierna del Grupo Guadalupe. La edad de esta unidad se estima como Campaniano, debido a su posición estratigráfica y los fósiles.

Formaciones Labor y tierna (Kg1). Aflora al suroriente de Paipa en el sector de El Durazno y en los alrededores de la Ciudad de Duitama; al oriente de Iza, Cuítiva y en los alrededores del Lago de Tota, en la parte más oriental de la Cuenca. La Formación Labor y Tierna está ubicada estratigráficamente sobre la Formación Plaeners y bajo la Formación Guaduas, transicional entre el Cretácico y el Terciario.



Está compuesta por una predominancia de shales de color gris con intercalaciones de areniscas de grano medio a grueso hacia el tope, una predominancia de cuarzoarenitas en capas gruesas muy similares a la Formación Tierna del Grupo Guadalupe en la Sabana de Bogotá. La edad de esta Formación se calcula como Maastrichtiano por su relación estratigráfica. Tiene gran importancia en las unidades de trabajo por su importancia como fuente de materiales para construcción.

f) Formación Guaduas (KTg) [8]. La Formación Guaduas aflora ampliamente hacia la margen oriental de la cuenca, especialmente al oriente de las Poblaciones de Tota, Cuítiva e Iza, formando valles amplios y colinas suaves al igual que en el valle del río Pesca, donde en sus laderas esta unidad es activamente explotada por sus minas de carbón. De igual manera, se encuentra expuesta en los alrededores del área urbana de Paipa, y al sur en los alrededores de los municipios de Motavita y de Tunja.

Constituida por arcillolitas grises oscuras negras a verdosas con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino, estratificación fina a gruesa; areniscas cuarzosas blanco amarillentas de grano fino friables; arcillolitas grises y limolitas negras con concreciones arenosas, con algunas intercalaciones de areniscas friables cerca de la base se presenta un manto de carbón de 1.5 m. de espesor; areniscas conglomeráticas y areniscas cuarzosas, blancas de grano medio a grueso; arcillolitas abigarradas con intercalaciones delgadas de areniscas cuarzosas, grises oscuras de grano fino.

2.1.2 Periodo Terciario (T).

a) Deposito Riolitico (Tr) [10]. Está conformado por una brecha intrusiva y criptodomas dacíticos-riolíticos, el cual se originó por el emplazamiento de pulsos sucesivos de magma, lo que hace que en una sección transversal presente una forma semiesférica irregular. Se encuentra bien expuesto debido a la erosión y a la explotación del material dómico como puzolana. Las Formaciones encajantes del Terciario muestran una disposición semicircular que insinúa la forma inicial del cuerpo volcánico.

b) Formación Areniscas de Socha (Tpars) [8]. Aflora principalmente en la margen oriental de la cuenca en los alrededores de la Ciudad de Sogamoso, al norte y al sur del área urbana, así como hacia Cuítiva y Tota, como un cordón que forma escarpes prominentes por su alta competencia a la erosión. Afloran formando escarpes al suroriente del área urbana de Pesca, como un cordón continuo cuya expresión morfológica sobresale en las laderas del Valle de Pesca.

Está constituida por areniscas blanco amarillentas de grano grueso a conglomerático; areniscas conglomeráticas blanco amarillentas y arcillas abigarradas; areniscas cuarzosas blanco amarillentas de grano medio a grueso con esporádicas intercalaciones de lentes conglomeráticos. Esta unidad también ha sido reconocida con el nombre de Formación Socha inferior. Está compuesta



principalmente por areniscas cuarzosas de grano fino a grueso con algunas intercalaciones de arcillolitas y limolitas muy friables con coloraciones verde-rojizas. La edad de esta unidad según Van Der Hammen (1958) ^[11], es Paleoceno. Estratigráficamente, yace sobre la Formación Guaduas, en los alrededores de Sogamoso (oriente del área de estudio) y bajo la Formación Arcillas de Socha.

c) Formación Arcillas de Socha (Tpas) ^[8]. Aflora estratigráficamente encima de las Areniscas de Socha; está expuesta principalmente en la margen oriental de la cuenca, en los alrededores de la ciudad de Sogamoso al norte y Sur, continuando al sur hacia Cuítiva, y Tota, como un cordón formando valles suaves por su baja resistencia a la erosión.

Está constituida por arcillolitas, limolitas grises claras a verduscas, alterando con areniscas feldespáticas de grano medio a grueso. Se encuentra estratigráficamente por encima de la Formación Areniscas de Socha y bajo la Formación Picacho; está compuesta por arcillolitas abigarradas y en algunos casos limolitas, presenta algunos mantos de carbón de poco espesor y esporádicas intercalaciones de areniscas silíceas de grano fino. Según Van Der Hammen, (1958) ^[11] su edad es Paleoceno superior con base en estudios de polen.

d) Formación Picacho (Tep) ^[8]. Está ampliamente expuesta en los alrededores de Iza y Pesca, y al sur de la ciudad de Sogamoso, donde es utilizada como material de construcción. Constituida por areniscas feldespáticas, de grano medio a grueso, presenta frecuentes intercalaciones de lentes conglomeráticos con cantos de cuarzo y algunos niveles arcillosos. Esta unidad está conformada por areniscas conglomeráticas de color blanco con algunas intercalaciones de conglomerados bien calibrados, con guijos redondeados de cuarzo y chert; en cercanías del municipio de Pesca, las rocas de esta unidad presentan resumideros de petróleo pesado, que son explotados junto con las areniscas como Asfaltitas, material base para la cimentación del pavimento en vías carretables. La Formación Picacho yace sobre la Formación Arcillas de Socha y bajo la Formación Concentración; su edad es Eoceno inferior.

e) Formación Concentración (Toc) ^[8]. Constituida por una alternancia de arcillolitas grises claras a rojizas y areniscas cuarzosas de grano medio a grueso; areniscas feldespáticas de grano medio a grueso con intercalaciones de lentes conglomeráticos; arcillolitas limosas y areniscas arcillosas. En la parte basal localmente una capa de hierro oolítico de pocos metros de espesor (es la capa que se explota en la zona de Paz de Río, Boyacá). Según Van Der Hammen (1958) ^[11], esta unidad corresponde a una edad Eoceno medio; está compuesta principalmente por arcillolitas y limolitas gris-verdosas con algunas intercalaciones de areniscas que en algunos lugares alcanzan a ser conglomeráticas Descansa concordantemente sobre la Formación Picacho (Eoceno inferior).



2.1.3 Cuaternario (Q).

a) **Aluviales (Qal):** Están compuestos por arenas de tamaño de grano variable, arcillolitas de color gris oscuro a negro, limolitas y en algunos casos niveles conglomeráticos.

Los depósitos aluviales están compuestos por gravas, arcilla limosa lacustre y fluvial y fluvio-glaciales (depósitos dejados por los ríos que drenan la parte terminal de un glaciar); depósitos que dan una topografía relativamente plana de forma alargada paralelos a la corriente de un río o quebrada. Los depósitos aluviales se ubican hacia las márgenes de los drenajes principales y consisten de bloques redondeados a sub-redondeados, principalmente de arenitas, en una matriz areno arcillosa. Presentan una morfología plana, en especial a lo largo de la unidad de trabajo del río Chicamocha.

2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La geomorfología es la ciencia que estudia el modelado terrestre, su génesis y dinámica en relación con las características geológicas, climáticas, bióticas y su interrelación a través del tiempo. Ciencia básica para el conocimiento de una región si se desea planificar su desarrollo y explotar técnicamente sus recursos, conservando el equilibrio de los ecosistemas [3].

La información geomorfológica en el área de estudio, se ha recopilado a partir de la información existente de la región en los EOT, muestra una variación muy amplia en la definición de las unidades, o con una generalización de las principales unidades definidas para la región con base principalmente en criterios de paisaje, es decir una correlación de unidades geomorfológicas específicamente relacionadas con topografía y relieves, y con moderada información de los procesos morfodinámicos modeladores del paisaje, aunque en algunos casos se relacionan, dando como resultado unidades denudativas o erosiónales, estructurales, fluviales, glaciales y mixtas, las cuales parecen mezclarse entre sí y no se presentan de manera clara al lector, al no coincidir con unidades formadas por diferentes procesos modeladores de paisaje [12].

Así por ejemplo la información incluye unidades como: Denudativo Áreas onduladas, Denudativo Depósitos de (FRM) Fenómenos de Remoción en Masa.



2.2.1 Unidades geomorfológicas [13].

2.2.1.1 Sector Iza.

a) Origen morfoestructural.

✓ **Lomeríos disectados (Sd).** En esta unidad geomorfológica se incluyen las montañas y colinas cuya altura y formas se deben al plegamiento de las rocas de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos de denudación.

Hace referencia a las colinas y montañas de plegamiento en rocas sedimentarias consolidadas, que en conjunto conforman un relieve de crestas paralelas, separadas por depresiones que se prolongan linealmente, prácticamente sin ramificaciones laterales. A esta unidad se localizan en la parte central sureste y occidental del municipio, en las veredas de Chiguata, Toquilla, San Miguel, Usamena y Aguacaliente.

Se presentan escarpes verticales, interfluvios agudas con pendientes altas > 30%, se observa procesos de meteorización intensos así como erosión en cárcavas, erosión planar, caída de rocas, pérdida constante de suelo, se caracteriza por presentar un sistema de drenaje angular de alta densidad.

✓ **Cuchillas sedimentarias plegadas erosiónales (Spe).** Hacen referencia a las unidades litológicas que han sido expuestas a proceso de denudación, es decir, a la totalidad de los procesos que contribuyen al remodelado y reducción de los relieves iniciales: incluye meteorización de las rocas, remoción en masa y erosión. A esta unidad, se presentan los mayores problemas de erosión severa de diferente tipo su origen es producto de procesos de meteorización intensos seguidos de erosión severa, se presentan laderas onduladas con pendientes entre 7-30%, los principales procesos denudacionales son producto de erosión que se presenta en todas sus formas de manera intensa, se destaca en regueras, cárcavas, tierras malas y algunos procesos de reptación en los cuaternarios coluviales.

Esta unidad es la de mayor extensión, se ubica en la parte oriente y occidente del municipio, en las veredas de Toquilla, San Miguel, Usamena, Chiguata, Busagá, Carichana y Aguacaliente.

Se evidencia un tipo de drenaje subdendrítrico de alta densidad formando valles asimétricos de media caña.

✓ **Cuchillas sedimentarias disectadas (Stp).** Por las características de estos materiales friables, el sector de Areneras en Sogamoso y donde esta unidad aflora, presenta gran inestabilidad del área donde están expuestas, distinguiéndose varias zonas inestables a lo largo del valle del río Pesca hacia el sur de Sogamoso,



calificadas en un grado de inestabilidad alto y medio; éstas están siendo atacadas por las aguas de escorrentía, las que a su vez transportan sedimentos arenosos desde los frentes de explotación, formando acumulaciones que obstruyen el paso de los vehículos por la vía Sogamoso – Iza.

b) Origen fluvial.

✓ **Depósitos aluviales (Fa).** Corresponde a la zona de valle y zonas de deposición producto de deslizamientos antiguos y recientes ubicados hacia al pie de las laderas que dan cambio al valle. La unidad se encuentra localizada al Este del municipio en las veredas de Usamena, Aguacaliente, Toquilla y San Miguel.

Este tipo de geformas son el origen de la colmatación de depresiones por el río Tota y sus afluentes que a través del tiempo ha cambiado de curso constantemente, los depósitos de ladera son producto de los procesos erosivos intensos que se presentan en las rocas de mayor pendiente. Se presentan pendientes entre 0-7% la superficie se presenta plana a casi plana, ligeramente ondulada hacia el pie de la ladera. No se evidencia ningún tipo morfodinámico intenso a excepción del que ejerce el río Tota a todo lo largo de su curso.

2.2.1.2 Sector Cuitiva.

a) Origen morfoestructural.

✓ **Lomeríos disectados (Sd).** En el sector corresponde a cimas amplias, alargadas y redondeadas con pendientes que oscilan entre el 3 y el 12%, hacia el sector noroccidental del municipio estos lomos presentan fenómenos acentuados de erosión, originados por procesos agradacionales de tipo coluvial desarrollando una forma convexa y abombada del terreno, posee fenómenos de inestabilidad asociados, relieve inclinado a escarpado.

✓ **Cuchillas sedimentarias plegadas erosiónales (Spe).** Corresponden a geformas generadas por la erosión hídrica sobre la pendiente del terreno en las zonas de mayor concentración de drenaje, presentan relieves inclinados a montañosos, lomos muy delgados cuyo ancho natural no supera los 5 metros y a paisajes inclinados originados por deslizamientos gravitacionales a lo largo de la pendiente, presentan relieves ondulados y se encuentran cubiertas por cultivos.

✓ **Cuchillas sedimentarias disectadas (Stp).** Esta unidad se restringe a las unidades dentro de la geología regional, especialmente para los sectores de areneras que contiene los depósitos arenosos en el sector oriental, especialmente en los alrededores de Sogamoso donde desde hace más de 50 años son explotados por los habitantes del sector. La naturaleza de estos materiales permite conocer aparte de la estratificación en bancos, su textura y distribución granulométrica. Así mismo por su buena exposición estructural permiten la evaluación de reservas.



b) Origen fluvial.

✓ **Depósitos aluviales (Fa).** Corresponden a paisajes inclinados originados por deslizamientos gravitacionales a lo largo de la pendiente, presentan relieves ondulados y se encuentran cubiertas por cultivos. Formada por materiales sedimentarios provenientes de las formaciones geológicas adyacentes, cubiertas por cultivos y pastos, pendientes entre 0 y 3%.

2.2.1.3 Sector Firavitoba.

a) Origen morfoestructural.

✓ **Lomeríos disectados (Sd).** Acumulación forzada de material aluvial muy heterométrico, caracterizado por una forma de abanico abombado (convexo en el sentido transversal), localizada en un piedemonte justo en el límite entre el relieve montañoso y la planicie, la quebrada que lo forma actualmente presenta un régimen intermitente.

b) Origen fluvial.

✓ **Depósitos aluviales (Fa).** Corresponde a la parte plana del municipio, a la que pertenecen las veredas Gotua, Mómbita Llano, Tintal y Cartagena, y parte de las veredas Alcaparral y Diravita Llano. Es una fracción pequeña del gran depósito fluviolacustre que se encuentra en esta parte del departamento, su origen es lacustre, pero la actividad fluvial del neógeno ha impreso caracteres claramente fluviales, de hecho brazos muertos, meándros abandonados y cubetas de inundación son algunas de las formas que se pueden citar, luego de la construcción del canal de riego la dinámica se truncó, y ocasionalmente por fuertes aguaceros se inundan antiguas cubetas.

2.3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

En el sector central de la Cordillera Oriental, en los alrededores de los municipio de Iza, Firavitoba y Cuitiva en el departamento de Boyacá, aflora el Grupo Guadalupe compuesto por las Formaciones Arenisca Dura (Formación Guadalupe Inferior), Los Pinos (Formación Guadalupe Medio) y Labor-Tierna (Formación Guadalupe Superior). En las dos formaciones más antiguas (Dura y Los Pinos), se localizan varios yacimientos fosfáticos compuestos por capas de fosforita que alcanzan los 2 m de espesor. Los fosfatos se sitúan predominantemente en los intervalos transgresivos de la parte inferior de parasecuencias, suprayaciendo superficies de inundación marina. El retrabajamiento sedimentario de las partículas fosfáticas por acción de episodios de tormenta, produce la concentración económica de capas de fosforitas de espesores entre 1 m y 2 m. Las capas de fosforita se encuentran asociadas con capas de biomicrita, demostrando que las concentraciones



económicas se producen en un ambiente de costa afuera debido a que la baja energía de este ambiente permite la preservación de las partículas fosfáticas [8].

Con base en lo anterior, y teniendo como referencia la información primaria, y con reconocimiento de campo generalizado, presentamos una descripción clara y concreta a cerca las principales unidades litológicas existentes en la cuenca, información que se presenta además en tablas relacionadas con las unidades de trabajo.

2.4 TECTÓNICA.

Según las rocas aflorantes observadas en el área indican que estas has estado a esfuerzos compresionales por el alto replegamiento, esto se evidencia por la presencia de fallas inversas en la región, aunque se suponen épocas en las que la tectónica fue de tipo distintivo que se manifiesta con la presencia de cuerpos ígneos a nivel regional y local. La falla de Soapaga es el principal rasgo que se identifica en la región la cual tiene gran influencia en la tectónica local.

A nivel general se manifiesta una tectónica compleja, en la que se presenta frecuentes plegamientos y fallas de tipo transversal y longitudinal. Las estructuras presentan una dirección preferencial NE-SW, la cual corresponde a la directriz tectónica normal para la cordillera oriental en Boyacá. A continuación se presenta una descripción de las principales estructuras tanto de fallamiento como de plegamiento, encontradas en el área:

✓ **Falla de Soapaga** [3]. Esta gran falla separa dos regiones con estilos morfoestructurales muy diferentes y es evidente su influencia en las facies de los depósitos sedimentarios por lo menos durante todo el terciario.

La falla de Soapaga esta dislocada, en todo su trayecto por algunas fallas direccionales disyuntivas, que la desplazan transversalmente aumentando los corrimientos sobre las formaciones terciarias.

En la región de Sogamoso – Duitama – Paz del Rio, hay que considerar dos distintas provincias tectónicas: el macizo de Floresta que corresponde a una zona compleja levantada, y la cobertera plegada formada por la serie sedimentaria neocretácico-terciaria; las dos provincias están separadas por la falla de Soapaga que representa un límite tectónico y geomorfológico de gran importancia. (Reyes Italo, 1984) [5].

La falla de Soapaga atraviesa el municipio de Firavitoba en cercanías a la Loma La Tebaida, hasta el sector noreste muy cerca al límite con el municipio de Sogamoso; se encuentra en su totalidad sepultada por los depósitos Cuaternarios que conforman litológicamente el sector. El desplazamiento de esta falla alcanza los 2500 m. (Reyes Italo, 1984) [5]. Localmente los efectos de la falla se aprecian en la



inversión de la secuencia calcárea que bordea el valle del Río Chiquito, y un intenso plegamiento y fracturamiento de las rocas.

- ✓ **Falla de San Antonio.** Falla con dirección NS, ubicada en la vereda San Antonio, y que pone en contacto las rocas de la Formación Une con las rocas de la formación Churuvita ^[3].
- ✓ **Falla de Iza.** Es una falla inversa, que está afectando toda la secuencia estratigráfica identificada en el área, con una dirección SW -NE. Se observa en el alto de la Fragua y probablemente está en estrecha relación con el evento volcánico de Iza y con la presencia de las aguas termales en el sitio conocido como ERIKA ^[1].
- ✓ **Falla de El Batán.** Es una falla de rumbo que se ha inferido porque si bien no se encuentran evidencias en campo tales como espejos de falla. Se aprecia un intenso fracturamiento en las rocas próximas al río Tota y un desplazamiento súbito de las formaciones aflorantes. Tiene una posible dirección SW - NE y una eventual relación con la presencia de las aguas termales del sitio conocido como BATAN ^[1].
- ✓ **Falla de Cultiva - Tota.** Se localiza al occidente del municipio hacia la cota 3 000 m.s.n.m., es una gran falla de cabalgamiento con dirección NE - SW y buzamiento al SW, ésta acuñada la formación Ermitaño hacia el sector sur ^[2].

2.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

A nivel general los municipios Iza, Cuitiva y Firavitoba se encuentran localizadas en los flancos W y E del Sinclinal de San Miguel, respectivamente. El Sinclinal de San Miguel, tiene un extensión de 6km y va desde el Alto de la Fragua, al NE de Iza, hasta la población de Tota. El flanco oriental está invertido al norte y afectado por una falla de rumbo y el occidental presenta en su mitad norte fallas que afectan la estructura. En el núcleo del sinclinal se encuentra aflorando la Formación Guaduas, en la cual se explota de manera artesanal carbón mientras en los flancos aflora el Grupo Guadalupe, del cual se extrae de manera artesanal fosforita ^[1].

- ✓ **Sinclinal de San Miguel.** Está ubicado al norte de los municipios de Tota y Cuitiva y al nororiente de Iza entre los Anticlinales de Iza y del Pilar; es una de las principales estructuras del oriente de la zona de estudio, en su núcleo aflora la Formación Guaduas (Terciario) y en los flancos las Formaciones Plaeners y Labor y Tierna (Cretácico superior).
- ✓ **Anticlinal de Iza.** Ubicado al nororiente del municipio de Iza, su eje corre paralelo al del Sinclinal de San Miguel; afecta rocas del Cretácico correspondientes a las Formaciones Conejo, Plaeners y Labor y Tierna.



- ✓ **Sinclinal del Pilar.** Es la estructura de plegamiento ubicada más al oriente en la zona de estudio, su eje corre paralelo al del anticlinal de Chorrera. En su núcleo al sur aflora la Formación Labor y Tierna (Cretácico) y al norte la Formación guaduas (Cretáceo-Terciario) y, en lo flancos de la estructura se encuentran las formaciones Plaeners y Conejo (Cretácico Superior).
- ✓ **Anticlinal de Chorrera.** El anticlinal de Chorrera está ubicado entre los sinclinales del Pilar y San Miguel, en el municipio de Tota, y sobre su núcleo aflora la Formación Conejo y en los flancos la Formación Plaeners, ambas pertenecientes al Cretácico Superior.

2.6 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

El objetivo del análisis hidrogeológico es conocer el potencial de los recursos hídricos del municipio. Los resultados son fundamentalmente cualitativos, y se consideran las unidades geológicas como unidades hidrogeológicas según sus grados de permeabilidad ^[14].

Las formaciones geológicas en la zona de estudio se clasificaron en dos grupos a saber:

Acuíferos - Rocas que almacenan y permiten el flujo de agua subterránea, dichas rocas almacena el agua según la porosidad que poseen, por tanto se pueden presentar rocas con porosidad primaria o secundaria, normalmente son materiales permeables.

Acuitardos - Rocas que almacenan agua pero no permiten flujo de ella en cantidades significativas. Tienen características impermeables.

Acuifugas - Son rocas que no poseen espacios intergranulares y por lo tanto no almacenan ni permitan el flujo de agua subterránea, son entonces rocas impermeables.

2.6.1 Unidades hidrogeológicas.

a) **Acuíferos** ^[14].

Fm. Tibasosa (Kit). Está integrada por niveles de areniscas y calizas que pueden constituir acuíferos en zonas de alto fracturamiento y de disolución de la roca.

Fm. Une (Kiu). Litológicamente está constituida predominantemente por bancos de areniscas cuarcíticas, fracturadas, por lo cual se considera como un acuífero de porosidad secundaria, en zonas intensamente fracturadas.



Fm. Churuvita (Ksch). De acuerdo con las características litológicas, esta formación se puede considerar en términos generales como un acuífero en donde los niveles de areniscas y/o calizas se encuentren fracturadas, generando porosidad secundaria. Los niveles arcillolíticos presentes, pueden actuar como capas confinantes.

Fm. Plaeners (Kg2). Liditas con intercalaciones de arcillolitas y ocasionalmente areniscas, se considera como un acuífero local de baja producción y agua de no muy buena calidad

Fm. Labor y Tierna (Kg1). Constituida por areniscas grisáceas con intercalaciones de shales. Se considera como un acuífero de porosidad primaria y secundaria de mediana a buena importancia hidrogeológica

Fm. Areniscas de Socha (Tpars). Litológicamente integrada por potentes bancos de areniscas cuarzosas, de grano medio a grueso, fracturadas por la acción tectónica a que ha sido sometida la zona, por lo cual se clasifica como un acuífero.

Fm. Picacho (Tep). La formación se clasifica como un acuífero, por la presencia predominante de areniscas masivas, particularmente en las zonas de intenso fracturamiento. De porosidad primaria y secundaria y alta productividad constituida por areniscas blancas de grano medio a grueso en ocasiones conglomeráticas, con estratificación cruzada, limpias, moderadamente duras a friables con intercalaciones arcillosas en la parte superior; hacia la parte media de la formación es común encontrar zonas impregnadas de asfalto debido a la alta porosidad. La parte superior está constituida por bancos de areniscas masivas y bancos gruesos de arcillolita.

Depósitos cuaternarios (Qal). Se consideran acuíferos de porosidad primaria o secundaria, esto de acuerdo a las características de la matriz que los contenga, en la zona se presentan cuaternarios constituidos por la combinación de depósitos aluviales y fluviales en las márgenes de los ríos donde se encuentran constituidos por bloques de diferentes tamaños, embebidos en una matriz areno-arcillosa. Se considera acuífero de productividad moderada, su fuente de recarga corresponde a la escorrentía superficial y precipitaciones.

b) Acuitardos.

Fm. Conejo (Kscn). La Formación Conejo está constituida principalmente por shales, lutitas y arcillolitas con algunos niveles de areniscas, razón por la cual se considera en su conjunto, como un acuitardo. En los sectores donde los niveles de areniscas se encuentren fracturados y sean de considerable espesor, pueden constituir acuíferos locales.



Fm. Guaduas (TKg). Formación Guaduas está constituida principalmente por arcillolitas y lutitas, por lo cual se clasifica como acuitardo. Tiene niveles de areniscas que pueden constituir acuíferos de bajo rendimiento, especialmente donde se encuentren fracturados.

Fm. Arcillas de Socha (Tpas). Esta formación se considera un acuitardo ya que litológicamente está constituida predominantemente por arcillolitas. Los niveles de areniscas pueden considerarse acuíferos, en donde la roca se encuentre fracturada.

Fm. Concentración (Toc). En su conjunto se clasifica como un acuitardo (dada la predominancia de arcillolitas.) Posee intercalaciones de areniscas, que pueden constituir acuíferos locales.

2.7 GEOLOGÍA LOCAL

2.7.1 Sector Iza.

Estación 1

En este sector se observó evidencia de subsidencia sobre la carretera vía al municipio de Cuitiva, se observó acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares. Cantos de menos de 1 a 2 m.

Fotografía 1. Cuaternario aluvial.



Fuente: Autores. Coordenadas: E 1121826; N 1110810; Altura: 2592

Estación 2.

Afloramiento de gran espesor cuyas características son: Areniscas de diferentes tamaños de grano (granodecreciente) con intercalaciones de arcillas y



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



conglomerados rojizos. En lo que se observó la arenisca se encuentra altamente meteorizada por factores atmosféricos.

Fotografía 2. Afloramiento material arenoso.



Fotografías tomadas hacia N de la cabecera municipal sobre el punto de observación



Fotografía tomada hacia NW de la cabecera municipal sobre el punto de observación
Fotografía tomada hacia NE de la cabecera municipal sobre el punto de observación
Fuente: Autores. Coordenadas: E 1120745; N 1111155; A: 2679

Estación 3.

Areniscas de grano muy grueso a muy fino con presencia de óxidos por acción del agua de escorrentía, en la parte superior se observan cantos rodados. La zona presenta un alto grado de erosión dadas las características litológicas de la arenisca, puesto que presenta alta meteorización dada la escasa vegetación y las altas precipitaciones.

Fotografía 3. Afloramiento de material arenoso.



Fotografías tomadas hacia E de la cabecera municipal sobre el punto de observación metros abajo del afloramiento anterior

Fuente: Autores. Coordenadas: E 1120683; N 1111021; altura: 2683.

2.7.2 Sector Cuitiva

Estación 4 - 5 - 6.

Afloramiento de areniscas con intercalaciones de arcillas, el segmento superior consta de areniscas con intercalaciones de niveles calcáreos y arcillosos, estratificación plano paralela a plano no paralela. Dirección N65E.

Fotografía 4. Formación Plaeners.



Coordenadas: E 1122953; N 1108654; Altura: 2769.

Coordenadas: E 1123316; N 1108676; Altura: 2795.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITOBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Fotografía 5. Continuación.



Fuente: Autores. Coordenadas: E 1122950; N 1108666; Altura: 2811.

Estación 6-7.

Vereda los caracoles, afloramiento sobre la carretera vía Cúitiva – Iza, con intercalaciones de arcillas con un espesor aproximado de 4 m, arenas con un espesor aproximado de 2 m y lutitas con un espesor de 1 m aproximadamente. Lutita baricoloreada debido a la erosión y meteorización causada por la precipitación. Dirección N 13 W.

Fotografía 6. Formación Churuvita.



Fotografías tomadas en la vereda caracoles del municipio de Cúitiva
Fuente: Autores. Coordenadas: E 1122628; N 1109383; altura: 2657



Estación 8.

Afloramiento localizado sobre la vía Cuitiva – Iza. Se observa un cambio de litología, lo cual induce al posible contacto entre las formaciones Churuvita, Plaeners y Cuaternario aluvial, según lo evidenciado en el afloramiento se observó en los grandes bloques de Arenisca de grano muy fino, posteriormente se observó arenitas de grano fino a muy fino lo que es característico de la Formación Churuvita, finalmente se encuentran formas redondeadas que evidencian transporte a causa del río Iza, dicho depósito corresponde a un cuaternario de tipo aluvial. Dirección: N 40 W.

Fotografía 7. Posible contacto entre las Fm. Churuvita y Plaeners.



Fuente: Autores. Coordenadas: E 1122477; N 1109371; Altura: 2650

2.7.3 Sector Firavitoba

Estación 9.

En este punto se observan varios factores importantes, el primero de ellos es el contacto entre las formaciones Churuvita y Une; la Formación Une presenta un alto



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



grado de meteorización puesto que se observa la roca bastante oxidada con una fuerte tonalidad rojiza, adicionalmente esta formación presenta intercalaciones de shales negros y limolitas silíceas, por otro lado se tiene la Formación Churuvita, representado por una secuencia de arcillolitas grises bien laminadas con la presencia de esporádicos estratos de areniscas de grano fino, el otro factor que hay que mencionar en este punto es el contacto con el depósito cuaternario, el cual se encuentra bien marcado en la zona, este depósito cuaternario corresponde a pequeños bloques de arenisca envueltos en una matriz arcillosa que al estar expuesto al medio presenta un alto grado de erosión y meteorización.

Fotografía 8. Posible contacto de las Fm. Churuvita y Une.



Fuente: Autores. Coordenadas: E 1119248; N 1118771; Altura: 2525

Estación 10.

En esta estación se puede observar con mayor claridad el contacto entre la Formación Churuvita y la Formación Une.

Fotografía 9. Afloramiento de material arenoso.



Material arenoso posiblemente de la Formación Une

Material arcilloso perteneciente a la Formación Churuvita



Posible contacto entre la Formación Une y la Formación Churuvita

Fuente: Autores. Coordenadas: E 1119097; N 1118176; Altura: 2515

Estación 11.

Afloramiento de material arcilloso micáceo baricoreado con esporádicas intercalaciones de areniscas cuarzosas correspondientes al techo de Formación Une, estratigráficamente pertenece al flanco izquierdo de un sinclinal. Dirección: N 25 W.

Fotografía 10. Afloramiento de material arcilloso.



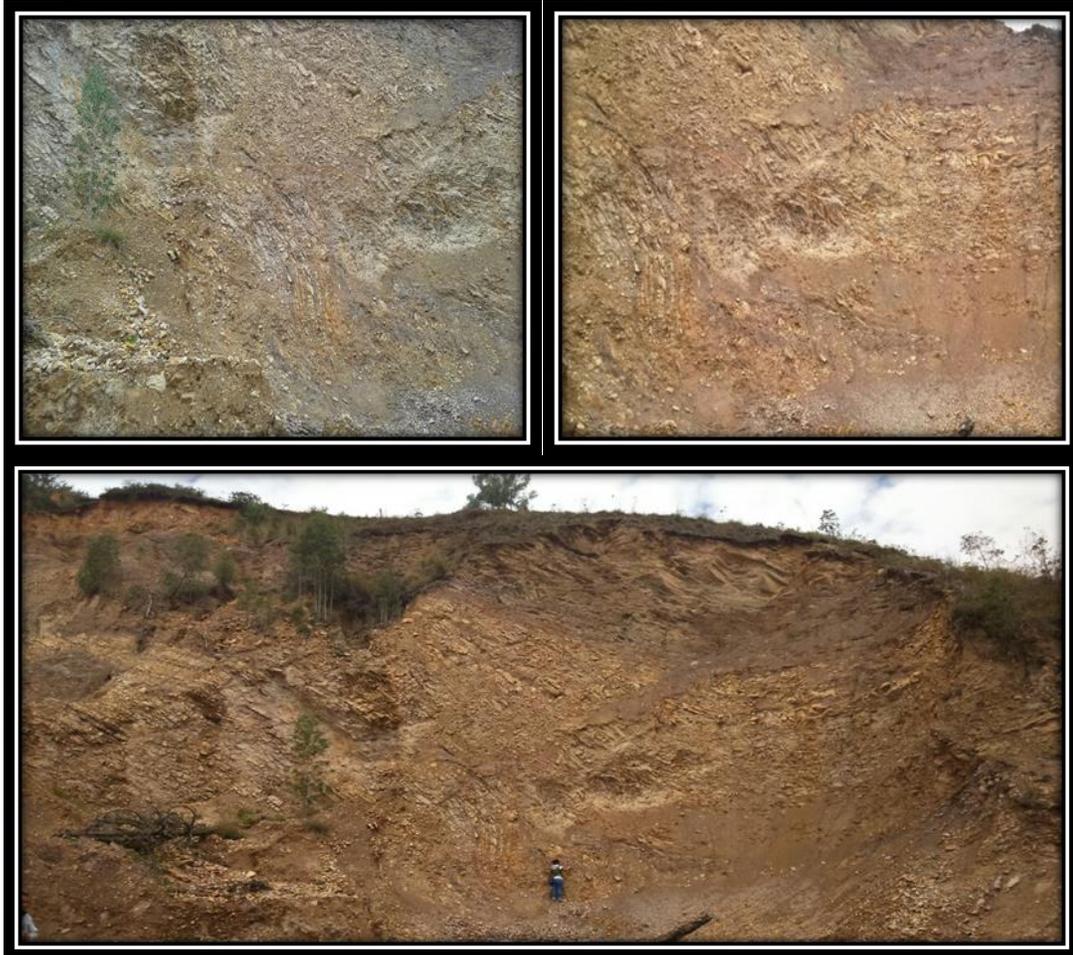
Fuente: Autores. Coordenadas: E 1118969; N 1119228; Altura: 2542



Estación 12.

Afloramiento del techo de la Formación Une, puesto que la parte basal de esta formación se caracteriza por estar conformada por arcillolitas y limolitas grises, el plegamiento de dicha formación da forma a un anticlinal, el cual presenta un cambio brusco en su estratificación hacia la parte inferior de la estructura debido a fuerzas compresivas dada la actividad tectónica de la región.

Fotografía 11. Formación Une.



Fuente: Autores. Coordenadas: E 1118928; N 1119171; Altura: 2557



3 EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

3.1 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (S.E.V.).

3.1.1 Esencia del Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.).

El método de S.E.V. es el método geoelectrico que generalmente, emplea el dispositivo tipo Schlumberger simétrico de cuatro electrodos (AMNB), donde se mantienen variables de alimentación, para una posición constante entre los electrodos de medición. Por consiguiente, la profundidad de penetración de la corriente aumentara y comenzara a influir en el valor de la resistividad aparente (ρ_a) de las rocas ubicadas a una mayor profundidad. Esta posición de electrodos, permite estudiar el corte geológico a distintas profundidades. Esta es la razón del método, que permite detectar las heterogeneidades horizontales de resistividades y la particularidad esencial que hace diferenciarlo respecto a los demás métodos geofísicos.

3.1.2 Fundamentos físicos y geológicos del método de Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.).

El método de S.E.V forma parte de un conjunto de métodos geoelectricos que son denominados métodos de resistividad o métodos de prospección en corriente continua, que estudian el comportamiento de la resistividad aparente en el medio geológico, luego de la inserción de corriente que se hace pasar a la tierra mediante electrodos de alimentación (A y B), bajo el fundamento de la ley de Ohm (ver figura 2).

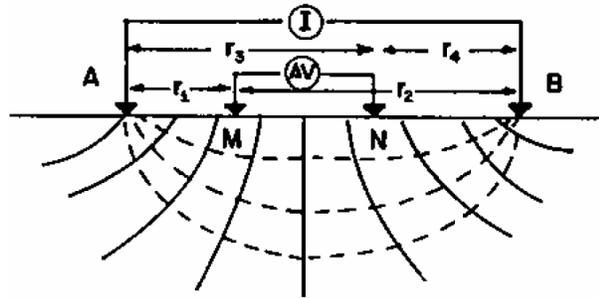
Después de un cierto intervalo de tiempo, esta corriente primaria es interrumpida y se crea un campo eléctrico secundario que es captado por electrodos de medición (MN). Si se procede a la medición de la intensidad de corriente (I_{AB}) y de la diferencia de potencial (ΔU_{MN}).

Si colocamos sobre la superficie terrestre un dispositivo de cuatro electrodos A-M-N-B, la resistividad aparente obtenida con este dispositivo dependerá de la distribución de las rocas de diferentes resistividades en el semiespacio, debajo de la superficie terrestre, y también de la posición mutua de los electrodos de medición. Las rocas que mayor influencia tendrán sobre el valor de la resistividad aparente son aquellas a través de las cuales pasa la parte sustancial de la corriente. Las rocas ubicadas a una profundidad mayor que la distancia entre los electrodos de alimentación no influirán prácticamente en la distribución del potencial en la superficie terrestre y por lo tanto en el valor de A.

Si al permanecer invariable la posición del centro del dispositivo se aumenta la distancia entre los electrodos de alimentación, la profundidad de penetración de la corriente aumentará y comenzará a influir en el valor de las rocas ubicadas a una mayor profundidad.

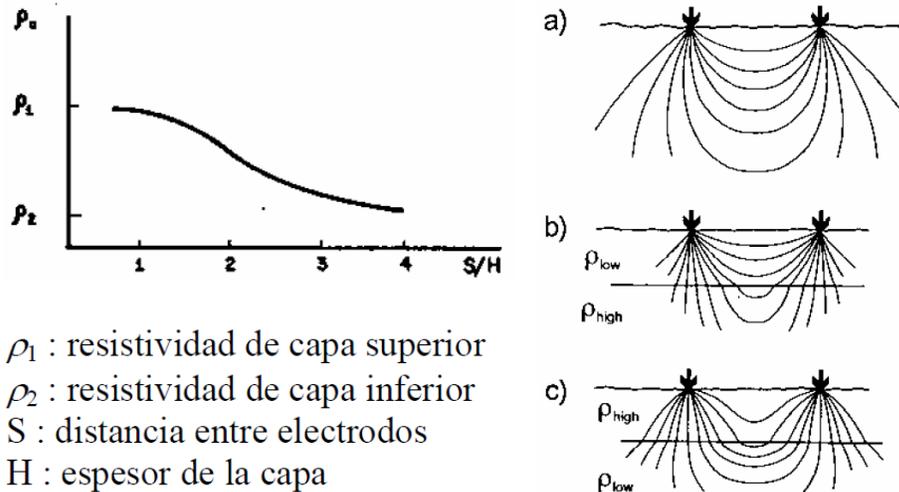
Con lo anterior se puede llegar a la conclusión de que las mediciones de (ρ_a) mediante un dispositivo con distancias variables entre los electrodos de alimentación, manteniendo constante la posición del centro, nos permite estudiar el corte geológico a distintas profundidades. Esta forma de medición de (ρ_a) es llamada método de Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.) (ver figura 3). [15]

Figura 2. Dispositivo de un Sondeo Electrico Vertical



Fuente: GEOFÍSICA COM, Marcel Hürlimann, Tema 7, Pág.9

Figura 3. Variación de la resistividad aparente con la profundidad.



Fuente: GEOFÍSICA COM, Marcel Hürlimann, Tema 7, Pág.11

3.1.3 Técnica y metodología de los trabajos de campo. Las mediciones de campo con el dispositivo, consiste en medir repetidas veces la intensidad y voltaje en un punto para diferentes distancias entre los electrodos de alimentación para hallar la resistividad aparente de la roca en el sector.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Al aumentar la distancia entre los electrodos de alimentación disminuye también el valor de (ΔU_{MN}) entre los electrodos de medición, por lo que después de un cierto valor de $AB/2$ es necesario aumentar la distancia entre electrodos de alimentación de tal forma que la relación $MN/AB=1/3$. Al variar las distancias M y N es necesario medir dos puntos vecinos con las dos distancias MN.

Los cambios en las resistividades por las curvas equipotenciales a partir de la profundidad, permite determinar el tipo de curva y distribución en el medio. La forma de la curva informa del tipo de litología presente en tal punto ^[15].

Para el desarrollo de los trabajos de campo se siguieron las siguientes actividades:

- ✓ Se ubicó con el GPS (Global Positioning System), el punto de localización de cada S.E.V. teniendo en cuenta el Mapa de Ubicación de los S.E.V (ver Anexo 4).
- ✓ Se instaló el equipo y se procedió a abrir los electrodos de medición (M y N) y de alimentación (A y B).
- ✓ Se realizó una medición de prueba para poder analizar los valores de I (mA) y ΔU (mV) obtenidos, de tal manera que se garantizara el grado de precisión de los datos y concordancia con el medio. Es importante resaltar que el equipo posee 10% de error permisible.
- ✓ Se tomaron tres mediciones de ΔU (mV) y de I (mA), para cada abertura de $AB/2$ en cada sondeo con el fin de promediar los datos.
- ✓ De manera simultánea al paso anterior, se evaluó que el valor de la intensidad I (mA) no fuera inferior a 0.5 miliamperios (mA). En caso de tener un dato con este valor se debe incrementar la ganancia o modificar la distancia de abertura de los electrodos (M y N).
- ✓ Se diseñó un formato, para que la información que se obtuvo en campo quedara registrada de manera ordenada y así agilizar la labor de la interpretación (ver tabla 3).

Los pasos anteriores se repitieron para los doce puntos 12 S.E.V (ver anexos 6 y anexo 7).



Tabla 3. Formato con registro de datos completos de cálculo de Coeficiente geométrico (K) y resistividad aparente (ρ_a).

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA:				COORDENADAS						
SEV 1											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	ρ_a ($\Omega \cdot m$)
		1	2	3		1	2	3			

Fuente: Autores.

3.1.4 Equipamiento del S.E.V.

El equipamiento empleado en esta técnica de prospección está compuesto por un equipo transmisor, y uno receptor ambos digitales marca PASI, de fabricación Italiana, de alta precisión y de fácil manejo ya que ambos equipos son portátiles, estos van interconectados entre sí, lo que permite que el método sea más rápido y productivo (ver foto 31 y 32). La interconexión se realiza mediante un cableado, que hace que el equipo receptor lea automáticamente los valores de la diferencia de potencial ΔU y de la intensidad I, para las diferentes posiciones del sistema de electrodos.

Fotografía 12. Equipamiento Eléctrico.



Fuente: Autores.



3.1.5 Utilización del método de S.E.V.

Para la utilización del método de S.E.V. deben existir las siguientes condiciones:

- ✓ Las rocas que componen el corte geoelectrico deben tener diferentes resistividades.
- ✓ La inclinación de los contactos de las rocas de diferentes resistividades no debe ser mayor de 15 a 20°, ya que si los ángulos de buzamiento son mayores la interpretación no es exacta.
- ✓ El relieve del terreno debe ser llano, ya que las curvas teóricas han sido calculadas para superficies terrestres planas.
- ✓ El número de horizontes geoelectricos no debe ser superior a 5 o 6; y en el caso contrario la interpretación se complica y no es segura.
- ✓ La profundidad de estudio es limitada a los primeros kilómetros ^[15].

3.1.6 Procesamiento e interpretación de datos. El procesamiento de los datos se comienza hallando el valor de la resistividad aparente (ρ_a) a partir de los datos de diferencia de potencial e intensidad de la corriente suministrada por el equipo y con el cálculo de la constante K (coeficiente geométrico).

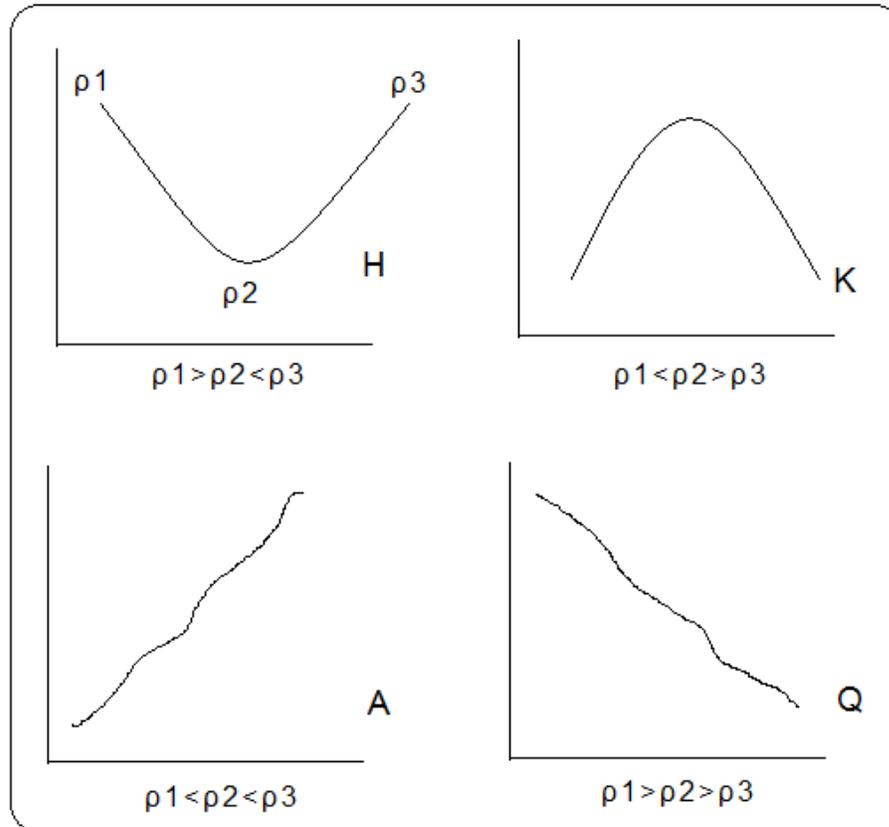
Los datos de resistividad aparente (ρ_a) y del coeficiente geométrico (K) calculados se consignaron en el formato diseñado (ver tabla 3).

Una vez se han obtenido los valores de ρ_a se procede a graficar, en escala bilogarítmica, de tal forma que en las ordenadas se ubique la resistividad aparente y en la abscisa los valores de $AB/2$, el producto es una curva.

El procedimiento a seguir es comparar la geometría de dicha curva obtenida con los datos de campo con los ábacos propuestos por Smirnov (ver figura 2) es decir, las curvas teóricas para obtener la familia a la cual pertenecen ya sea H, K, A o Q. Ya después de dicha superposición se determinan los valores de resistividad aparente, espesores y profundidades de las litologías que se presentan en el subsuelo y determinar los posibles acuíferos existentes.



Figura 2. Tipos de curvas según Smirnov.



Fuente: Modificado según Smirnov.

Lo mencionado anteriormente ha sido ejecutado por medio del software ipi2win este despliega una ventana en la cual nos permite diligenciar los datos correspondientes a la apertura de los electrodos $AB/2$ y MN , valores de resistividad aparente (ρ_a) y al tipo de dispositivo empleado (Slummerger), (ver figura 3).

Se obtuvieron doce (12) curvas que corresponden a los 12 S.E.V. representativas del corte geoelectrico por debajo del punto de observación, donde en el eje de las ordenadas se encuentran los valores de resistividades aparentes ($\Omega \cdot m$) y en el eje de las abscisas se encuentran las dimensiones de $AB/2$ (m) (ver Anexo 7).

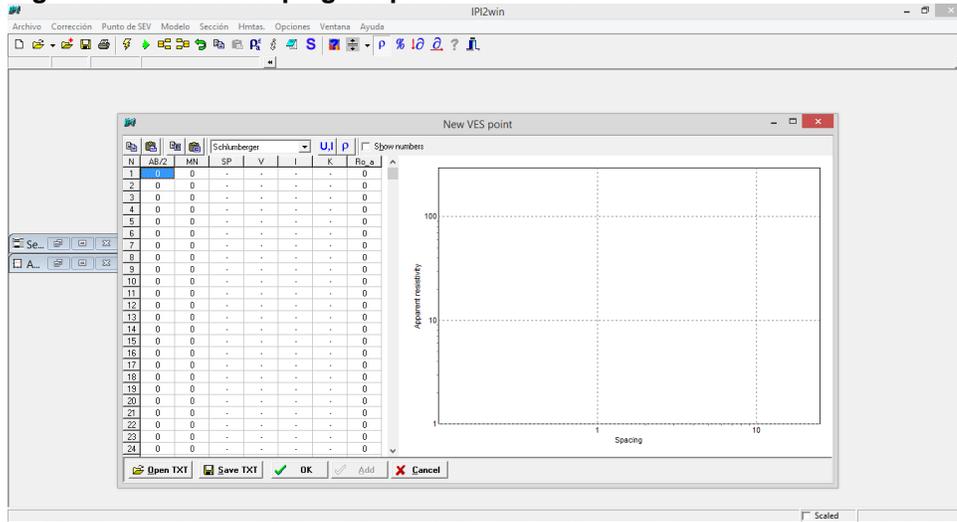
Luego de procesar los datos se sigue con la interpretación de resultados (curvas S.E.V.). Para esto se obtuvo la estratificación geoelectrica, las resistividades aparentes los espesores y las profundidades de las litologías presentes por debajo del subsuelo, obtenidas como se explicó anteriormente.



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



Figura 3. Ventana desplegada por el software IPI2Win

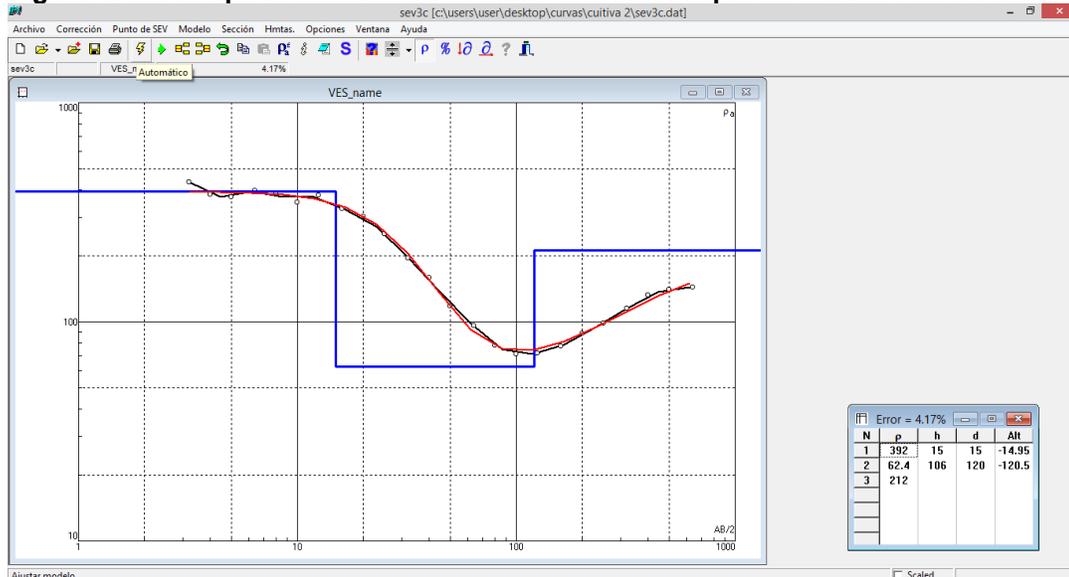


Fuente: Autores.

Posteriormente se ubican las capas más representativas en las unidades litológicas de acuerdo a los rangos de las resistividades estableciendo los posibles acuíferos, luego se compararon estos datos con los datos geológicos existentes.

Al obtener una curva por S.E.V. por medio del software se controla que el error sea menor del 10% para mejor confiabilidad de trabajo, es importante resaltar que las curvas se generan en escala bilogarítmica (ver figura 4).

Figura 4. Curva tipo H obtenida en el S.E.V. 3 del municipio de Cuitiva con un error de 4,17%.



Fuente: Autores

Las tablas de resultados que arroja el software de cada uno de los sondeos se especifica el número de capas horizontales encontradas, los valores de resistividad



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITOBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



aparente (ρ_a) en los que está en cada capa, y la profundidad. A partir de estos datos se realiza cada corte geológico-geofísico la cual involucra la asociación del valor de resistividad con la litología correspondiente

Las rocas saturadas presentan una baja resistividad, puesto que el agua contenida en su interior presenta bajas resistividades, lo cual se puede evidenciar en las capas obtenidas a partir de los S.E.V.

Para la prospección de los acuíferos se establecieron rangos de resistividad aparente en las que se encuentran las litologías presentes en el área de estudio.

Tabla 3. Rangos de resistividad

RANGOS DE RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	LITOLOGÍA PRESENTE
1-50	Arcillas saturadas
50 – 100	Arcillas
100 – 290	Areniscas arcillosas
290 – 510	Areniscas compactas
>510	Conglomerados

Fuente: Datos de S.E.V tomados en campo

A partir de la información obtenida por los métodos geoelectricos aplicados se interpretaron los resultados del procesamiento de los datos para cada uno de los 12 S.E.V. realizados en los sectores del estudio, lo que permitió diferenciar contactos y generar los cortes geológicos – geofísicos de dichos sectores (ver anexo 9).



4 RESULTADOS

4.1 SECTOR IZA

4.1.1 Descripción Geológica – Geofísica de los S.E.V.

✓ S.E.V. 1. Se presentan tres capas, la primera que se asocia con areniscas arcillosas con un espesor de 13,3 m y una resistividad de $227 \Omega \cdot m$, la segunda capa se relaciona con areniscas saturadas con un espesor 16,9 m y una resistividad de $11 \Omega \cdot m$, finalmente se asume una capa de areniscas compactas con una resistividad de $504 \Omega \cdot m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo H.

✓ S.E.V. 2. En este sondeo se identificaron cuatro capas, la primera se relaciona con arcillas de 5,97 m de espesor y una resistividad de $56,6 \Omega \cdot m$, la segunda a areniscas arcillosas de 4,58 m de espesor con resistividad de $242 \Omega \cdot m$, la tercera con areniscas saturadas de 19,8 m de espesor y una resistividad de $3,79 \Omega \cdot m$, por último, una capa areniscas compactas con resistividad de $354 \Omega \cdot m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo KH.

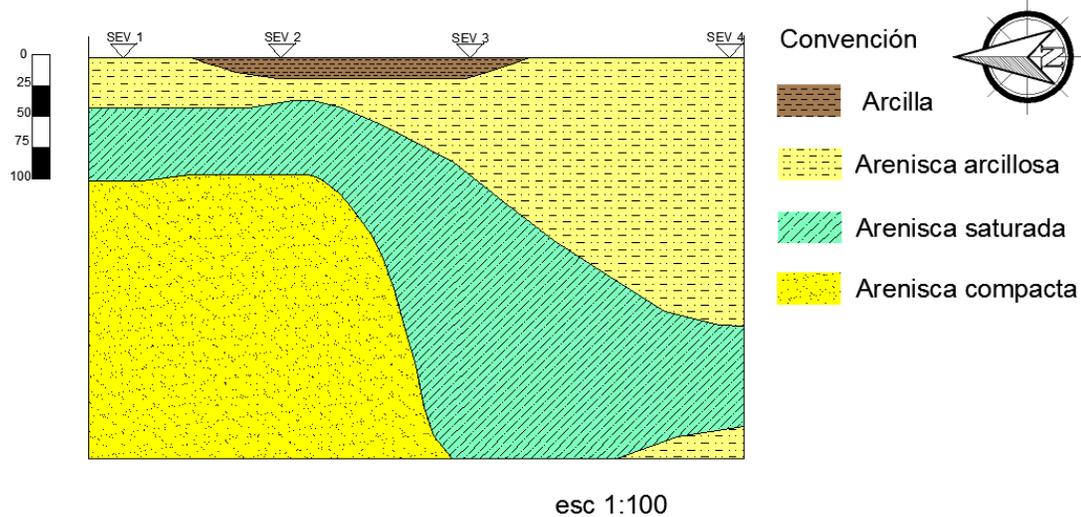
✓ S.E.V. 3. Al igual que el sondeo anterior se presentan cuatro capas, la primera se asocia a arcillas de 5 m de espesor y resistividad de $66 \Omega \cdot m$, la segunda se asume que son areniscas arcillosas de 18,3 m de espesor con una resistividad de $121 \Omega \cdot m$, la tercera se relaciona con areniscas saturadas de 13,4 m y resistividad de $27 \Omega \cdot m$, la última capa también con areniscas saturadas de $52,4 \Omega \cdot m$ de resistividad. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo KH.

✓ S.E.V. 4. Se presentan tres capas, la primera se asume como areniscas arcillosas de 67,3 m de espesor y resistividad de $101 \Omega \cdot m$, la segunda capa de areniscas saturadas con un espesor de 28,7 m y resistividad de $13,5 \Omega \cdot m$, por último se interpreta como areniscas arcillosas con $255 \Omega \cdot m$ de resistividad. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo QH.

4.1.2 Corte geológico – geofísico. Con base en los resultados obtenidos en cada Sondeo Eléctrico Vertical se generó el corte geológico – geofísico del sector Iza (ver figura 5), en el cual se observó que hacia al sondeo 3 y 4 la arenisca saturada toma profundidad dado que la arenisca arcillosa gana espesor por las características estructurales del sector puesto que el sitio se encuentra sobre un anticlinal que ha sido erosionado. Se considera que la arenisca saturada hace relación a un acuífero confinado puesto que el material que infrayase corresponde a areniscas por la cual el agua puede fluir libremente.



Figura 5. Corte geológico - geofísico sector Iza



Fuente: Autores

4.2 SECTOR CUITIVA

4.2.1 Descripción Geológica – Geofísica de S.E.V.

✓ S.E.V. 1. Se presentan tres capas, la primera se interpreta como areniscas compactas con un espesor de 7,42 m y una resistividad de $419,89 \Omega \cdot m$, la segunda capa se asume un material de areniscas arcillosas con un espesor 50,42 m y una resistividad de $200,83 \Omega \cdot m$, finalmente se asocia con una capa de arcillas con una resistividad de $74,65 \Omega \cdot m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo Q.

✓ S.E.V. 2. En este sondeo se identificaron cuatro capas, la primera se asocia con areniscas compactas de 7,32 m de espesor y una resistividad de $444 \Omega \cdot m$, la segunda se asume areniscas arcillosas de 15,1 m de espesor con resistividad de $138 \Omega \cdot m$, la tercera con areniscas compactas de 44,9 m de espesor y una resistividad de $460 \Omega \cdot m$, por último una capa de arcillas con resistividad de $95,4 \Omega \cdot m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo HK.

✓ S.E.V. 3. Al igual que el sondeo anterior se presentan cuatro capas, la primera se interpreta como areniscas compactas de 9,93 m de espesor y resistividad de $405 \Omega \cdot m$, la segunda con material areniscas arcillosas de 21 m de espesor con una resistividad de $172 \Omega \cdot m$, la tercera se asocia con areniscas saturadas de 5,43 m y resistividad de $4,84 \Omega \cdot m$, la última capa se asume material areniscas arcillosas de $178 \Omega \cdot m$ de resistividad. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo QH.

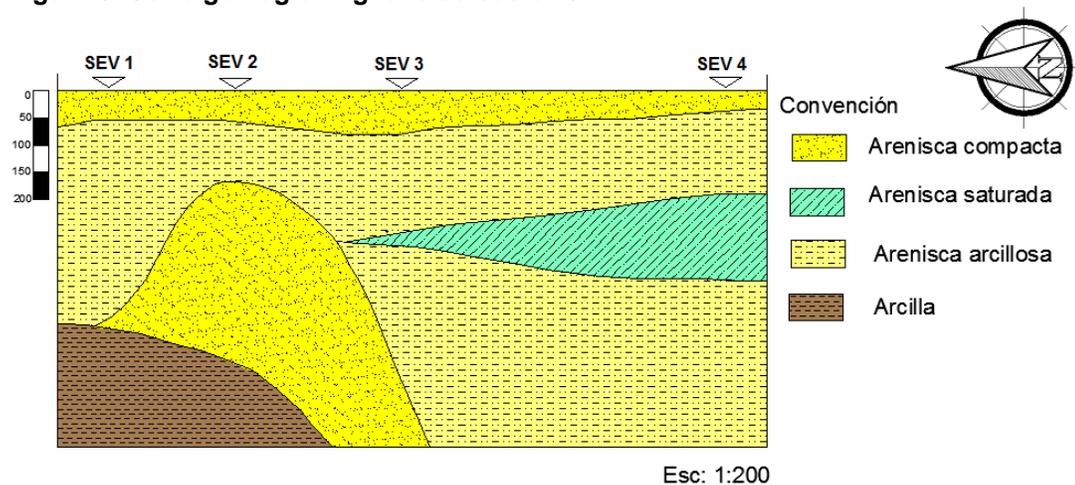
✓ S.E.V. 4. Se presentan cuatro capas, la primera se asocia con areniscas compactas de 3,15 m de espesor y resistividad de $492 \Omega \cdot m$, la segunda capa de areniscas arcillosas con un espesor de 19,5 m y resistividad de $103 \Omega \cdot m$, la tercera



con areniscas saturadas de 19,1 m de espesor y $18,1 \Omega^*m$ de resistividad, por último una capa de areniscas arcillosas con una resistividad de $278 \Omega^*m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo QQH.

4.2.2 Corte geológico – geofísico. Con base en los resultados obtenidos en cada Sondeo Eléctrico Vertical se generó el corte geológico – geofísico del sector Cuitiva (ver figura 6), en el cual se interpretó que la arenisca saturada se ha ido pinchando dentro de un material arenoarcilloso, por tanto se considera que la arenisca saturada corresponde a un acuitardo dada las características litológicas del sector.

Figura 6. Corte geológico - geofísico sector Cuitiva



Fuente: Autores

4.3 SECTOR FIRAVITIBA

4.3.1 Descripción Geológica – Geofísica de S.E.V.

✓ S.E.V. 1. Se presentan cuatro capas, la primera se asocia con conglomerado con un espesor de 2,6 m y una resistividad de $737 \Omega^*m$, la segunda capa se asume como areniscas arcillosas con un espesor 9,39 m y una resistividad de $112 \Omega^*m$, la tercera capa con arenisca saturada de 44,6 m de espesor y resistividad de $33,1 \Omega^*m$, finalmente en la última capa con areniscas arcillosas de $101 \Omega^*m$ de resistividad. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo QH.

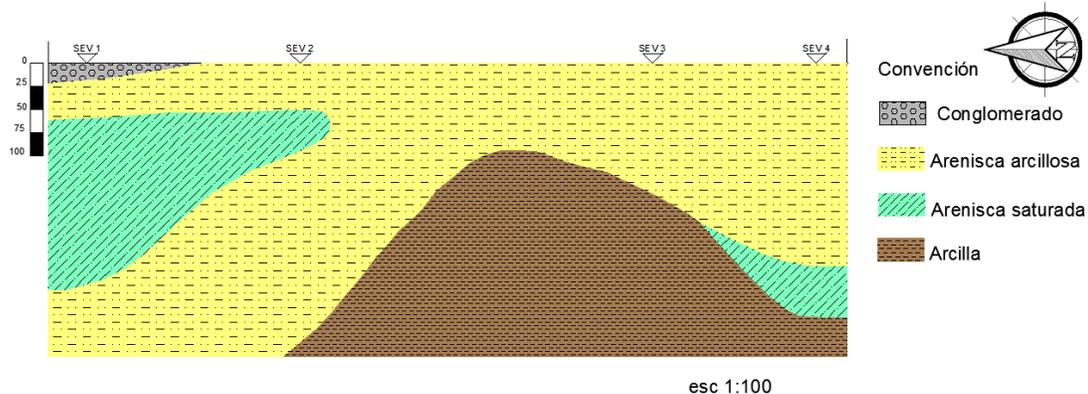
✓ S.E.V. 2. En este sondeo se identificaron tres capas, la primera se interpretó como areniscas arcillosas de 11,9 m de espesor y una resistividad de $171 \Omega^*m$, la segunda se asume como areniscas saturadas de 9,13 m de espesor con resistividad de $1,94 \Omega^*m$, por último una capa areniscas arcillosas con resistividad de $271 \Omega^*m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo H.



- ✓ S.E.V. 3. Se identificaron dos capas, la primera capa se asocian con areniscas arcillosas con 28,7 m de espesor y resistividad de $132 \Omega \cdot m$, la última capa se asume como arcillas de $71,5 \Omega \cdot m$ de resistividad. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo Q.
- ✓ S.E.V. 4. Se presentan tres capas, la primera se interpreta como areniscas arcillosas de 46,8 m de espesor y resistividad de $196 \Omega \cdot m$, la segunda capa con areniscas saturadas con un espesor de 11,3 m y resistividad de $5,14 \Omega \cdot m$, por último una capa de arcillas con una resistividad de $98,8 \Omega \cdot m$. Con base en las resistividades obtenidas se determina que la curva generada es tipo H.

4.3.2 Corte geológico – geofísico. Con base en los resultados obtenidos en cada Sondeo Eléctrico Vertical se generó el corte geológico – geofísico del sector Firavitoba (ver figura 7), en el cual se pudo apreciar que el material saturado se encuentra hacia la parte norte del sector inmerso en una litología de material arenoarcilloso por esta razón se considera que es un acuitardo.

Figura 7. Corte geológico - geofísico sector Firavitoba



Fuente: Autores

4.4 MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA.

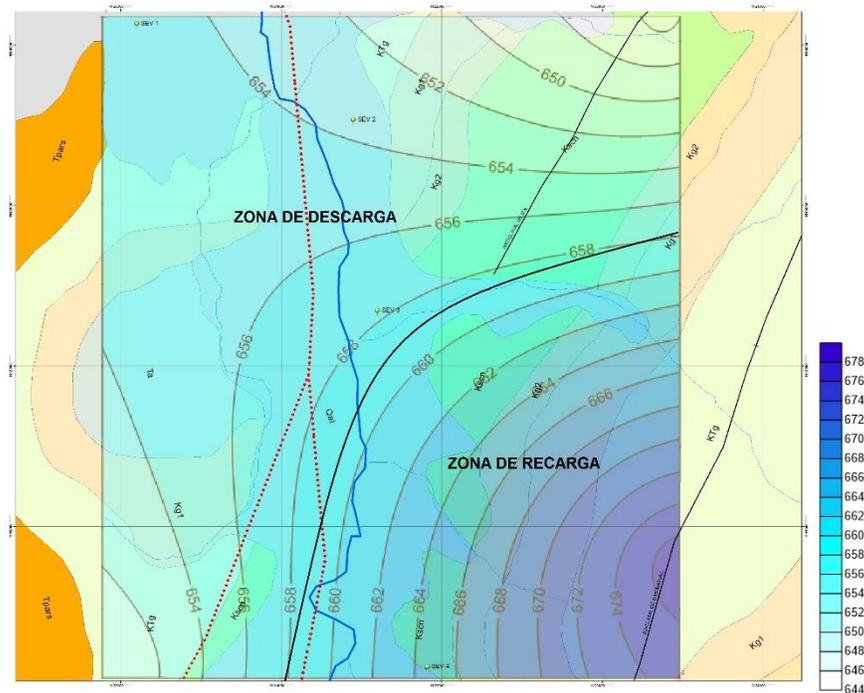
Inicialmente se realizan los mapas de isoyetas para cada sector de estudio, el cual se superpone en los mapas geológicos locales a fin de identificar las zonas de recarga y descarga y su relación con los cortes geológicos-geofísicos obtenidos anteriormente, con el propósito de identificar las direcciones de flujo en cada sector los cuales se describen a continuación:

4.4.1 Superposición de mapas

4.4.1.1 Sector Iza

Se identificó que la zona de recarga, o donde se muestra mayor precipitación, se encuentra hacia la parte sureste del área de estudio, en esta zona se encuentran localizados los S.E.V. 3 y 4. En cuanto a las características geológicas, la litología que recibe la recarga corresponde a las Formaciones Guaduas, Labor y Tierna, y Plaeners, en donde la zona de infiltración corresponde a la Formación Guaduas y la formación que contiene el acuífero corresponde a la Formación Labor y Tierna (ver figura 8).

Figura 8. Superposición de mapa geológico e isoyetas sector Iza

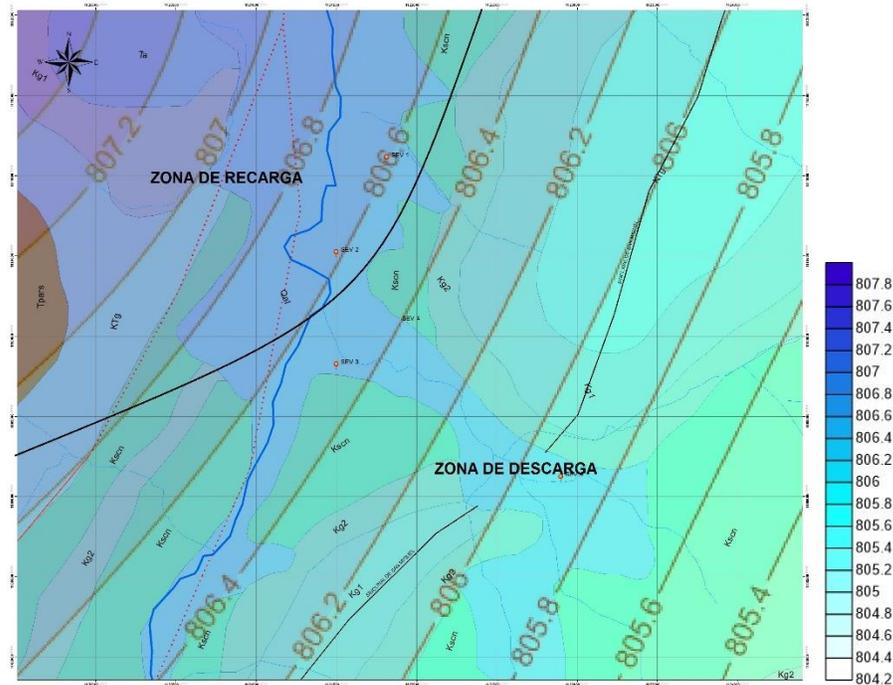


Fuente: Autores

4.4.1.2 Sector Cuítiva.

Se identificó que la zona de recarga, o donde se muestra mayor precipitación, se encuentra hacia la parte noroeste del área de estudio en donde se encuentran localizados los S.E.V. 1 y 2. En cuanto a las características geológicas, la litología que recibe la recarga corresponde a las Formaciones Areniscas de Socha, Grupo Guadalupe (Formación Labor y Tierna) y Guaduas, en donde la zona de infiltración corresponde a la Formación Areniscas de Socha, la formación que contiene el acuífero corresponde a la Formación Guaduas (ver figura 9).

Figura 9. Superposición de mapa geológico e isoyetas sector Cúitiva

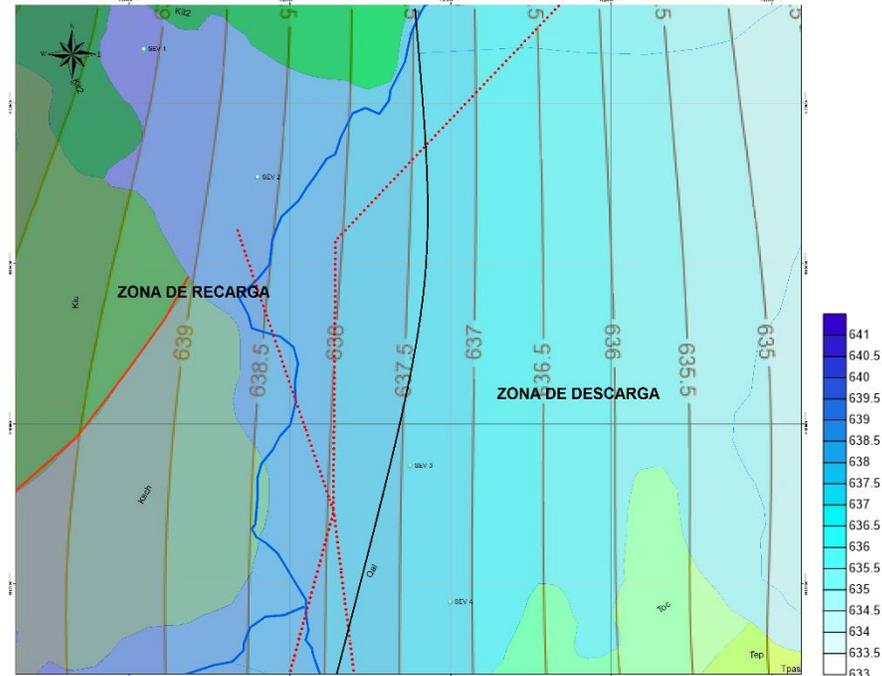


Fuente: Autores

4.4.1.3 Sector Firavitoba

Se identificó que la zona de recarga, o donde se muestra mayor precipitación, se encuentra hacia la parte nororiente del área de estudio, en esta zona se encuentran localizados los S.E.V. 1 y 2. En cuanto a las características geológicas, la litología que recibe la recarga corresponde al Deposito Cuaternario, Formación Churuvita y Formación Une, en donde la zona de infiltración corresponde al Deposito Cuaternario y la formación que contiene el acuitardo corresponde a la Formación Une, se considera acuitardo porque se encuentra confinado dentro de la Formación Churuvita (ver figura 10).

Figura 10. Superposición de mapa geológico e isoyetas sector Firavitoba



Fuente: Autores

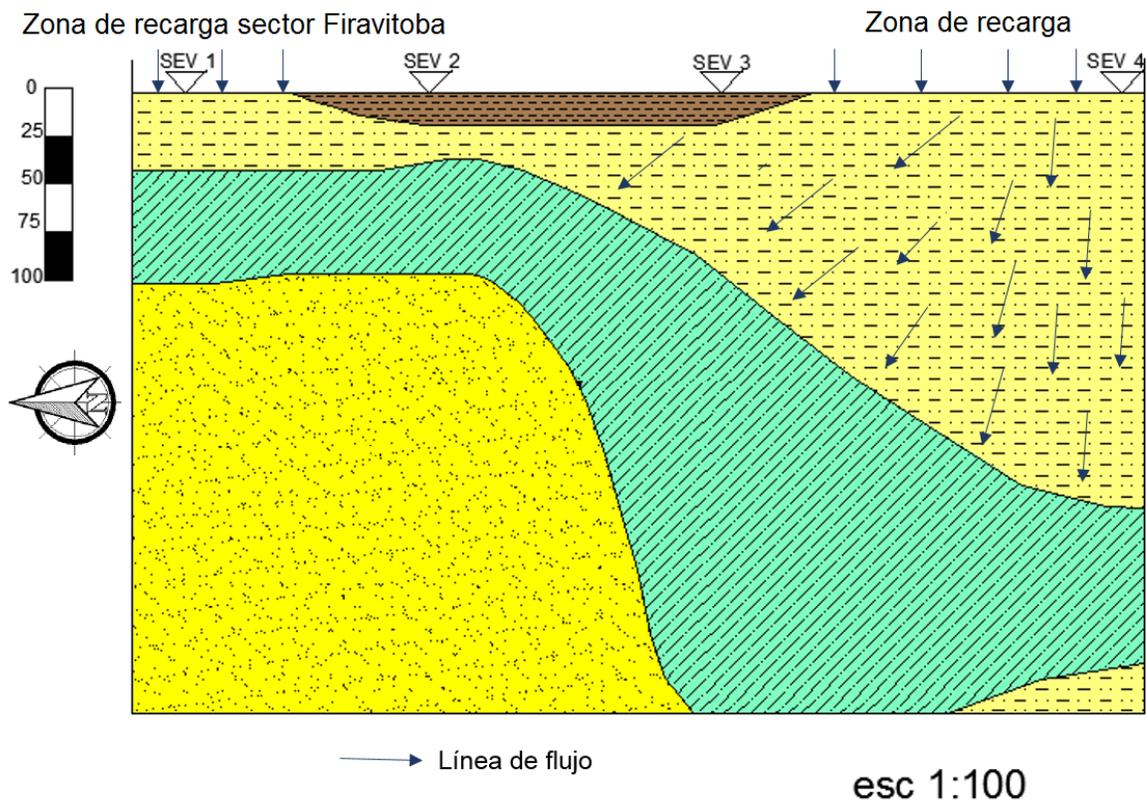
4.4.2 Zonas de infiltración

Para identificar las zonas de infiltración de cada sector se ubicaron los sitios de mayor precipitación y las posibles direcciones de flujo que alimentan el acuífero o acuitardo según corresponda.

4.4.2.1 Sector Iza

Se identificaron dos zonas de infiltración, el primero proveniente de la precipitación del sector Firavitoba y el segundo correspondiente a la precipitación propia del sector. En cuanto al corte geológico – geofísico se asume que el acuífero corresponde a un acuífero confinado, el cual, en la parte superior se encuentra limitado por la Formación Guaduas dadas sus características litológicas, el acuífero se encuentra asociado a la Formación Labor y Tierna considerada un acuífero de porosidad primaria y secundaria de mediana a buena importancia hidrogeológica según la información recopilada (ver capítulo 2, ítem 2,6 aspectos hidrogeológicos, pág. 37), dado que la Formación Labor y Tierna cuenta con un amplio espesor y capas muy gruesas de areniscas intercaladas con arcillolitas el agua se infiltra poco a poco por dichas intercalaciones, por esto en el corte geológico - geofísico el acuífero va adquiriendo profundidad y espesor.

Figura 11. Zonas de infiltración sector Iza

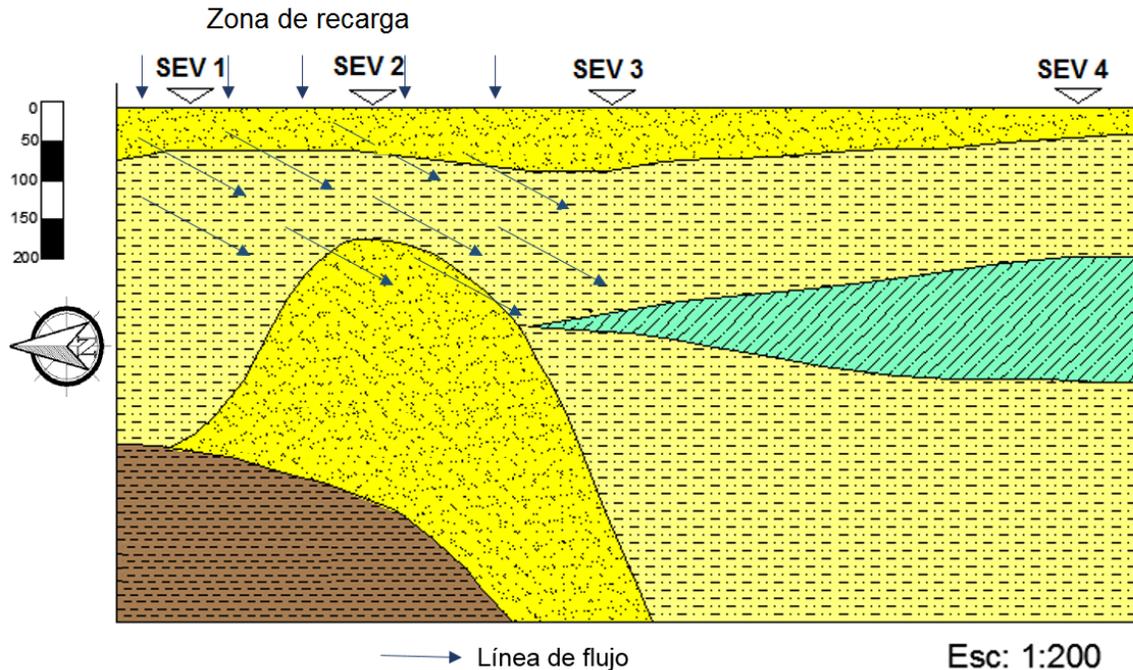


Fuente: Autores

4.4.2.2 Sector Cuítiva

En el corte geológico – geofísico se observa que la zona de infiltración se localiza hacia la parte norte, en donde el agua se infiltra a través de una primera capa de material arenoso correspondiente a la Formación Areniscas de Socha, infrayaciendo a esta formación se encuentra la Formación Guaduas la cual está conformada principalmente por arcillolitas y lutitas, por lo cual se clasifica como acuitardo, tiene niveles de areniscas que puede constituir acuíferos de bajo rendimiento lo cual se puede evidenciar en el corte, hacia la parte inferior se presenta el Grupo Guadalupe (Fm. Labor y Tierna) y la Formación Conejo.

Figura 12. Zona de infiltración del sector Cuitiva



Fuente: Autores

4.4.2.3 Sector Firavitoba

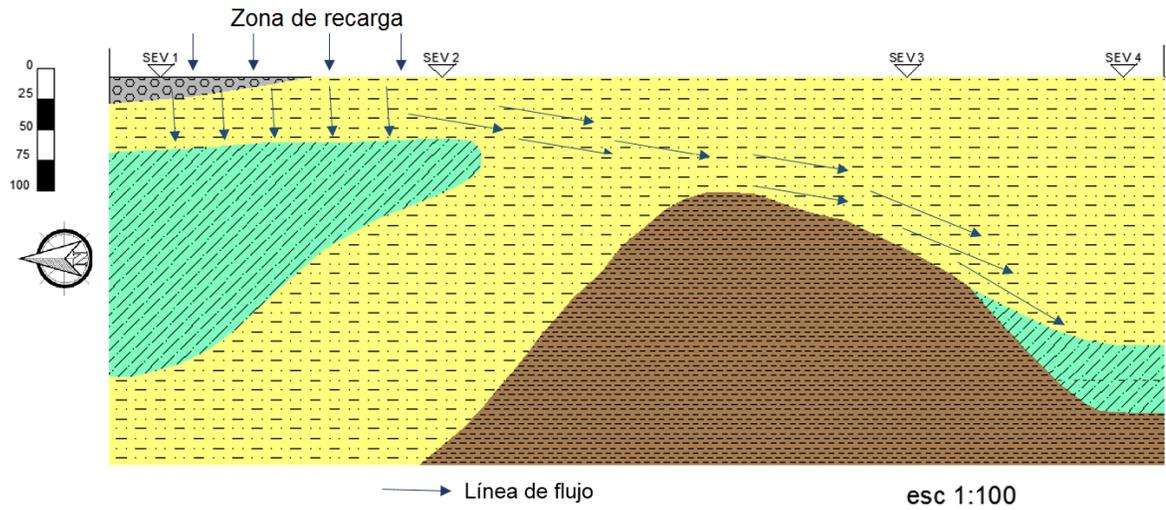
De misma manera que en el sector Cuitiva la zona de infiltración se localiza hacia la parte norte, sin embargo las características litológicas varían. Hacia el norte, en la zona de infiltración se observa material conglomerático de bajo espesor, lo infrayase material arenoarcilloso correspondiente a uno de los niveles arcillolíticos de la Formación Churuvita el cual actúa como capas confinantes, embebido en la Formación Churuvita se encuentra un acuífero de porosidad secundaria posiblemente correspondiente a la Formación Une por sus características litológicas (bancos de areniscas cuarcítica fracturada), finalmente se tiene una capa de arcilla la cual pertenece al miembro superior de la Formación Tibasosa el cual es predominantemente arcilloso.



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



Figura 13. Zona de infiltración sector Firavitoba



Fuente: Autores



5 CONCLUSIONES

Se realizó visitas a campo, con el fin de corroborar, homologar y actualizar la información recopilada en cuanto a las litologías presentes en la zona de estudio.

Aplicando el método de Sondeo Eléctrico Vertical en los sectores de estudio se logró obtener la información necesaria para asumir las características litológicas del subsuelo y con ello la localización de los posibles acuíferos.

Se determinaron los rangos de variación de resistividad aparente con base en los resultados obtenidos en los Sondeos Eléctricos Verticales en concordancia con la litología presente en el área de estudio.

Se generaron los mapas de isoyetas de cada sector en donde se identificaron las zonas de mayor precipitación y las zonas de infiltración que alimentan los acuíferos encontrados en la zona de estudio.

Se realizaron los modelos cualitativos 2D de los acuíferos más representativos de cada sector de estudio a partir de los análisis de los procesos desarrollados anteriormente.

Se determinó, a partir de la modelación cualitativa, que la profundidad aproximada del acuífero en el sector de iza es de 10 m hacia la parte norte y toma profundidad hacia la parte sur del sector; en el sector de Cuitiva se presentó el acuífero hacia la parte sur del sector a una profundidad aproximada de 35 m, finalmente, el sector de Firavitoba presenta dos unidades hidrogeológicas, una localizada hacia la parte norte del sector entre los 12 a 55 m de profundidad y otra unidad hacia la parte sur entre los 47 a 61 m de profundidad.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



RECOMENDACIONES

La información geofísica existente en el área de interés sobre estudios de aguas subterráneas por medio de Sondeo Eléctrico Vertical proyecto se considera base para nuevos estudios en temas afines.

Efectuar mediciones con otros métodos geofísicos como el Perfilaje Eléctrico Simétrico P.E.S. para la mejor ubicación de los contactos verticales, ya que conjuntamente con los Sondeos Eléctricos Verticales S.E.V. dan mayor confiabilidad en la interpretación con mejores resultados.

Los procesos planteados en este estudio pueden servir como complemento a estudios de modelación de acuíferos de carácter cuantitativo.

Vincular el presente estudio con proyectos de interés hídrico y geológico, y de esta forma incentivar la participación de los futuros Ingenieros Geólogos en la realización de estudios de investigación en el campo de la Geofísica aplicada.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Iza. Alcaldía Municipal. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. [s.n.].
- [2] Cuitiva. Alcaldía Municipal. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. [s.n.].
- [3] Firavitoba. Alcaldía Municipal. (2000). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. [s.n.].
- [4] Instituto De Hidrología Meteorológica Y Estudios Ambientales. IDEAM. (2014). *Datos climatológicos de precipitación de las estaciones El Túnel (Cúitiva), Firavitoba (Firavitoba) e Iza (Iza)*. Bogotá D.C. [s.n.].
- [5] Reyes. I, (1984). *Geología de la región de Duitama – Sogamoso – paz del Rio (Dpto. Boyacá)*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- [6] Hubach. E, (1931b). *Exploración de la región de Aporo. Viotá*. Bol. Min. Petr. 25-27; 41-60
- [7] Renzoni. G, (1962). *Apuntes acerca de la litología y tectónica de la zona al este y sureste de Bogotá*. Bol. Geol. (Bogotá), 10 (1-3); 59-79.
- [8] Moreno, Manuel & Fecht, Yuset, (2010). *Geología y Geomorfología, Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la cuenca Alta del Rio Chicamocha. Boyacá*. Geología y geomorfología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Universidad Nacional de Colombia. 23-32
- [9] Hubach. E, (1957). *Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia*. Inst. Geol. Nal. 1212.
- [10] Monsalve. M, Rojas. N, Velandia. F, Pintor. I, Martínez. L, (2011). *Caracterización geológica del cuerpo volcánico de Iza, Boyacá- Colombia*. Bol. Geol. Vol. 33 N° 1. 117-129.
- [11] Van Der Hammen, T., (1958). *Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos*. Boletín Geológico de INGEOMINAS. Vol. VI, Nos. 1-3, Bogotá.
- [12] Servicio Geológico Colombiano -SGC-, (2012). *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenazas por movimientos en masa. Escala 1:10000*. Bogotá D.C, [s.n.].



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



- [13] Instituto Geológico Agustín Codazzi –IGAC-. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. Bogotá D.C. [s.n.].
- [14] Moreno, Manuel & Fechit, Yuset, (2010). *Geología y Geomorfología, Formulación del Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la cuenca Alta del Rio Chicamocha*. Boyacá. Hidrogeología. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Universidad Nacional de Colombia. [s.n.].
- [15] Marcel Hürlimann, *GEOFÍSICA COM*. Tema 7, Pág.9
- [16] Renzoni, G. Caballos. (1994). *Catálogo de las cuencas litoestratigráficas de Colombia*. Ingeominas. Bogotá.
- [17] Sánchez San Román, Javier. *Prospección geofísica: Sondeos Eléctricos Verticales*. Dpto. Geología Universidad Salamanca. España. [s.f.]
- [18] Renzoni G, Rosas H Y Etayo F. (1998): *Geología de la Plancha 191 - Tunja*. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Bogotá, Colombia.
- [19] Renzoni G, Rosas H., (1967): *Geología de la Plancha 171 - Duitama*. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Bogotá, Colombia Publicado en 1983.
- [20] Ulloa M, C. E.; Rodríguez H., Escovar R, R. (1998): *Geología de la Plancha 192 – Laguna de Tota*. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Bogotá, Colombia.
- [21] Ulloa M, C. E.; Camacho G, R. Y Escovar R, R. (1998): *Geología de la Plancha 172 Paz del Río escala 1:100.00*. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Bogotá, Colombia.



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



ANEXOS



ANEXO 1. VALORES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN. ESTACIÓN IZA, ESTACIÓN EL TÚNEL, ESTACIÓN FIRAVITIBA.



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mm/s)
ESTACION : 24030230 IZA

FECHA DE PROCESO : 2015/04/12		ESTACION : 24030230 IZA													
LATITUD	0536 N	TIPO EST	PM	DEPTO	BOYACA	FECHA-INSTALACION	1958-FEB	LONGITUD	7258 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	IZA	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	2470 m.s.n.m	REGIONAL	06	BOYACA-CASAN	CORRIENTE	PESCA									
2000	1	01	8.8	17.0	42.8	65.9	106.9	35.2	55.5	99.0	90.8	93.9	50.2	11.5	677.5
2001	1	01	17.8	12.9	40.7	.2	46.5				52.1			62.1	232.3
2002	1	01	9.5	10.5			14.8	67.7	11.8	36.8	64.7	53.9	71.2	31.6	372.5
2003	1	01	2.8	1.5	95.7	48.7	43.8	50.5	36.3	4.0	68.7	108.6	81.5	64.3	606.4
2004	1	01	19.1	31.5	42.5	117.4	157.6	6.5	18.3	15.2	34.2	89.6	52.5	7.1	591.5
2005	1	01	25.3	3.7	13.0	81.8	104.4	49.5	17.9	17.5	39.7	101.0	35.2	2.0	491.0
2006	1	01	20.7	5.6	165.3	132.9	119.3	61.3	17.8	14.6	20.6	52.3	98.6	14.8	723.8
2007	1	01	3.7	.0	5.1	43.4	61.0	44.4	32.2	89.8	29.5	117.3	59.9	6.3	492.6
2008	1	01	27.7	18.7	54.5	43.2	122.1	60.4	49.2	65.5	23.9	66.7	105.5	4.4	641.8
2009	1	01	29.7	6.3	48.6	128.2	95.1	47.7	21.9	25.8	15.2	72.8	26.1	.0	517.4
2010	1	01	.0	15.3	13.4	189.9	126.1	143.0	178.2	32.4	39.3	76.2	118.3	13.2	945.3
2011	1	01	10.2	127.5	110.6	167.6	158.3	42.7	31.2	22.8	78.9	146.4	161.7	53.2	1111.1
2012	1	01	17.0	11.2	86.9	197.8	15.8	39.5	68.7	48.1	6.1	140.5	68.5	4.6	704.7
2013	1	01	.0	33.9	31.5	170.2	88.8	13.2	68.7	41.4	22.5	51.1	120.3	15.9	657.5
2014	1	01	6.8	57.3	31.5	34.5	43.4	58.2	30.3	12.0					274.0
MEDIOS			13.3	23.5	55.9	101.6	86.9	51.4	45.6	37.5	41.9	90.0	80.7	20.8	649.0
MAXIMOS			29.7	127.5	165.3	197.8	158.3	143.0	178.2	99.0	90.8	146.4	161.7	64.3	197.8
MINIMOS			0.0	0.0	5.1	0.2	14.8	6.5	11.8	4.0	6.1	51.1	26.1	0.0	0.0

 AÑO EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVI * DICIE * VR ANUAL *



ESTUDIO GEOLÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUIFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

FECHA DE PROCESO : 2015/04/12 ESTACION : 35095030 TUNEL EL

LATITUD 0534 N TIPO EST CO DEPTO BOYACA BOYACA
LONGITUD 7256 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO CUITIVA
ELEVACION 3000 m.s.n.m REGIONAL 06 BOYACA-CASAN CORRIENTE LAG DE TOTA

AÑO EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVI * DICIE * VR ANUAL *

2000	1	01	30.5	57.6	72.8	64.1	103.4	56.3	63.6	85.7	94.4	76.2	76.3	23.4	804.3
2001	1	01	.0	62.4	20.9	12.0	64.4	39.8	77.4	35.7	85.8	94.5	95.9	60.6	649.4
2002	1	01	4.0	19.6	39.8	63.1	73.2	99.6	50.9	69.4	49.2	102.2	23.0		594.0
2003	1	01	.5	18.3	126.4	98.1	3	101.0	113.2	20.9		122.4	3	50.3	651.1
2004	1	01	10.9	33.4	52.8	131.8	125.1	74.7	115.7	91.4	53.5	80.5	215.7	.0	985.5
2005	1	01	34.9	41.7			56.2	34.7				72.8			240.3
2006	1	01										46.5	3	40.7	87.2
2008	1	01	28.2	27.8	3	.0	36.4	92.9	3	62.8	76.6	35.7	3	161.3	672.9
2009	1	01	51.4	6.2	3	51.7	90.1	71.8	92.0	44.3	3	65.9	42.2	3	614.3
2010	1	01	.0	27.0	38.0	257.2	127.9	103.8	184.1	44.5	39.0	113.8	154.5	34.0	1123.8
2011	1	01	2.3	92.7	121.3	177.2	186.3	55.3	68.3	57.2	93.2	146.3	3	112.0	1159.1
2012	1	01	34.0	3	.0	111.9	244.2								390.1
2014	1	01					83.6	83.2	77.0	58.6	32.3				334.7

MEDIOS 17.9 35.2 63.6 117.4 98.5 73.0 87.1 61.9 59.0 93.1 100.0 29.6 836.2
MAXIMOS 51.4 92.7 126.4 257.2 186.3 103.8 184.1 91.4 94.4 146.3 215.7 60.6 257.2
MINIMOS 0.0 0.0 0.0 12.0 56.2 34.7 44.3 20.9 27.3 35.7 23.0 0.0 0.0



ESTUDIO GEOLÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITOBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

ESTACION : 24030540 FIRAVITOBA

FECHA DE PROCESO : 2015/04/12

LATITUD 0539 N TIPO EST PM DEPTO BOYACA
LONGITUD 7258 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO FIRAVITOBA
ELEVACION 2486 m.s.n.m REGIONAL 06 BOYACA-CASAN CORRIENTE PESCA
FECHA-INSTALACION 1971-ABR
FECHA-SUSPENSION

*****		*****												*****	
AÑO EST ENT		ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTI	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL	*
*****		*****												*****	
2000	1 01	28.3	8.6	74.5	49.4	76.6	51.1	42.8	53.9	104.5	99.8	24.0	21.0	634.5	*
2001	1 01	.0	4.5	68.7	17.6	63.9	29.5	46.9	13.3	88.9	114.1	57.8	23.7	528.9	*
2002	1 01	.0	8.4	41.1	166.0	104.1	51.6	43.0	28.2	21.2	41.5	23.9	18.5	547.5	*
2003	1 01	.0	26.8	97.8	99.8	53.7	54.5	69.0	10.3	99.3	125.0	124.5	19.0	779.7	*
2004	1 01	.0	36.0	18.6	133.2	125.1	8.4	73.3	24.4	50.4	158.3	56.0	49.3	733.0	*
2005	1 01	24.9	28.0	66.9	81.2	93.1	36.3	25.7	38.2	32.1	159.4	86.5	23.4	695.7	*
2006	1 01	90.7	31.7	113.5	177.7	112.2	101.9	33.2	23.5	18.6	134.5	117.3	24.2	979.0	3
2007	1 01	4.6	10.2	32.2	69.3	76.2	40.9	35.0	71.9	27.6	160.0	56.2	29.5	613.6	*
2008	1 01	37.3	21.7	15.8	95.1	106.7	70.9	71.9	71.4	54.2	44.1	167.9	19.5	776.5	*
2009	1 01	45.1	12.9	57.2	87.6	58.1	64.3	12.6	66.4	27.1	83.6	47.3	23.5	585.7	*
2010	1 01	.0	.0	17.7	190.3	167.1	79.9	212.6	37.5	65.1	105.4	177.2	70.3	1052.8	3
2011	1 01	.0	89.5	94.9	239.6	153.3	54.0	49.9	31.3	54.9	144.5	155.1	1137.3	3	
2012	1 01	.0	.0	70.2	217.9	18.9	43.8	58.7	48.1	7.2	113.8	79.8	4.7	663.1	3
2013	1 01	.0	48.3	79.2	138.4	91.9	13.6	66.2	38.8	18.3	57.2	108.2	43.1	703.2	3
2014	1 01	16.9	54.0	72.3	69.1	46.7	44.4	28.9	8.2	10.9	57.2	108.2	43.1	351.4	3
MEDIOS		17.7	25.4	61.4	122.1	89.8	49.7	58.0	37.7	45.4	110.1	91.6	28.4	737.2	
MAXIMOS		90.7	89.5	113.5	239.6	167.1	101.9	212.6	71.9	104.5	160.0	177.2	70.3	239.6	
MINIMOS		0.0	0.0	15.8	17.6	18.9	8.4	12.6	8.2	7.2	41.5	23.9	4.7	0.0	



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



ANEXO 2. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



ANEXO 3.

MAPA GEOLÓGICOS LOCALES SECTORES IZA, CUITIVA Y FIRAVITOBA



ANEXO 4. LOCALIZACIÓN REGIONAL DE LOS PUNTOS S.E.V



ANEXO 5. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS S.E.V. SECTORES IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA



ANEXO 6. TABLAS DE DATOS S.E.V



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 1. Datos SEV 1 Iza

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
				X: 1120100			Y: 1114100				
SEV 1											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	81	81	80	80.67	110	111	110	110.33	14.514	190.852
1	4	68	68	67	67.67	545	545	545	545.00	23.562	189.773
1	5	64	64	65	64.33	310	311	310	310.33	37.699	181.854
1	6.4	74	74	74	74.00	238	237	238	237.67	62.769	201.596
1	8	78	78	78	78.00	145	145	144	144.67	98.960	183.542
1	10	79	79	79	79.00	101	102	101	101.33	155.509	199.471
1	12.5	78	78	78	78.00	66	65	66	65.67	243.866	205.306
1	16	74	74	73	73.67	39	39	39	39.00	400.553	212.058
1	20	76	76	75	75.67	24	24	24	24.00	626.747	198.792
1	25	70	70	70	70.00	16	16	16	15.50	980.177	217.039
1	32	50	49	50	49.67	7.1	7.1	7.1	7.10	1606.924	229.715
10	40	45	45	45	45.00	4.8	4.8	4.8	4.80	235.619	25.133
10	50	56	56	56	56.00	4.1	4.1	4.1	4.10	376.991	27.601
10	64	69	69	69	69.00	3.2	3.2	3.2	3.20	627.690	29.110
10	80	50	50	50	50.00	1.6	1.6	1.6	1.60	989.602	31.667
10	100	48	48	48	48.00	1.3	1.3	1.3	1.30	1555.088	42.117
10	125	55	55	55	55.00	0.9	1	1	0.97	2438.661	42.861
10	160	66	66	66	66.00	0.7	0.7	0.7	0.70	4005.531	42.483
10	200	52	52	52	52.00	0.3	0.4	0.3	0.33	6267.477	40.176
50	250	42	42	42	42.00	9.3	9.3	9.4	9.33	1884.955	418.879
50	320	29	29	29	29.00	3.7	3.7	3.7	3.70	3138.451	400.423
50	400	65	65	65	65.00	5	5	5	5.00	4948.008	380.616
50	500	41	41	41	41.00	2	2	2	2.00	7775.442	379.290
50	640	55	55	55	55.00	1.7	1.7	1.6	1.67	12789.424	387.558



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 2. Datos SEV 2 Iza

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
				X: 1121450			Y: 1113500				
SEV 2											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	199	199	199	199	819	819	818	818.67	14.514	59.710
1	4	121	121	121	121	305	305	304	304.67	23.562	59.327
1	5	164	164	164	164	256	256	255	255.67	37.699	58.771
1	6.4	247	247	247	247	239	239	239	239.00	62.769	60.736
1	8	140	140	140	140	89	89	89	89.00	98.960	62.910
1	10	261	261	261	261	108	107	108	107.67	155.509	64.150
1	12.5	223	223	223	223	64.4	64.4	64.4	64.40	243.866	70.426
1	16	42	42	42	42	8.35	8.35	8.35	8.35	400.553	79.634
1	20	292	291	292	291.7	41	40	41	40.67	626.747	87.387
1	25	360	361	360	360.3	34.7	34.8	34.7	34.73	980.177	94.481
1	32	370	370	369	369.7	22.3	22.3	22.3	22.30	1606.924	96.937
10	32	370	369	369	369.3	252	252	252	251.67	235.619	98.901
10	50	126	126	126	126	4	4	4	4.00	376.991	11.968
10	64	237	237	237	237	2.2	2.1	2.1	2.13	627.690	5.650
10	80	124	124	124	124	2.6	2.6	2.6	2.60	989.602	20.750
10	100	132	132	132	132	0.8	0.9	0.9	0.87	1555.088	10.210
10	125	184	184	184	184	0.6	0.5	0.6	0.57	2438.661	7.510
10	160	194	194	194	194	0.4	0.5	0.4	0.43	4005.531	8.947
10	200	188	188	188	188	0.3	0.3	0.2	0.27	6267.477	8.890
50	250	230	230	230	230	9.3	9.4	9.3	9.33	1884.955	76.491
50	320	235	235	235	235	6.4	6.5	6.4	6.43	3138.451	85.918
50	400	235	235	235	235	4.2	4.2	4.2	4.20	4948.008	88.432
50	500	61	61	61	61	0.7	0.7	0.7	0.70	7775.442	89.226
50	640	67	67	67	67	0.4	0.5	0.5	0.47	12789.424	89.081



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 3. Datos SEV 3 Iza

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA												
		ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
		FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
						X: 1121600			Y: 1112310			
SEV 3												
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)	
		1	2	3		1	2	3				
1	3.2	319	319	319	319	1684	1685	1684	1684.33	14.514	76.635	
1	4	207	207	207	207	707	708	708	707.67	23.562	60.413	
1	5	126	126	126	126	286	286	286	286.00	37.699	64.178	
1	6.4	193	193	193	193	298	298	298	298.00	62.769	72.688	
1	8	117	117	117	117	128	128	128	128.00	98.960	81.198	
1	10	101	101	101	101	71.3	71.3	71.2	71.27	155.509	82.297	
1	12.5	110	110	110	110	52	52	52	52.00	243.866	86.462	
1	16	145	144	145	144.7	45.5	45.5	45.5	45.50	400.553	94.485	
1	20	106	106	106	106	21.5	21.5	21.5	21.50	626.747	95.343	
1	25	59	59	59	59	7	7	7	7.00	980.177	87.219	
1	32	75	75	75	75	5.7	5.7	5.7	5.70	1606.924	91.595	
1	40	104	104	104	104	4.8	4.8	4.7	4.77	2511.703	86.340	
10	50	30	30	30	30	8.7	8.7	8.7	8.70	376.991	81.996	
10	64	114	114	114	114	18	18	18	18.00	627.690	74.332	
10	80	136	136	136	136	11.8	11.8	11.7	11.77	989.602	64.215	
10	100	127	127	126	126.7	6.5	6.4	6.5	6.47	1555.088	59.544	
10	125	103	103	102	102.7	3	3	3.1	3.03	2438.661	54.039	
10	160	135	135	135	135	2.2	2.2	2.1	2.17	4005.531	48.215	
10	200	107	107	107	107	1.1	1.1	1.1	1.10	6267.477	48.324	
10	250	150	150	150	150	4.8	4.8	4.7	4.77	1884.955	43.609	
50	320	141	141	141	141	2.6	2.6	2.6	2.60	3138.451	43.404	
50	400	236	236	236	236	2.8	2.8	2.8	2.80	4948.008	44.029	
50	500	256	256	256	256	1.9	1.8	1.9	1.87	7775.442	42.522	
50	640	256	256	256	256	1.9	1.8	1.8	1.83	12789.424	68.693	



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 4. Datos SEV 4 Iza

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
				X: 1121910			Y: 1110088				
SEV 4											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	147	147	147	147	956	955	957	956.00	14.514	94.391
1	4	139	139	139	139	507	507	508	507.33	23.562	85.998
1	5	169	169	168	168.7	415	414	416	415.00	37.699	92.758
1	6.4	173	172	173	172.7	267	269	270	268.67	62.769	97.668
1	8	157	157	157	157	159	158	159	158.67	98.960	100.011
1	10	124	124	123	123.7	74	73	72	73.00	155.509	91.796
1	12.5	104	104	105	104.3	39	38	37	38.00	243.866	88.820
1	16	98	97	98	97.7	24	26	25	25.00	400.553	102.531
1	20	129	129	131	129.7	21	22	22	21.67	626.747	104.726
1	25	87	87	86	86.7	8.7	8.7	8.7	8.70	980.177	98.395
10	32	87	89	88	88	56.5	56.5	56.5	56.50	145.142	93.187
10	40	119	118	118	118.3	47.6	47.6	47.7	47.63	235.619	94.845
10	50	74	75	74	74.3	17.1	17	17.3	17.13	376.991	86.894
10	64	91	91	90	90.7	12.7	12.6	12.5	12.60	627.690	87.230
10	80	52	52	51	51.7	4.3	4.2	4.3	4.27	989.602	81.722
10	100	35	35	35	35	1.7	1.8	1.9	1.80	1555.088	79.976
10	125	111	111	110	110.7	3.3	3.4	3.5	3.40	2438.661	74.923
10	160	108	107	107	107.3	1.8	1.9	2	1.90	4005.531	70.905
50	200	103	102	102	102.3	6.2	6.3	6.3	6.27	6267.477	72.144
50	250	120	121	122	121	4.7	4.7	4.8	4.73	1884.955	73.737
50	320	124	123	122	123	3.5	3.6	3.6	3.57	3138.451	91.007
50	400	194	194	195	194.3	3.6	3.7	3.7	3.67	4948.008	93.359
50	500	72	72	73	72.3	1	1	1.2	1.07	7775.442	114.661
50	640	62	61	63	62	0.6	0.7	0.7	0.67	12789.424	137.521



ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



Tabla 5. Datos SEV 1 Cuitiva

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015					COORDENADAS		X: 1121815		Y: 1111090	
SEV 1											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ω m)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	57	57	57	57	1665	1665	1665	1665	14.514	423.966
1	4	63	63	63	63	1022	1022	1022	1022	23.562	377.242
1	5	59	59	59	59	655	655	655	655	37.699	418.524
1	6.4	57	57	57	57	394	394	394	394	62.769	433.877
1	8	54	54	54	54	200	200	200	200	98.960	366.519
1	10	56	56	56	56	138	138	138	138	155.509	383.218
1	12.5	65	65	65	65	87	87	87	87	243.866	326.405
1	16	76	76	76	76	63.7	63.7	63.7	63.7	400.553	335.727
1	20	72	72	72	72	35.1	35.1	35.1	35.1	626.747	285.636
1	25	58	58	58	58	14.4	14.4	14.4	14.4	980.177	243.354
1	32	65	65	65	65	9.36	9.35	9.35	9.35	1606.924	231.224
10	40	67	67	67	67	61.4	61.4	61.4	61.4	235.619	215.926
10	50	68	68	68	68	33	33	33	33	376.991	182.952
10	64	89	89	89	89	27.1	27.2	27.2	27.17	627.690	191.601
10	80	86	86	86	86	16	26	26	22.67	989.602	260.864
10	100	107	107	107	107	10.9	10.4	10.4	10.57	1555.088	153.571
10	125	70	70	70	70	4.3	4.3	4.3	4.3	2438.661	149.803
10	160	232	232	232	232	6.6	6.6	6.6	6.6	4005.531	115.159
10	200	131	131	131	131	2	2	2	2	6267.477	95.687
50	250	75	75	75	75	3.2	3.2	3.2	3.2	1884.955	80.425
50	320	98	98	98	98	2.3	2.3	2.3	2.3	3138.451	73.658
50	400	137	137	137	137	2	2	2	2	4948.008	72.234
50	500	235	235	235	235	2	2	2	2	7775.442	66.174
50	640	235	235	235	235	2	2	2	2	12789.424	108.846



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 6. Datos SEV 2 Cuitiva

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
		ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ									
		FECHA: 18 Abril 2015				COORDENADAS					
				X: 1121500				Y: 1110500			
SEV 2											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	58	58	60	58.67	1765	1766	1765	1765.33	14.514	436.744
1	4	59	60	62	60.33	1096	1096	1096	1096	23.562	428.020
1	5	53	55	54	54	598	599	598	598.33	37.699	417.715
1	6.4	51	51	54	52	355	356	356	355.67	62.769	434.900
1	8	54	55	54	54.33	598	599	598	598.33	98.960	389.776
1	10	60	60	62	60.67	153	152	153	152.67	155.509	391.335
1	12.5	60	62	61	61	86	86	85	85.67	243.866	342.479
1	16	58	59	61	59.33	42	42	41	41.67	400.553	281.287
1	20	55	56	57	56	22	22	21	21.67	626.747	242.492
1	25	58	58	58	58	13	13	15	13.67	980.177	230.961
1	32	55	55	56	55.33	7.7	7.7	7.8	7.73	1606.924	224.582
10	40	59	59	62	60	5.9	5.9	6	5.93	235.619	23.300
10	50	55	55	55	55	34.3	34.3	34.3	34.30	376.991	235.105
10	64	72	72	71	71.67	29.8	29.8	29.7	29.77	627.690	260.710
10	80	53	52	51	52	13.7	13.8	13.7	13.73	989.602	261.356
10	100	58	58	57	57.67	10	11	12	11	1555.088	296.635
10	125	65	66	64	65	6.1	6.1	6.2	6.13	2438.661	230.110
10	160	56	58	54	56	3.3	3.3	3.2	3.27	4005.531	233.656
10	200	60	62	66	62.67	2	2	2.1	2.03	6267.477	203.360
10	250	60	62	61	61	1.1	1.1	1	1.07	1884.955	171.397
50	320	73	73	73	73	3	3	3.2	3.07	3138.451	131.844
50	400	70	69	72	70.33	1.5	1.6	1.7	1.60	4948.008	112.561
50	500	62	62	63	62.33	0.8	0.8	0.7	0.77	7775.442	95.634
50	640	84	86	88	86	0.7	0.7	0.8	0.73	12789.424	109.057
50	720	96	94	80	90	0.6	0.5	0.6	0.57	16207.476	102.047



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 7. Datos SEV 3 Cuitiva

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
				X: 1121500			Y: 1109800				
SEV 3											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	75	75	75	75.00	2241	2241	2240	2240.67	14.514	433.619
1	4	78	78	78	78.00	1260	1261	1260	1260.33	23.562	380.717
1	5	65	65	64	64.67	638	637	638	637.67	37.699	371.744
1	6.4	78	78	77	77.67	493	493	492	492.67	62.769	398.166
1	8	67	66	67	66.67	261	261	262	261.33	98.960	387.924
1	10	61	62	61	61.33	138	137	139	138.00	155.509	349.895
1	12.5	67	67	66	66.67	103	102	104	103.00	243.866	376.773
1	16	81	81	80	80.67	66	67	65	66.00	400.553	327.725
1	20	69	69	68	68.67	33	34	32	33.00	626.747	301.204
1	25	66	66	67	66.33	17.1	17	17.2	17.10	980.177	252.679
1	32	69	69	69	69.00	8.5	8.4	8.3	8.40	1606.924	195.626
10	40	74	74	73	73.67	50	50	49	49.67	235.619	158.857
10	50	72	72	71	71.67	22.5	22.4	22.6	22.50	376.991	118.358
10	64	79	78	79	78.67	11	12	13	12.00	627.690	95.749
10	80	73	73	72	72.67	5.7	5.8	55.7	22.40	989.602	78.019
10	100	67	68	66	67.00	3.1	3	3.1	3.07	1555.088	71.178
10	125	84	84	83	83.67	2.5	2.4	2.5	2.47	2438.661	71.897
10	160	66	65	66	65.67	1.3	1.3	1.2	1.27	4005.531	77.264
10	200	72	71	70	71.00	1	1	1	1.00	6267.477	88.274
50	250	83	82	83	82.67	4.4	4.3	4.2	4.30	1884.955	98.048
50	320	62	62	61	61.67	2.3	2.3	2.2	2.27	3138.451	115.359
50	400	44	44	43	43.67	1.1	1.2	1.2	1.17	4948.008	132.199
50	500	52	51	52	51.67	0.9	0.9	1	0.93	7775.442	140.460
50	640	59	59	60	59.33	0.6	0.6	0.8	0.67	12789.424	143.701



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 8. Datos SEV 4 Cuitiva

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
				X: 1122900			Y: 1109100				
SEV 2											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	42	43	43	42.67	1392	1392	1391	1391.67	14.514	473.411
1	4	49	49	52	50.00	953	953	952	952.67	23.562	448.934
1	5	49	49	50	49.33	502	501	503	502.00	37.699	383.614
1	6.4	48	47	48	47.67	223	224	225	224.00	62.769	294.971
1	8	51	51	51	51.00	100	100	100	100.00	98.960	194.040
1	10	53	53	52	52.67	53.5	53.5	53.4	53.47	155.509	157.871
1	12.5	58	58	57	57.67	30.6	30.5	30.6	30.57	243.866	129.263
1	16	40	41	42	41.00	11.5	11.4	11.6	11.50	400.553	112.350
1	20	47	47	48	47.33	6.4	6.3	6.4	6.37	626.747	84.302
1	25	31	30	31	30.67	2.4	2.4	2.4	2.40	980.177	76.709
1	32	39	39	40	39.33	18.4	18.4	18.4	18.40	1606.924	75.171
1	40	32	38	38	36.00	9.31	9.3	9.31	9.31	2511.703	64.932
10	50	30	33	32	31.67	5.9	6	5.9	5.93	376.991	70.636
10	64	30	28	28	28.67	2.6	2.6	2.6	2.60	627.690	56.930
10	80	34	30	34	32.67	1.8	1.8	1.8	1.80	989.602	54.529
10	100	29	29	29	29.00	1.2	1.2	1.2	1.20	1555.088	64.348
10	125	32	34	36	34.00	0.9	0.9	1	0.93	2438.661	66.944
10	160	34	29	32	31.67	0.5	0.5	0.4	0.47	4005.531	59.029
10	200	42	26	28	32.00	0.4	0.4	0.4	0.40	6267.477	78.343
10	250	48	34	30	37.33	0.4	0.4	0.4	0.40	1884.955	105.019
50	320	42	42	42	42.00	1.9	2	2	1.97	3138.451	146.959
50	400	42	42	42	42.00	1.5	1.5	1.5	1.50	4948.008	176.715
50	500	47	47	47	47.00	1.1	1.1	1.1	1.10	7775.442	181.978
50	640	55	55	55	55.00	0.9	0.9	0.9	0.90	12789.424	209.281



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 9. Datos SEV 1 Firavitoba

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
		ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ									
		FECHA: 18 Abril 2015				COORDENADAS					
				X: 1119090				Y: 1120300			
SEV 1											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	43	44	45	44.00	1807	1807	1808	1807.33	14.514	596.180
1	4	52	54	53	53.00	1160	1161	1162	1161	23.562	516.140
1	5	43	45	44	44.00	474	475	474	474.33	37.699	406.408
1	6.4	53	53	55	53.67	289	289	291	289.67	62.769	338.797
1	8	43	45	44	44.00	101	102	103	102.00	98.960	229.408
1	10	44	46	45	45.00	48.2	48.1	48.1	48.13	155.509	166.337
1	12.5	46	47	48	47.00	22.9	22.8	22.9	22.87	243.866	118.647
1	16	49	50	52	50.33	11.6	11.6	11.7	11.63	400.553	92.578
1	20	53	55	54	54.00	7.2	7.1	7	7.10	626.747	82.406
1	25	63	66	65	64.67	4.9	4.9	5	4.93	980.177	74.776
1	32	59	60	62	60.33	2.6	2.6	2.8	2.67	1606.924	71.024
10	40	59	60	62	60.33	14.7	14.7	14.8	14.73	235.619	57.538
10	50	53	53	55	53.67	7.3	7.2	7.5	7.33	376.991	51.514
10	64	60	62	61	61.00	4.6	4.7	4.6	4.63	627.690	47.677
10	80	47	47	48	47.33	2.1	2.1	2.2	2.13	989.602	44.602
10	100	46	47	46	46.33	1.3	1.5	1.7	1.50	1555.088	50.345
10	125	42	43	45	43.33	0.8	0.9	1	0.90	2438.661	50.649
10	160	36	37	38	37.00	0.5	0.6	0.6	0.57	4005.531	61.346
50	200	45	46	47	46.00	1.9	2	2.1	2.00	6267.477	51.222
50	250	42	44	42	42.67	1.2	1.2	1.2	1.20	1884.955	53.014
50	320	38	40	39	39.00	0.8	0.8	0.8	0.80	3138.451	64.378
50	400	44	46	45	45.00	0.7	0.7	0.7	0.70	4948.008	76.969
50	500	40	41	42	41.00	0.5	0.5	0.5	0.50	7775.442	94.822
50	640	40	44	42	42.00	0.3	0.3	0.3	0.30	12789.424	91.353



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 10. Datos SEV 2 Firavitoba

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
		ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ									
		FECHA: 18 Abril 2015				COORDENADAS					
				X: 1119800				Y: 1119500			
SEV 2											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	99	99	99	99.00	1009	1009	1009	1009	14.514	147.927
1	4	100	100	100	100	630	631	631	630.67	23.562	148.597
1	5	106	106	106	106	406	406	406	406.00	37.699	144.395
1	6.4	100	100	100	100	229	229	229	229.00	62.769	143.741
1	8	98	98	98	98.00	142	143	142	142.33	98.960	143.728
1	10	78	78	78	78.00	74	74	74	74.00	155.509	147.534
1	12.5	66	66	66	66.00	40.4	40.4	40.4	40.40	243.866	149.276
1	16	165	165	165	165	74.1	74.1	74.1	74.10	400.553	179.885
1	20	148	148	148	148	37.9	37.9	37.8	37.87	626.747	160.498
1	25	70	70	70	70.00	13.1	13.2	13.1	13.13	980.177	183.900
1	32	107	107	107	107	12	12.1	12	12.03	1606.924	180.716
10	40	128	128	128	128	8.7	8.7	8.7	8.70	235.619	16.015
10	50	63	63	63	63.00	2.3	2.4	2.3	2.33	376.991	13.963
10	64	118	118	118	118	2.7	2.71	2.7	2.70	627.690	14.380
10	80	127	127	127	127	1.82	1.81	1.8	1.81	989.602	14.104
10	100	97	97	97	97.00	0.8	0.9	0.9	0.87	1555.088	13.894
10	125	91	91	91	91.00	0.5	0.5	0.5	0.50	2438.661	13.399
10	160	94	94	94	94.00	0.3	0.3	0.3	0.30	4005.531	12.784
10	200	136	136	136	136	0.3	0.2	0.3	0.27	6267.477	12.289
50	250	119	119	119	119	7.1	7	7	7.03	1884.955	111.408
50	320	182	182	182	182	6.4	6.4	6.4	6.40	3138.451	96.664
50	400	98	98	98	98.00	2.1	2.2	2.1	2.13	4948.008	107.712
50	500	158	158	158	158	2.2	2.2	2.2	2.20	7775.442	108.266
50	640	89	89	89	89.00	0.7	0.7	0.7	0.70	12789.424	100.591



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 11. Datos SEV 3 Firavitoba

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA												
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ											
	FECHA: 18 Abril 2015					COORDENADAS						
						X: 1120750			Y: 1117750			
SEV 3												
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)	
		1	2	3		1	2	3				
1	3.2	108	107	108	107.7	1142	1143	1142	1142.33	14.514	153.994	
1	4	80	80	80	80.00	516	517	517	516.67	23.562	152.171	
1	5	62	61	62	61.67	242	242	242	242.00	37.699	147.944	
1	6.4	94	94	93	93.67	206	207	207	206.67	62.769	138.494	
1	8	78	78	77	77.67	102	102	101	101.67	98.960	129.540	
1	10	69	69	68	68.67	56	57	56	56.33	155.509	127.578	
1	12.5	68	68	67	67.67	342	343	342	342.33	243.866	123.375	
1	16	62	61	62	61.67	17.8	17.8	17.7	17.77	400.553	115.403	
1	20	54	54	53	53.67	10.1	10.1	10	10.07	626.747	117.564	
1	25	63	63	62	62.67	7.6	13.2	13.1	11.30	980.177	118.351	
1	32	64	63	64	63.67	4.5	4.5	4.4	4.47	1606.924	112.737	
1	40	66	65	66	65.67	3	3	2.9	2.97	2511.703	113.473	
10	50	90	90	90	90.00	26.3	26.3	26.2	26.27	376.991	110.026	
10	64	60	60	60	60.00	10	10	11	10.33	627.690	108.102	
10	80	63	63	62	62.67	6.3	6.3	6.2	6.27	989.602	98.960	
10	100	58	58	57	57.67	3.3	3.3	3.2	3.27	1555.088	88.092	
10	125	68	68	67	67.67	2.3	2.3	2.2	2.27	2438.661	81.689	
10	160	56	55	55	55.33	1.1	1	1.1	1.07	4005.531	77.215	
10	200	74	74	74	74.00	0.9	0.9	0.9	0.90	6267.477	76.226	
50	250	61	61	60	60.67	2.3	2.2	2.3	2.27	1884.955	70.427	
50	320	79	78	79	78.67	1.9	1.8	1.9	1.87	3138.451	74.472	
50	400	61	61	61	61.27	0.9	0.9	0.8	0.87	4948.008	69.994	
50	500	74	73	74	73.67	0.7	0.7	0.6	0.67	7775.442	70.366	
50	640	76	75	76	75.67	0.5	0.4	0.4	0.43	12789.424	73.243	



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



Tabla 12. Datos SEV 4 Firavitoba

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA											
	ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA Y FIRAVITIBA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ										
	FECHA: 18 Abril 2015			COORDENADAS							
				X: 1121000			Y: 1116850				
SEV 4											
MN/2 (m)	AB/2 (m)	I (mA)			Prom	ΔU (mV)			Prom	K (m)	pa (Ωm)
		1	2	3		1	2	3			
1	3.2	301	301	300	300.7	5147	5147	5147	5147.00	14.514	186.347
1	4	350	350	349	349.7	3721	3721	3721	3721.00	23.562	188.052
1	5	250	251	250	250.3	1731	1731	1731	1731.00	37.699	195.511
1	6.4	267	267	268	267.3	1053	1053	1053	1053.00	62.769	185.431
1	8	261	261	260	260.7	639	639	638	638.67	98.960	181.849
1	10	228	227	228	227.7	361	361	361	361.00	155.509	184.937
1	12.5	283	283	283	283	294	294	294	294.00	243.866	190.009
1	16	248	248	248	248	158	158	157	157.67	400.553	190.990
1	20	266	266	266	266	116	116	116	116.00	626.747	204.989
1	25	173	173	173	173	49.6	50	50	49.87	980.177	211.900
1	32	171	171	171	171	28.3	28.3	28.3	28.30	1606.924	199.456
1	40	182	182	182	182	19	19	18	18.67	2511.703	193.208
10	50	163	162	161	162	101	102	101	101.33	376.991	176.860
10	64	169	169	169	169	54.1	54.1	54.1	54.10	627.690	150.714
10	80	134	134	133	133.7	22.8	22.8	22.8	22.80	989.602	126.600
10	100	194	193	194	193.7	14.9	14.9	14.9	14.90	1555.088	89.732
10	125	220	220	220	220	8.3	8.4	8.3	8.33	2438.661	69.280
10	160	309	309	309	309	6.4	6.4	6.4	6.40	4005.531	62.222
10	200	193	193	193	193	2.4	2.4	2.4	2.40	6267.477	58.453
50	250	148	147	148	147.7	6	6.1	6	6.03	1884.955	57.761
50	320	245	245	245	245	6.6	6.1	6.1	6.27	3138.451	60.207
50	400	221	221	220	220.7	4.2	4.2	4.2	4.20	4948.008	70.632
50	500	86	86	86	86	1.1	1.1	1.1	1.10	7775.442	74.590
50	640	83	83	83	83	0.7	0.7	0.7	0.70	12789.42	80.897



ANEXO 7. RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN DE LOS S.E.V.



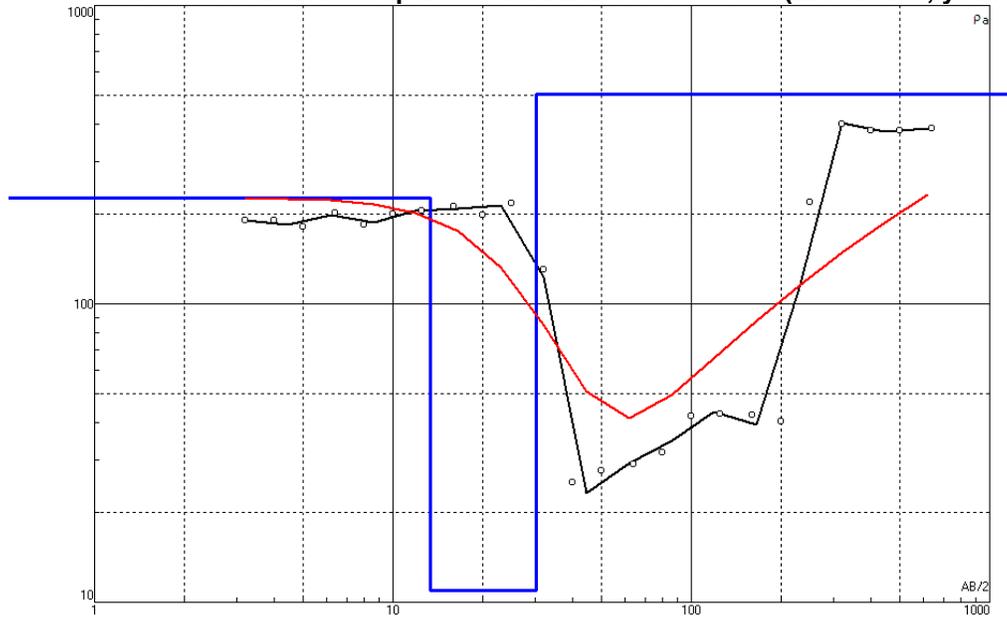
**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SECTOR IZA

SEV 1

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1120100, y: 1114100)



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	227	13,3		Areniscas arcillosas
2	11	16,9		Areniscas saturadas
3	504	-		Areniscas compactas

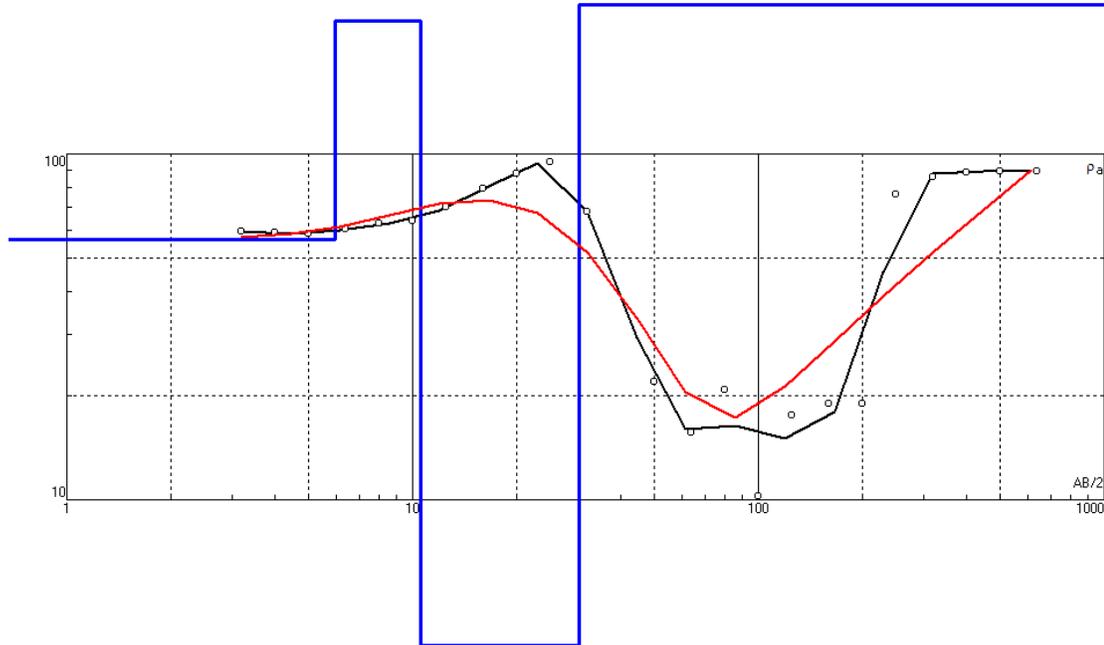


**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 2

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121450, y: 1113500)



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	56,6	5,97		Arcillas
2	242	4,58		Areniscas Arcillosas
3	3,79	19,8		Areniscas saturadas
4	354	-		Areniscas compactas

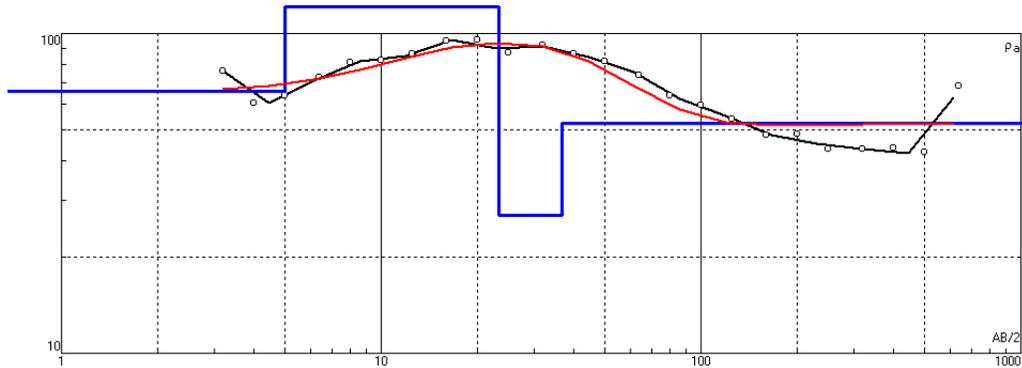


**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 3

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121600, y: 1112310)



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	66	5		Arcillas
2	121	18,3		Areniscas arcillosas
3	27	13,4		Areniscas saturadas
4	52,4	-		

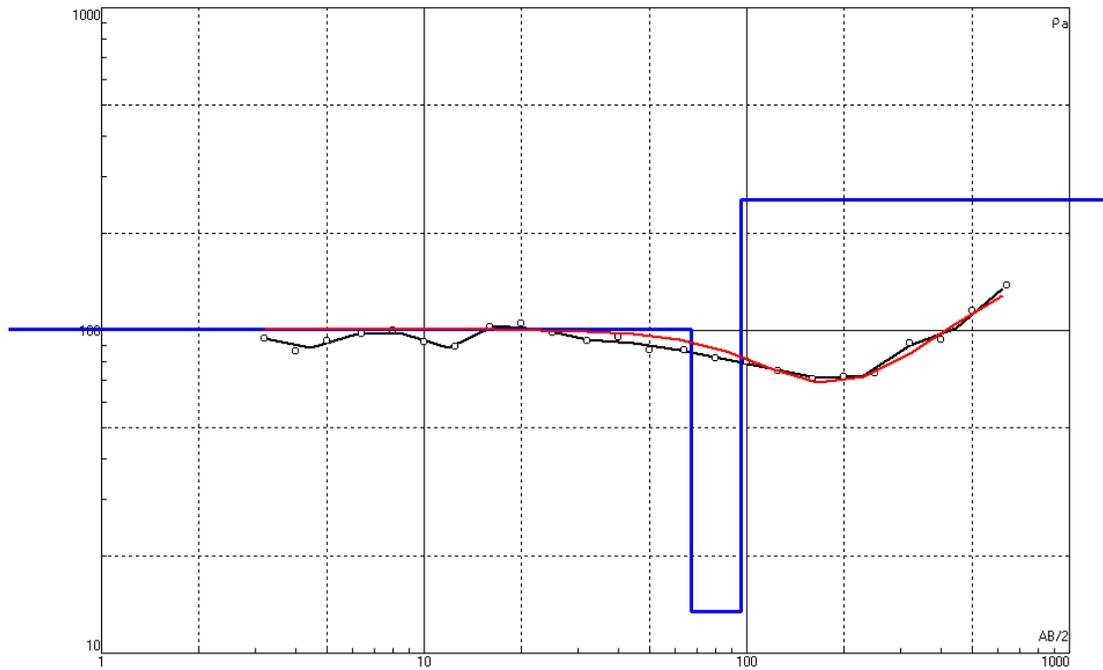


**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 4

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121910, y: 1110088)



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	101	67,3		Areniscas arcillosas
2	13,5	28,7		Areniscas saturadas
3	255	-		Areniscas arcillosas

SECTOR CUITIVA

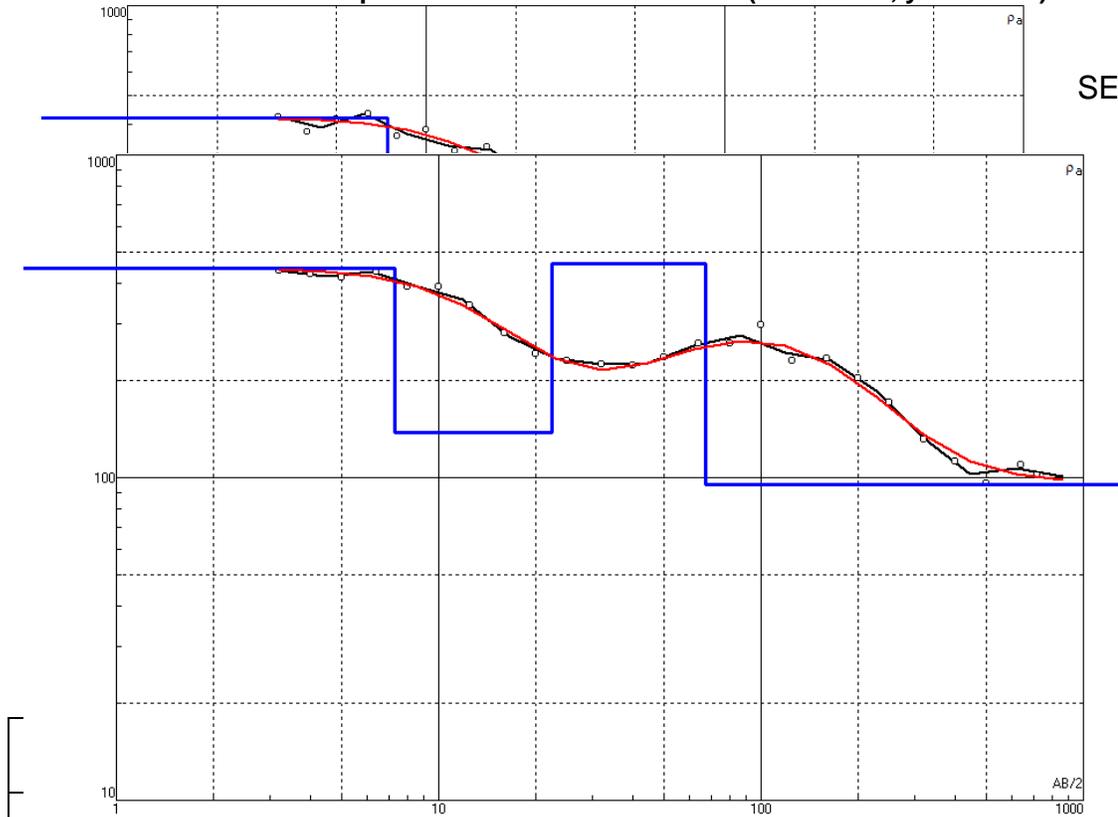


**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 1

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121815, y: 1111090)



SEV 2

1	419,89	1,42		compactas
2	200,83	50,42		Areniscas arcillosas
3	74,65	-		Arcillas

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121500, y: 1110500)



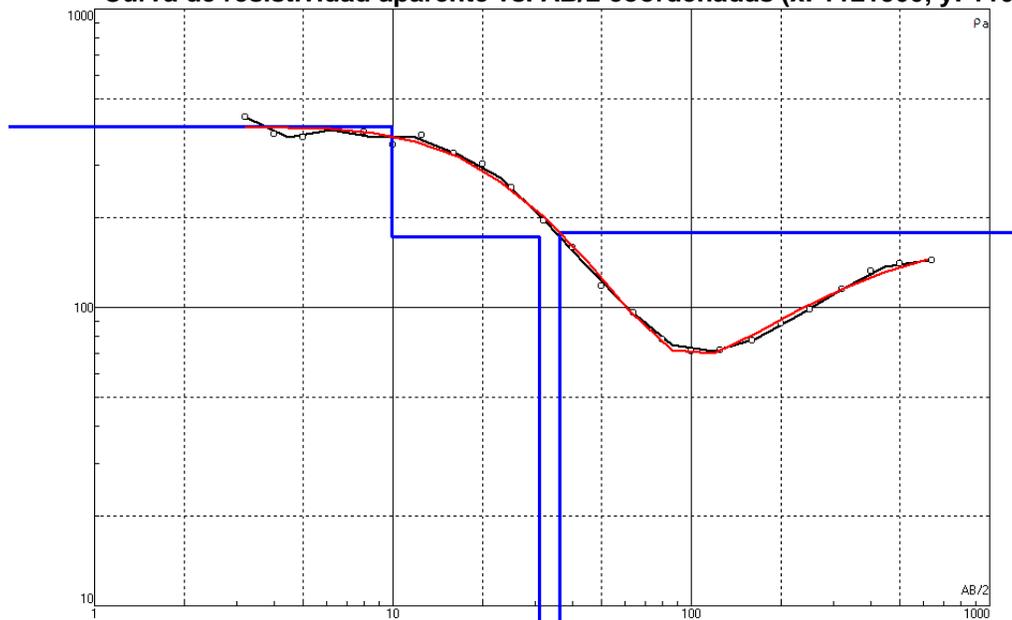
**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLÓGÍA	DESCRIPCIÓN
1	444	7,32		Areniscas compactas
2	138	15,1		Areniscas arcillosas
3	460	44,9		Areniscas compactas
4	95,4	-		Arcillas

SEV 3

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121500, y: 1109800)

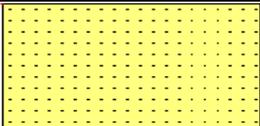
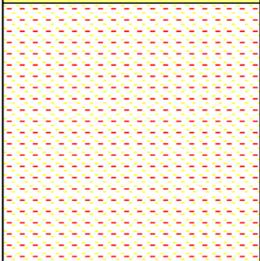
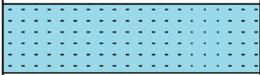
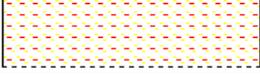


CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLÓGÍA	DESCRIPCIÓN
------	---	----------------	-----------	-------------



**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



1	405	9,93		Areniscas compactas
2	172	21		Areniscas arcillosas
3	4,84	5,43		Areniscas saturadas
4	178	-		Areniscas arcillosas

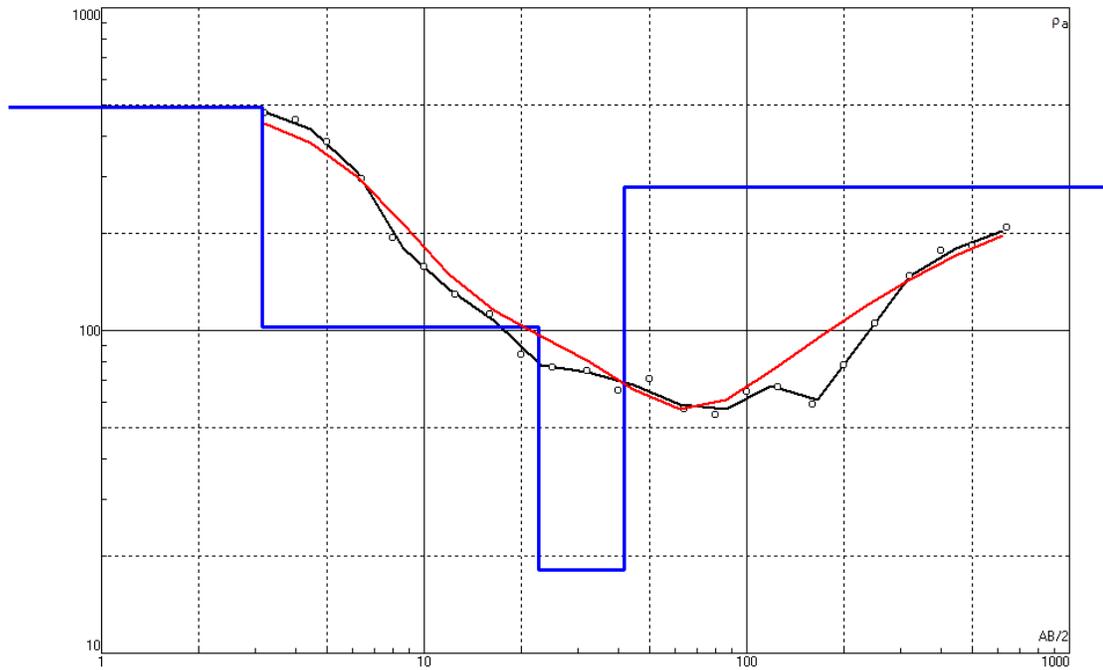


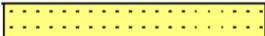
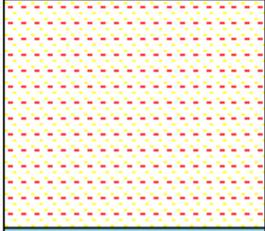
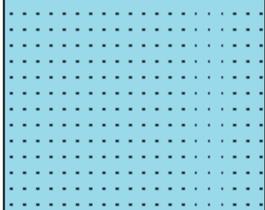
**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 4

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1122900, y: 1109100)



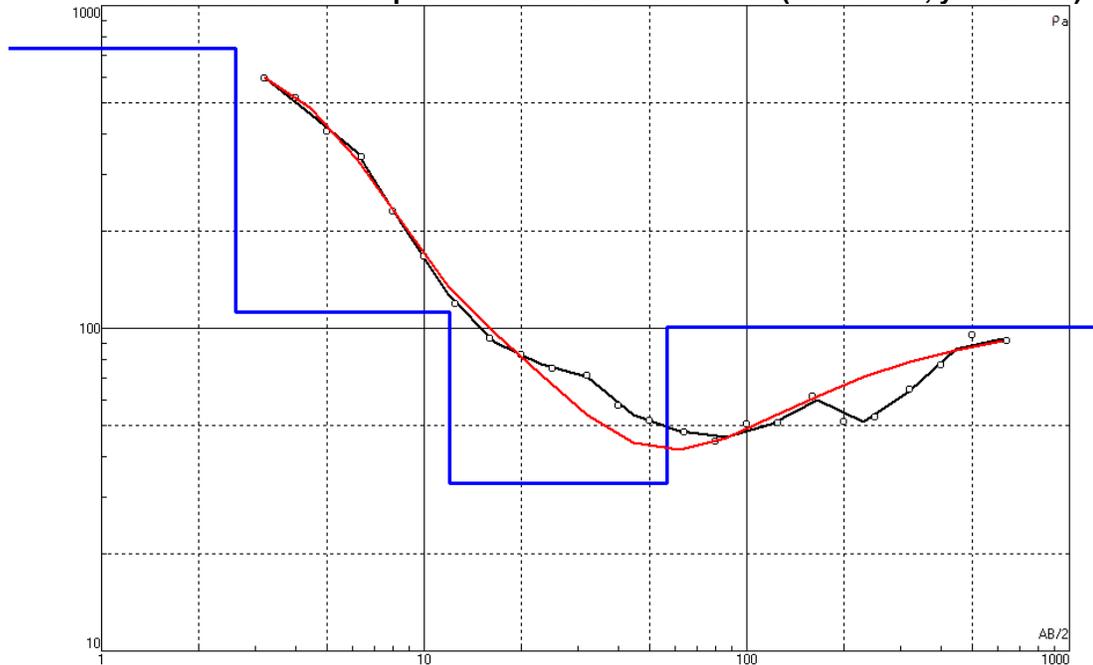
CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	492	3,15		Areniscas compactas
2	103	19,5		Areniscas arcillosas
3	18,1	19,1		Areniscas saturadas
4	278	-		Areniscas arcillosas



SECTOR FIRAVITOBA

SEV 1

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1119090, y: 1120300)



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	737	2,6		Conglomerado
2	112	9,39		Areniscas arcillosas
3	33,1	44,6		Arenisca saturada
4	101	-		Arenisca arcillosa

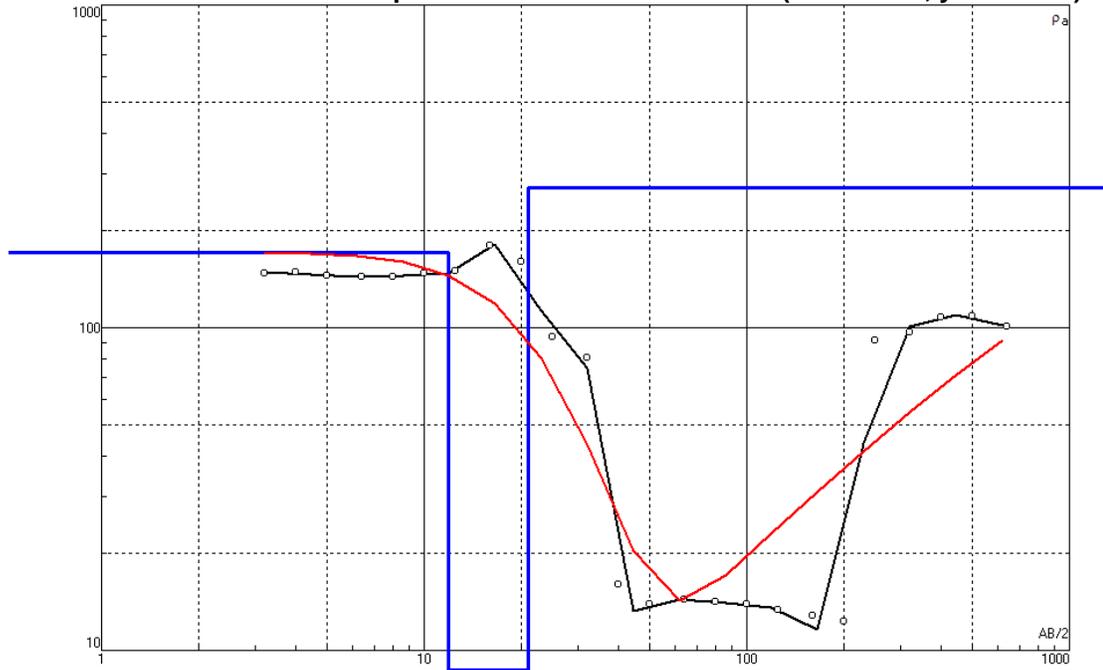


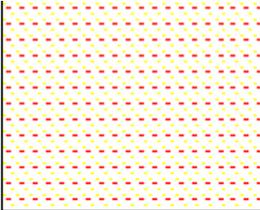
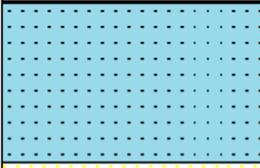
**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUÍTIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 2

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1119800, y: 1119500)



CAPA	RESISTIVIDAD pa (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	171	11,9		Areniscas arcillosas
2	1,94	9,13		Areniscas saturadas
3	271	-		Areniscas arcillosas

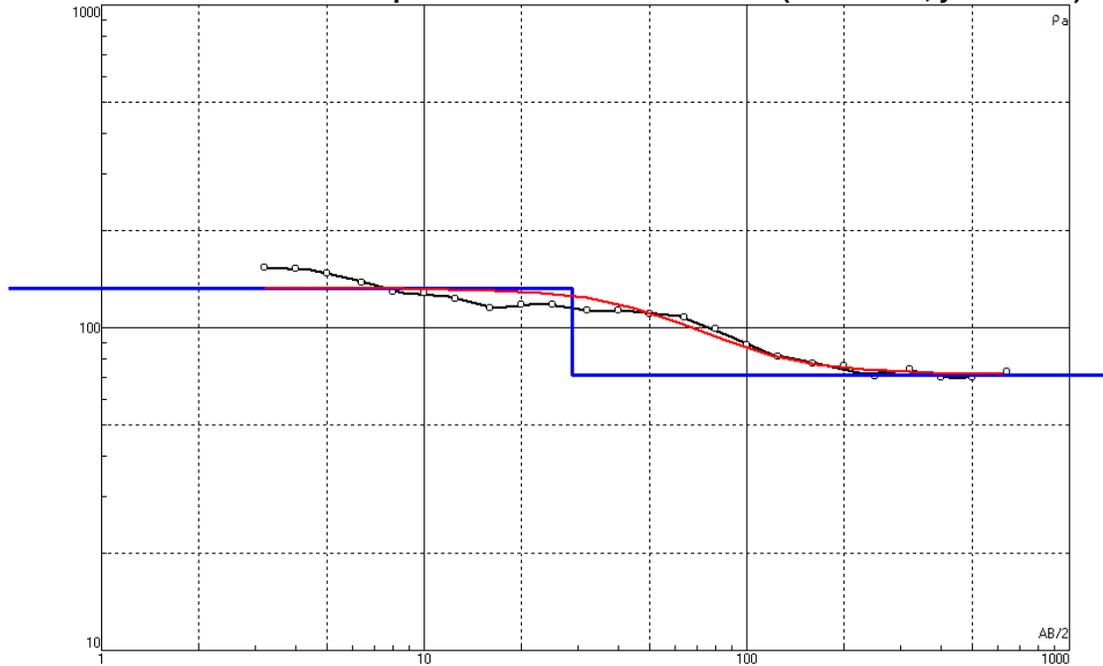


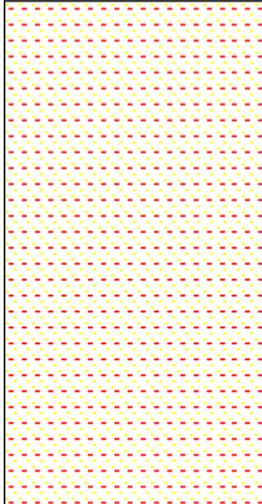
**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 3

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1120750, y: 1117750)



CAPA	RESISTIVIDAD ρ_a (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	132	28,7		Areniscas arcillosas
2	71,5	-		Arcillas

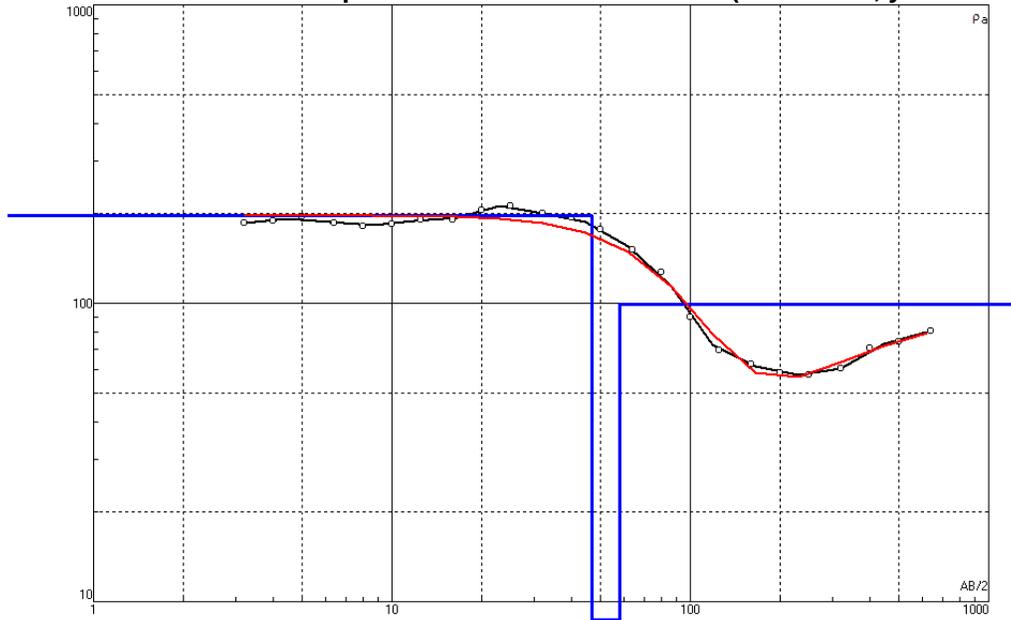


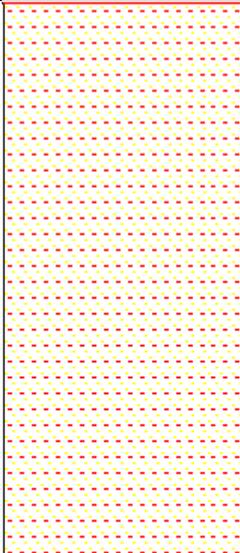
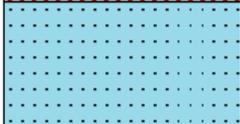
**ESTUDIO GEOELÉCTRICO A PARTIR DE MÉTODO SEV PARA LA
MODELACIÓN DE ACUÍFEROS EN LOS SECTORES DE IZA, CUITIVA
Y FIRAVITIBA-DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



SEV 4

Curva de resistividad aparente vs. AB/2 coordenadas (x: 1121000, y: 1116850)



CAPA	RESISTIVIDAD pa (Ωm)	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	196	46,8		Areniscas arcillosas
2	5,14	11,3		Areniscas saturadas
3	98,8	-		Arcillas