



Libertad y Orden

ÁREA:
RECURSOS DEL SUBSUELO

**PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN
TONA - SANTANDER**

Valledupar, diciembre de 2009

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
SERVICIO GEOLÓGICO
INGEOMINAS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INGEOMINAS



ÁREA: RECURSOS DEL SUBSUELO

**PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA EN EL PÁRAMO DE BERLÍN
TONA - SANTANDER**

Por:
José Vicente Franco Serna
Ing. Geólogo

Valledupar, julio de 2009



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN. | 6 |
| 1.1. LOCALIZACIÓN. | 6 |
| 1.2. OBJETIVOS. | 8 |
| 1.2.1. Generales. | 8 |
| 1.2.2. Específicos. | 8 |
| 1.3. METODOLOGÍA Y MARCO TEÓRICO. | 8 |
| 1.3.1. Marco Teórico. | 9 |
| 1.3.2. Correlación litológica. | 10 |
| 1.4. AGRADECIMIENTOS. | 11 |
| 2. MARCO LITOLÓGICO. | 12 |
| 3. GEOELÉCTRICA. | 19 |
| 3.1. CORTES GEOELÉCTRICOS. | 19 |
| 3.1.1. Cortes Geoelectricos N - E. | 21 |
| 3.1.1.1. Corte geoelectrico NE-01. | 21 |
| 3.1.1.2. Corte geoelectrico NE-02. | 22 |
| 3.1.2. Cortes Geoelectricos N - W. | 24 |
| 3.1.2.1. Corte geoelectrico NW-01. | 24 |
| 3.1.2.2. Corte geoelectrico NW-02. | 25 |
| 3.1.3. Corte Geoelectricos W - E. | 27 |
| 3.2. MAPAS DE ISO-RESISTIVIDADES. | 29 |
| 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS. | 31 |
| 5. CONCLUSIONES. | 36 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA. | 37 |

ANEXO 1. DATOS DE CAMPO DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

ANEXO 2. CURVAS INTERPRETADAS DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES



Libertad y Orden

RESUMEN

Dentro del trabajo continuado que realiza el INGEOMINAS en la búsqueda de aguas subterráneas, el proyecto del Modelo Geológico Integral y Potencial de Recursos en el Territorio Colombiano (G1-07) para la región de Santander, se realizó el presente reconocimiento geoelectrico en la zona superior del Macizo de Santander, concretamente en el Páramo de Berlín. Se realizaron 18 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), con los cuales se elaboraron cinco cortes geoelectricos y un modelo 3D de resistividades. Comprende el área los alrededores hacia el sur del corregimiento de Berlín, jurisdicción del municipio de Tona - Santander, donde afloran rocas ígneas, metamórficas Formación Silgará (pDs), el Ortogneis de Berlín (pDo), las Cuarzomonzonitas de Santa Bárbara (Jrcs) y Unidades Cuaternarias, pertenecientes a los depósitos Fluvio-glaciares.

Con base en una escala de resistividades logarítmica, se proponen tres rangos principales, las cuales se correlacionan así: Resistividades entre 5 y 210 $\Omega\cdot m$: materiales desde arcillosos, hasta arenas y saprolito, saturados. El rango de 210 a 1008 $\Omega\cdot m$: rocas metamórficas e ígneas fracturadas, las cuales tendrían permeabilidad secundaria. Por último, resistividades altas (desde 1008 y hasta 24331 $\Omega\cdot m$, en este caso): rocas ígneas y metamórficas compactas, cuya resistividad es mayor cuanto menor sea su grado de fractura.

Palabras clave: Geoelectrica, SEV.

ABSTRACT

Within the continued work that the INGEOMINAS carry out in the search for underground waters, the project of the Integral and Potential of Resources in the Colombian Territory Geological Model (G1-07) for the region of Santander. The present geoelectrical model was made in the Upper Zone of Berlin Páramo (Santander Department), 18 Vertical Electrical Sounding (VES) were taken, with which 5 geoelectrical cuts and a 3D model of resistivities were elaborated, located in an igneous and metamorphic rocks environment, from Silgará Formation (pDs), Ortogneis from Berlin (pDo), Quartzmonzonites from Santa Bárbara (Jrcs) and other Quaternary Units, that belong to Fluvio-glacial deposits.

Based on a logarithmic scale of resistivities, three principal ranges are proposed, which are correlated in this way: Resistivities between 5 and 210 $\Omega\cdot m$: materials from clays until sands and saturated saprolites. The range between 210 to 1008 $\Omega\cdot m$: for igneous and metamorphic fractured rocks, which would have secondary permeability. Finally, high resistivities (from 1008 until 24331 $\Omega\cdot m$, in this case): for compact igneous and metamorphic rocks, which resistivity is higher how much lower is their grade of fracture.

Key words: Geoelectrical, VES



1. INTRODUCCIÓN

La exploración regional de aguas subterráneas que el INGEOMINAS ha venido realizando en el país desde hace más de 50 años, ha cubierto diversas zonas con ambientes geológicos, edades y materiales diferentes y en esta ocasión se orientó la investigación hacia el comportamiento hidrogeológico (y particularmente geoelectrico) de rocas ígneas y metamórficas de la Formación Silgará (pDs), el Ortoneis de Berlín (pDo), las Cuarzomonzonitas de Santa Bárbara (Jrcs) y Unidades Cuaternarias, pertenecientes a los depósitos Fluvio-glaciares y sedimentarias cementadas de edad Cretácica, cuya porosidad es principalmente secundaria.

El proyecto se realizó en el 2008, donde además se hicieron levantamientos de geofísica regional, en sus modalidades de campos magnéticos y gravimétricos para encontrar el comportamiento de las cuencas y estructuras principales del área, mientras que en la parte superficial se realizaron Sondeos Eléctricos verticales, obteniéndose mapas de iso-resistividad, cortes geoelectricos y un modelo geoelectrico en 3D. Por otro lado, se realizó el inventario de puntos de agua, aljibes y pozos, con la respectiva caracterización; todo esto apoyado en el reconocimiento geológico, tanto litológico como estructural del área.

1.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo cubrió cerca de 40 Km² y se localiza en el municipio de Tona, concretamente en la parte sur del corregimiento de Berlín. Abarca aproximadamente las coordenadas planas con centro en la ciudad de Bogotá: Y = 1'126.000 a 1'132.000; X = 1'280.000 a 1'287.000, planchas 110-III-C y 121-I-A del IGAC (Ver Figura 1.1).

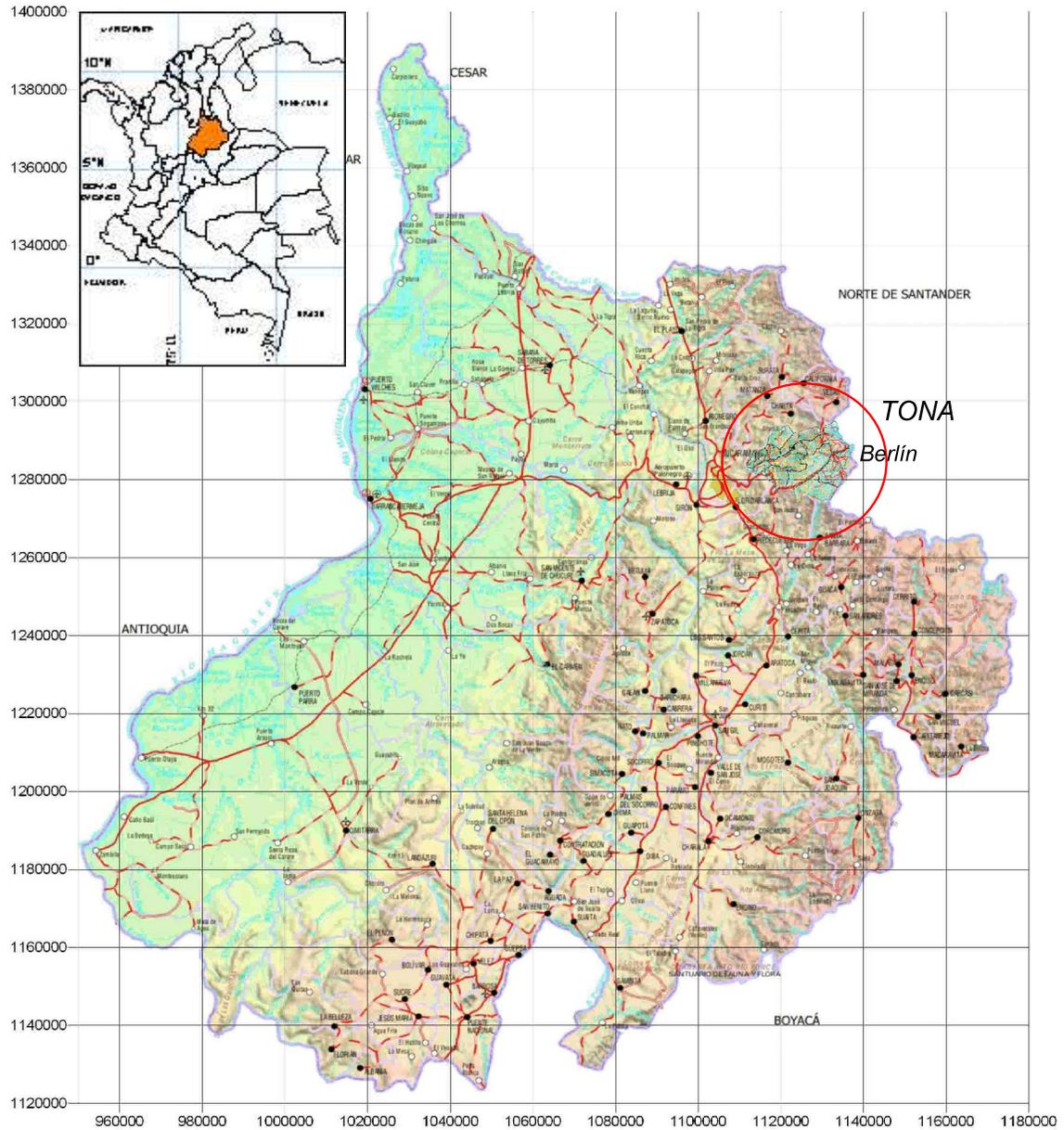


FIGURA 1.1. Localización departamental del área de trabajo en el municipio de Tona.



1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Generales

Realizar la correlación litológica correspondiente de los materiales que conforman la región del páramo de Berlín, con las resistividades encontradas en esta investigación.

1.2.2. Específicos

- Ubicar mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) zonas con potencial acuífero, su continuidad y extensión lateral, así como sus posibles calidades y espesores.
- Definir y confirmar mediante cortes geoelectricos las diferentes estructuras planteadas en superficie.
- Descifrar problemas geológicos específicos.

1.3. METODOLOGÍA Y MARCO TEÓRICO

La distribución espacial de SEV en la zona de estudio se realizó sobre el modelo digital de terreno de la NASA, con resolución de 10' (30.7598 m). Se llevaron a cabo las mediciones de resistividad eléctrica con miras a elaborar perfiles de información del subsuelo mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), utilizando el arreglo simétrico tipo Schlumberger, con un AB/2 máximo de 700 m (Ver Tabla 1.1).

TABLA 1.1. Frecuencia en el AB/2 máximo de los SEV realizados

| AB/2 Máximo | Frecuencia |
|-------------|------------|
| 700 | 13 |
| 559 | 2 |
| 356 | 3 |
| TOTAL | 18 |

1.3.1. Marco Teórico

El método geoelectrico empleado consiste en inyectar al terreno una corriente eléctrica para crear un campo eléctrico, con el fin de medir los contrastes de voltaje resultante de acuerdo con las características físicas del suelo. Se utilizan cuatro electrodos, distanciados simétricamente de un centro común (disposición de electrodos tipo Schlumberger); dos de corriente A y B y dos de voltaje M y N (Figura 1.2). A través de los electrodos A-B se hace circular la corriente, produciéndose el campo eléctrico cuya diferencia de potencial se mide en dos electrodos centrales M-N. La profundidad investigada es proporcional a la abertura media de electrodos A y B y tanto la lectura de corriente (I) como la diferencia de potenciales (V) permiten calcular la resistencia (R) que de acuerdo con la ley de Ohm es:

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

Para un medio homogéneo, la resistividad aparente (ρ_a) se obtiene al multiplicar la resistencia R por una constante geométrica k, la cual depende de la posición relativa de los electrodos entre sí:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)}$$

$$\rho_a = kR$$

Para el dispositivo Schlumberger esta constante es:

$$k = \frac{(AB^2 - MN^2)\pi}{MN \cdot 4}$$

De donde:
$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

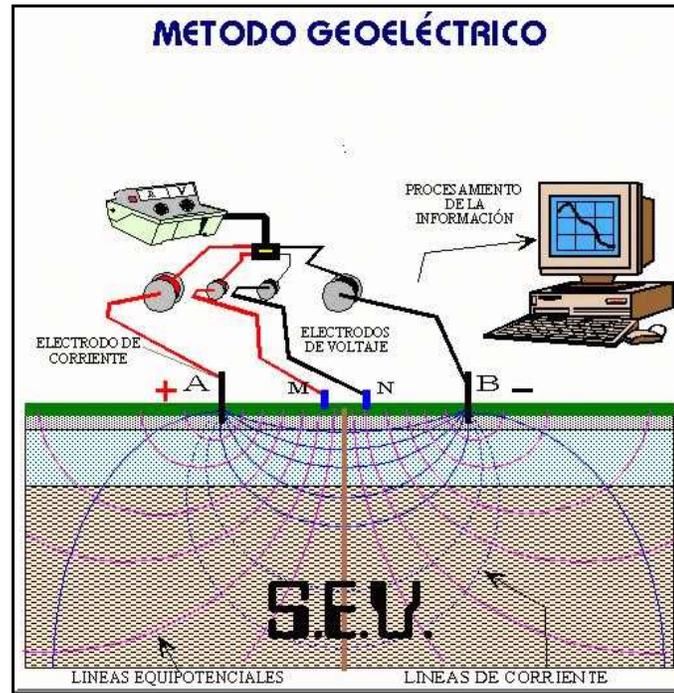


FIGURA 1.2. Disposición simétrica de electrodos, tipo Schlumberger.

1.3.2. **Correlación litológica.** Un análisis de las resistividades encontradas a partir de una muestra de 128 capas interpretadas, presenta al agruparlas en *Rangos de Resistividades* según la escala logarítmica, la siguiente distribución de frecuencias, iniciando con resistividades de 5 hasta más de 24331 $\Omega \cdot m$ y un *Factor de Progresión* de 1.7 (Ver Figura 1.3).



FIGURA 1.3. Distribución de la frecuencia de resistividades en el páramo de Berlín.

Esta escala trata de abarcar en detalles la correlación litológica tanto para materiales saturados con porosidad primaria, como para rocas con porosidad secundaria con varios grados de afectación; se involucran en las altas resistividades los diferentes materiales secos, ubicados principalmente

en superficie, así como los muy consolidados a profundidad.

Para efectos prácticos de esta primera aproximación regional, se propone una escala simplificada para tres rangos principales, las cuales se correlacionan así (Figura 1.4):

- ▶ Resistividades entre 5 y 210 $\Omega \cdot m$: materiales desde arcillosos, hasta arenosos y saprolito, saturados.
- ▶ El rango de 210 a 1008 $\Omega \cdot m$: rocas ígneas y metamórficas fracturadas, las cuales tendrían permeabilidad secundaria.
- ▶ Por último, resistividades altas (desde 1008 y hasta 24331 $\Omega \cdot m$, en este caso): rocas ígneas y metamórficas compactas, cuya resistividad es mayor cuanto menor sea su grado de fractura.



FIGURA 1.4. Distribución de rangos de resistividad simplificados para el páramo de Berlín.

1.4. AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Exploración de Aguas Subterráneas del INGEOMINAS, particularmente al geólogo Carlos Julio Morales, coordinador del proyecto, a los compañeros del grupo de trabajo con quienes se enriqueció el conocimiento de los diferentes aspectos tratados en el proyecto; caso muy importante en la correlación litológica fue el trabajo de inventario de pozos y aljibes donde participamos con la geóloga Gloria Hicapié, las ingenieras químicas Consuelo Vargas y Claudia Alfaro, con quienes se revisaron las correlaciones realizadas en los cortes geoelectricos. A los funcionarios de la Universidad Industrial de Santander, especialmente a la geóloga Nadia Rojas y algunos estudiantes por la colaboración en el trabajo de correlación litológica; al geólogo Mauricio Moreno y al técnico Fernando González por el apoyo en el levantamiento de la



Libertad y Orden

INSTITUTO COLOMBIANO
DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS

información de campo. Finalmente, a todas las demás personas que participaron directa o indirectamente en el proyecto.



2. MARCO LITOLÓGICO

Mediante el Acuerdo específico 002/05, se desarrolló el trabajo de levantamiento geológico a escala 1:25.000 realizado por la Universidad Industrial de Santander; en el informe: "PROYECTO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA EN LA REGIÓN CENTRAL DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER - ZONA DEL MACIZO DE SANTANDER", se presentan las relaciones litológicas y estructurales de las Unidades presentes en el área de estudio.

La toma de información geoelectrónica se llevó a cabo en gran porcentaje sobre la zona elevada del páramo de Berlín, orientada a verificar el espesor de los depósitos Cuaternarios, así como el espesor de la zona meteorizada principalmente.

Se extractan en este capítulo unas breves descripciones de las Unidades involucradas en el área de trabajo, donde se observaron desde rocas ígneas y metamórficas como la Formación Silgará (pDs), el Ortoneis de Berlín (pDo), las Cuarzomonzonitas de Santa Bárbara (Jrcs) y Unidades Cuaternarias, pertenecientes a los depósitos Fluvio-glaciares.(Figura 2.1).

2.1. "Formación Silgará. (pDs)

Las rocas de esta unidad se formaron en un metamorfismo dinámico de bajo a medio grado y comprenden principalmente esquistos micáceos de biotita - moscovita, con presencia de cuarzo, plagioclasa y niveles de anfibolita, el conjunto está superficialmente muy oxidado y exterioriza una textura esquistosa bien definida y muy fina (Figura 1.2.26)."

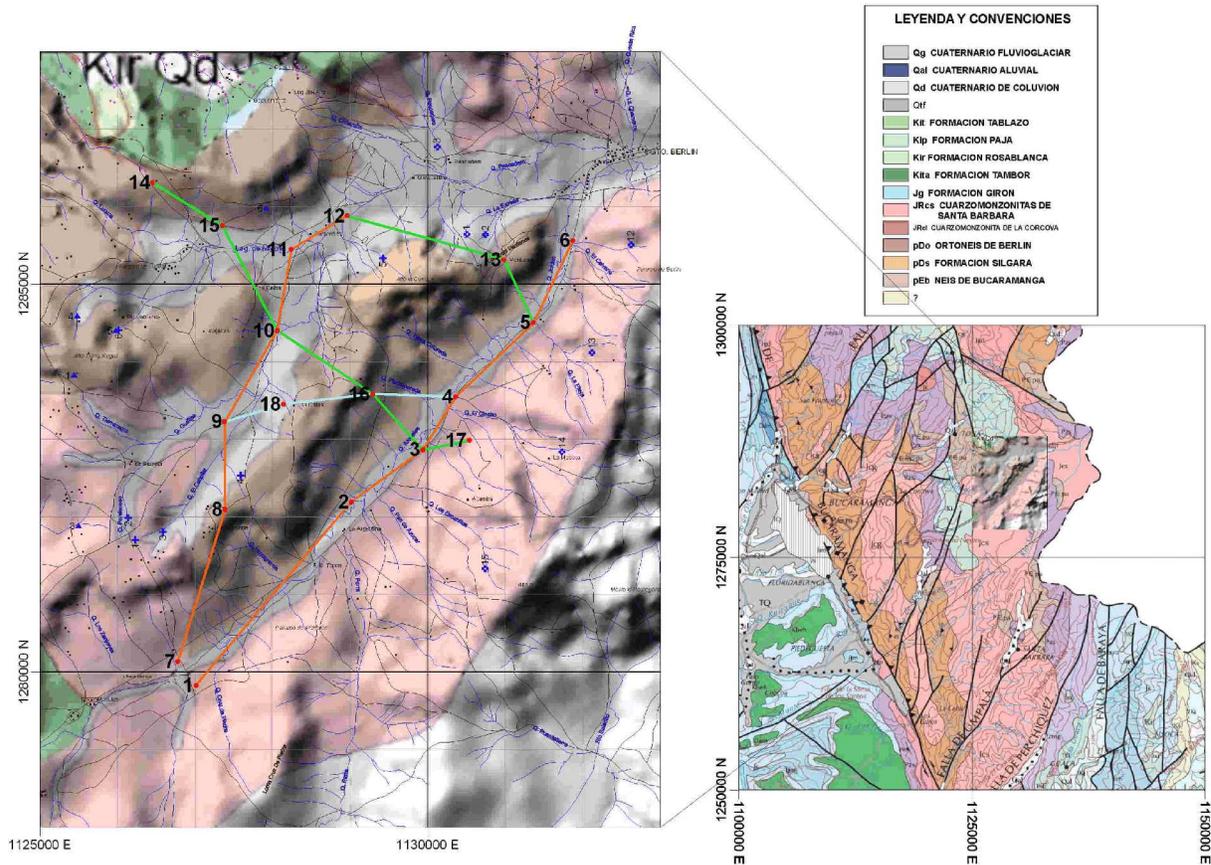


FIGURA 2.1. Geología regional en el área de trabajo.

“Sobre la vía Berlín - Vetas y en el desvío que comunica a la finca Alisal, afloran cuarcitas y bandas marmóreas. Localmente se encuentran filitas de color verdoso y esquistos micáceos con granate, estaurólita y minerales máficos epidotizados, siendo más plateados y moscovíticos hacia el corregimiento de Berlín en el Alto La Cumbre.”

Las Figuras 2.2 y 2.3 presentan el aspecto de estos esquistos tanto oxidados como en roca fresca, en un afloramiento ubicado en la quebrada La Mesa y el otro en el cerro La Cumbre.



FIGURA 2.2. Aspectos de los esquistos biotíticos esquistosos de la Formación Silgará con cuarzo y plagioclasa.

2.2. "Ortogneis de Berlín. pDo."

"El Ortogneis de Berlín, se aprecia como un cuerpo alargado dispuesto de manera Norte - Sur y se distribuye como crestas afiladas de pendientes moderadas a altas, ocupando un 8.8% de la zona estudiada; la unidad se encuentra afectado por fallas regionales de tipo normal como lo son La falla la Cristalina y la Falla de Tona. Se encuentra en contacto fallado al Noreste con rocas cretácicas y al Oeste con la Formación Silgará; mientras que hacia el Altiplano de Berlín se encuentra en contacto intrusivo con la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara; hacia el Páramo de la Lúcura se presentan diques intermedios y en otras zonas diques pegmatíticos afectan la unidad."

Se define como un Gneis cuarzo feldespático con presencia de Estauroлита cerca de la Quebrada la Lúcura (Parte Alta Cuenca del Río Tona), se encuentra muy alterado (Figura 1.2.29), con alto grado de fracturamiento generado por procesos mecánicos debidos a los fuertes cambios de temperatura en la zona de El Alto y Tierra Negra. Se observa un alto grado de oxidación en la superficie y desarrolla perfiles de suelo granular, producto de meteorización. Composicionalmente el Ortogneis contiene Cuarzo 30%, Plagioclasa 35%, Biotita 15%, Estauroлита 10%, granate 10%, además presenta la estructura néisica

característica. El Ortogneis tiene una textura granoblástica y un color que varía entre blanco hueso y gris.

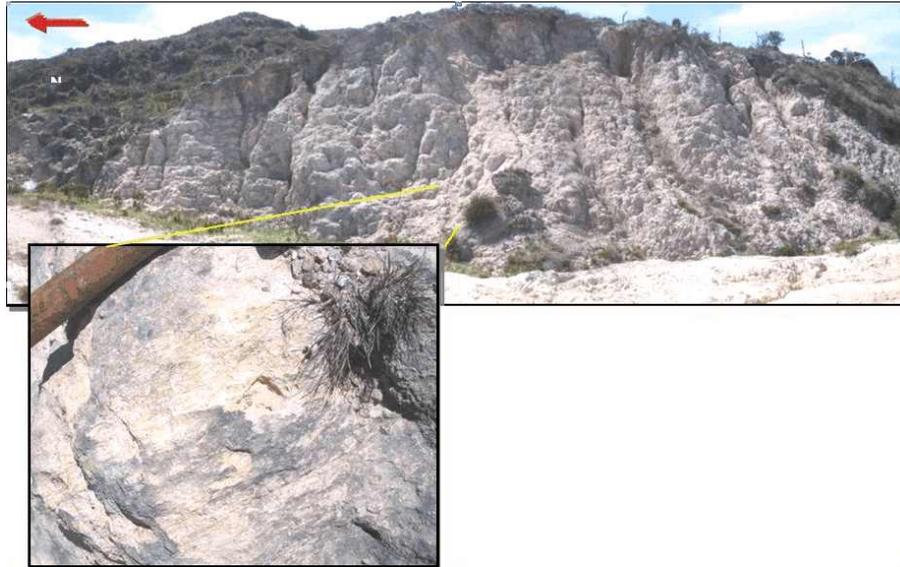


FIGURA 2.3. Aspectos del Ortogneis de Berlín con alto grado de meteorización .

2.3. ROCAS ÍGNEAS

Cuarzomonzonita de Santa Bárbara (Jcs).

Conforma el Batolito de Santa Bárbara que aflora al oriente del departamento, en los sectores de Los Curos, Santa Bárbara, Baraya y en los alrededores de Berlín. La cuarzomonzonita es de color rosado, rosado naranja a gris violáceo, equigranular, compuesta por feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo y biotita. También se encuentran fenocristales de feldespato potásico (2 cm.), plagioclasa, cuarzo y localmente hornblenda”.

“Aflora hacia el Páramo de Berlín sobre el costado sur de la vía Bucaramanga-Cúcuta y llega hasta el sector de Arenales. El área presenta una morfología de colinas redondeadas y se encuentra en contacto intrusivo con el cuerpo tonalítico en el sector Cruz de Lata en

la vía Berlín - Vetas extendiéndose de forma alargada con una orientación norte- sur intruyendo al Ortogneis de Berlín, la totalidad de este cuerpo en superficie ocupa un 11.7% de la zona total. Hacia la Vereda El Tembladal (Parte Alta Cuenca Río Tona) se encuentra en contacto fallado con la Formación Tambor y discordante con la formación Girón, distinguiéndose como un cuerpo alargado y aislado (Figura 2.4).”



FIGURA 2.4. Aspectos de la cuarzo-monzonita de Santa Bárbara con alto grado de meteorización .

2.4 ROCAS SEDIMENTARIAS

Fuera del área donde se ubican los SEV,, en el extremo noroeste, sector del Alisal, se presentan rocas de edad Cretácica tales como las Formaciones Tambor o Los Santos y la Formación Rosablanca principalmente, de las cuales se transcriben someramente sus características.

“**La Formación Tambor** en la Mesa de Los Santos y zonas vecinas está constituida por tres niveles: uno inferior, de areniscas, principalmente arcosas de colores frecuentemente rojizos; otro medio, arcilloso con intercalaciones de areniscas, también rojizo o rosado; y otro superior de areniscas blancas, mejor estratificadas que el nivel inferior. El espesor total es



de más de 200 m en el borde W de la Mesa de Los Santos y de 120 en el borde E, es decir que adelgaza hacia el Macizo de Santander.”

Formación Rosablanca (Kir). “... Está compuesta en su parte inferior por capas de caliza y yeso con oolitos, ostrácodos y dolomías; hacia la parte superior consta de areniscas y lodolitas calcáreas. En la parte inferior presenta depósitos evaporíticos como yeso y polihalita que indican una hipersalinidad y tranquilidad en las condiciones de depositación; el resto de la secuencia se depositó en un medio marino somero en condiciones neríticas. El espesor varía de 150 a 425 m.”

2.4 SEDIMENTOS CUATERNARIOS RECIENTES

Está constituido en su totalidad por depósitos con muy baja a nula compactación y se diferencian por los procesos que los generaron reconociéndose en el área los siguientes:

Depósitos Coluviales o de Ladera (Ql). “.....Estos depósitos son producto de fenómenos de remoción en masa y está constituido por grandes bloques rocosos de Ortogneis, areniscas, ubicados en la pendiente estructural que se forma en la formación Tambor en el sector de Cuevitas;”

Terrazas. “.....Acumulaciones de antiguos sucesos de inundación reconocibles en el río Tona a lo largo de tres kilómetros ubicados en unión de las quebradas Los Arcos y Río Sucio. Las terrazas y depósitos aluviales del río Tona son de aproximadamente cuatro metros de altura y consisten en acumulaciones de bloques y cantos redondeados, de tamaños variables, entre 0.5 y 1.5 metros compuesto de calizas, Gneis en una matriz arenosa con una pseudoestratificación.

Depósitos Fluvioglaciares - Qd. “....Localizados en la parte alta de la cuenca hacia el páramo de Berlín, diferenciándose los depósitos morrénicos constituidos por material

heterométrico de formas angulares a subredondeadas. Hacia el sector de las cabañas de Frailejones en una zona semiplana de colinas suaves se observa depósitos de morrenas. Estas poseen diferentes tamaños y formas alargadas". "... Las morrenas también aparecen hacia el sector de Arenales sobre zonas pendiente suave. Hacia el sector de El Alto se observan morrenas sobre un suelo de color gris claro. Estas depósitos tienen dimensiones que van de 50 a 200 m."



FIGURA 2.5. Aspecto de las morrenas en el sector El Alto entre Berlín y Gramal.



3. GEOELÉCTRICA

Con la información tomada en campo mediante los 18 SEV, se elaboraron cinco cortes geoelectricos y mapas de iso-resistividad a diferentes profundidades. En los cortes geoelectricos se observa una marcada diferencia entre las zonas de porosidad primaria que se presentan sobre los valles aluviales, aunados a las zonas meteorizadas, con la saturación de los materiales con porosidad secundaria por efectos de foliaciones, diaclasamientos y fracturas, los cuales pasan a resistividades mucho más altas en profundidad, denotando la roca compacta. Los mapas de resistividad muestran la variación vertical de la distribución de resistividades, cuyas zonas potencialmente acuíferas van desapareciendo a profundidad.

3.1. CORTES GEOELÉTRICOS

En el área se elaboraron 5 cortes geoelectricos, de los cuales dos de ellos con dirección noreste, uno con una dirección cercanas W-E y los dos restantes con dirección noroeste. La Figura 3.1 ilustra la ubicación de los sondeos eléctricos verticales realizados y los cortes geoelectricos planteados sobre la litología del área.

Apoyados en el Modelo Digital de Terreno y teniendo en cuenta la escala simplificada de correlaciones litológicas de la Figura 1.4, se entra a considerar la distribución de resistividades en cada uno de los cortes geoelectricos que se describen a continuación.

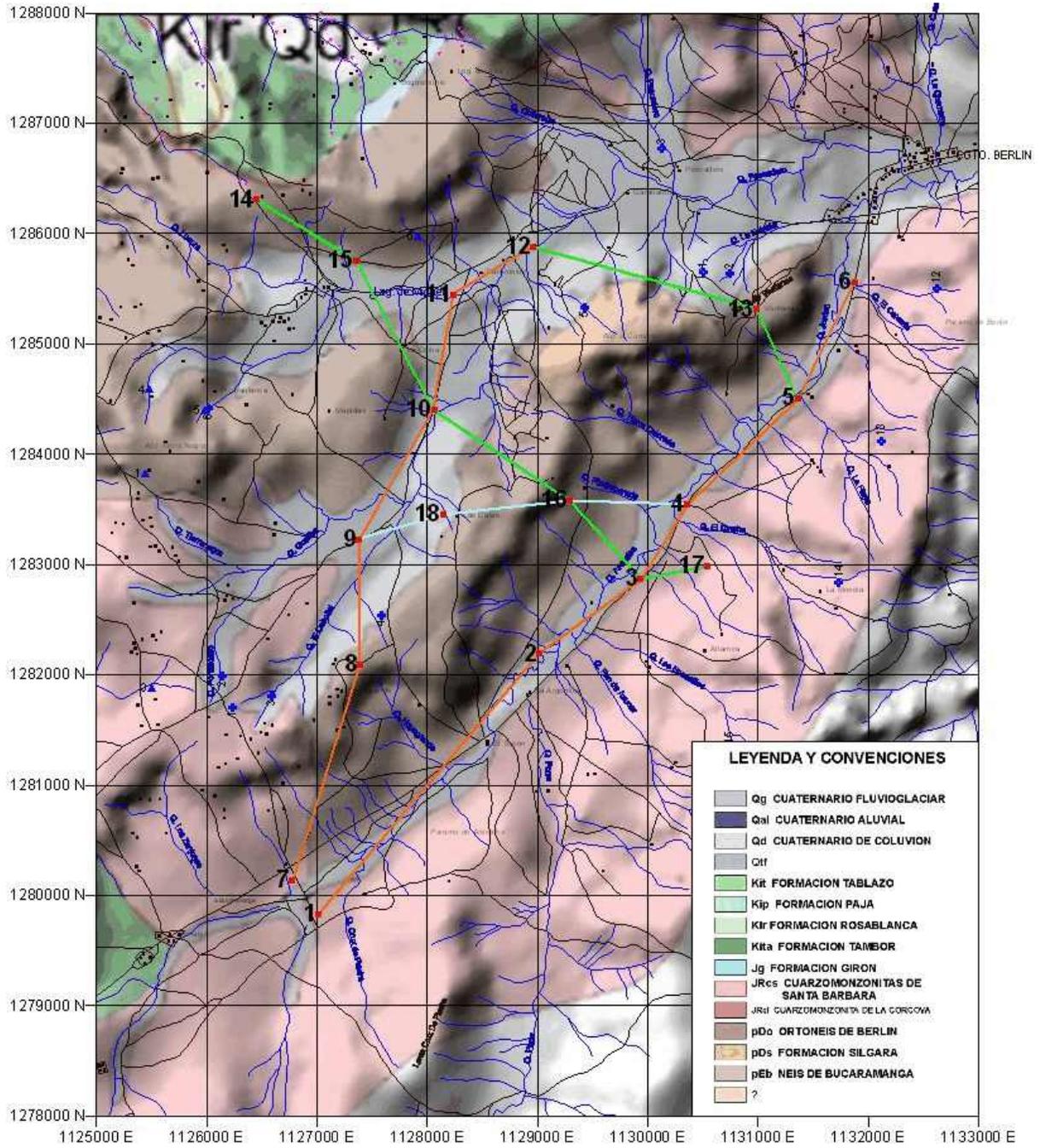


FIGURA 3.1. Mapa geológico local, ubicación de SEV y cortes geoelectricos.

3.1.1. Cortes Geoeléctricos N - E

Dos cortes geoeléctricos se elaboraron longitudinalmente a las estructuras regionales, orientadas aproximadamente N42°E y N27°E.

3.1.1.1. **Corte geoeléctrico NE-01.** Atraviesa las plancha 121-I-A y 110-III-C; se inicia al suroeste del área, a lo largo de la vía que conduce al corregimiento de Berlín. Involucra los sondeos G1-08 B1, G1-08 B2, G1-08 B3, G1-08 B4, G1-08 B5 y G1-08 B6 y tiene una longitud de 7600 m (Ver Figuras 3.1 y 3.2).

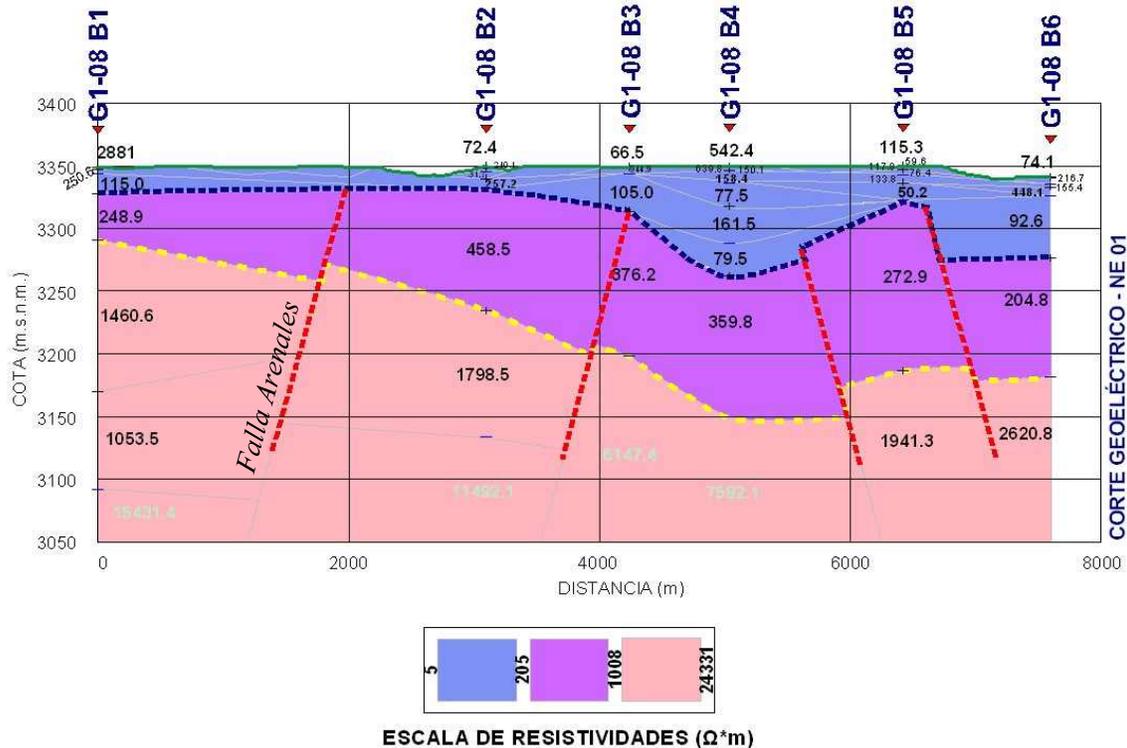


FIGURA 3.2. Corte Geoeléctrico NE-01

Se aprecian resistividades en la parte superior hasta de 2881 $\Omega \cdot m$ que se asocian a materiales secos. Una primera capa con resistividades entre 30 y 161 $\Omega \cdot m$ se encuentran a profundidades entre 0 y 80 m, con espesores variables desde 17 m en el SEV G1-08 B1 hasta 80 m aproximadamente en el sondeo G1-08 B4, correspondientes a sedimentos Cuaternarios y roca



meteorizada, posiblemente saturadas y pertenecientes al Ortoneis de Berlín.

Una segunda capa continua se encuentra desde los 20 m aproximadamente de profundidad en el SEV G1-08 B1 hasta 200 m de profundidad en el SEV G1-08 B4, con resistividades desde 204.8 hasta 458.5 $\Omega \cdot m$ y espesores variables desde 38.5 hasta 82.5 m, correspondientes a roca fracturada de la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara. Se estima que en esta franja pueden aparecer algunas zonas saturadas debido a fracturas y diaclasas ya que superficialmente se aprecian fallas como la de Arenales y lineamientos que están afectando el área.

La última capa, a partir de los 50 m de profundidad en el extremo SW del corte y cada vez más profunda hacia el NE, donde alcanza los 150 m de profundidad, presenta resistividades desde los 1053.5 hasta 15431.4 $\Omega \cdot m$, correspondiente a rocas con bajo a muy bajo grado de fracturas, pertenecientes posiblemente al Ortoneis de Berlín?

3.1.1.2. Corte geoelectrico NE-02. Se ubica en la plancha 110-III-C, desde el sur de la vereda Ucatá y cruzando la divisoria de aguas hasta el valle de la quebrada la Ceiba. Lo conforman los sondeos G1-08 B7, G1-08 B8, G1-08 B9, G1-08 B10, G1-08 B11 y G1-08 B12, los cuales se ubican principalmente sobre los depósitos Cuaternarios, con una longitud de 6448 m (Ver Figuras 3.1 y 3.3).

En este corte superficialmente se aprecian resistividades desde 17.1 hasta 6098.7 $\Omega \cdot m$ correspondientes posiblemente a materiales secos Cuaternarios (Qg) o al Ortoneis de Berlín poco fracturado en algunas partes.

Se aprecia una primera capa desde los 9 m hasta los 40.5 m de profundidad en el extremo SW del corte, con resistividades de 52.9 hasta 216.8 $\Omega \cdot m$, adelgazándose en el SEV G1-08 B8, para alcanzar su mayor espesor hacia el extremo NE del corte en el SEV G1-08 B12, con 108 m de espesor y resistividades desde 50.5 hasta 101.2 $\Omega \cdot m$. Corresponden a sedimentos Cuaternarios y posiblemente a una parte meteorizada del Ortoneis de Berlín, potencialmente saturadas.

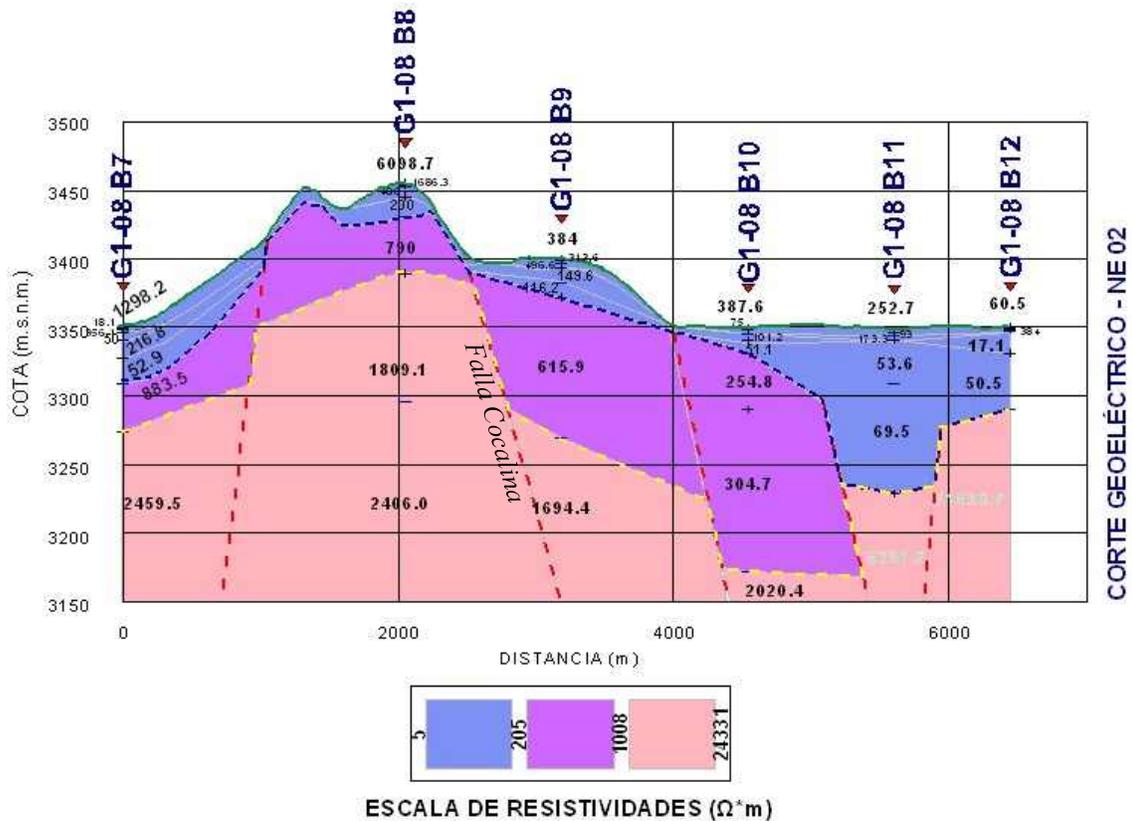


FIGURA 3.3. Corte Geoeléctrico NE-02.

Una segunda capa continua desde los 40.5 hasta los 75 m de profundidad en el extremo SW, y desde los 19.5 hasta los 177 m de profundidad hacia el NE del corte, con resistividades entre 254.8 y 883.5 $\Omega \cdot m$, con los espesores son variables y siempre crecientes hacia el extremo NE del corte, desde los 34.5 hasta 157.5 m. Esta segunda zona corresponde con rocas fracturadas del Ortoneis de Berlín, posiblemente con saturación por fracturas.

La última capa con resistividades desde 1694.4 hasta 21630.7 $\Omega \cdot m$ representa rocas con muy baja a ninguna fractura, pertenecientes posiblemente al Ortoneis de Berlín y Formación Silgará.

Se observa en el corte, la amplitud de la zona correlacionada con los depósitos Cuaternarios y saprolitos potencialmente saturados en los alrededores de la población de Berlín, donde se presenta el cruce de fallas que se insinúan en las discontinuidades geoeléctricas, entre los sondeos G1-08

B10, G1-08 B11 y G1-08 B12, correlacionadas con las fallas La Cocalina y La Cristalina.

3.1.2. Cortes Geoelectricos N - W

3.1.2.1. **Corte geoelectrico NW-01.** Ubicado en la plancha 135-II-C, cubre desde el valle de la quebrada Chitaraba hasta la Jordán, cruzando la divisoria de aguas al suroeste de Berlín. Lo conforman los sondeos G1-08 B12, G1-08 B13 y G1-08 B5, ubicados sobre los depósitos Cuaternarios y el Ortogneis de Berlín, con una longitud de 2992 m (Ver Figuras 3.1 y 3.4).

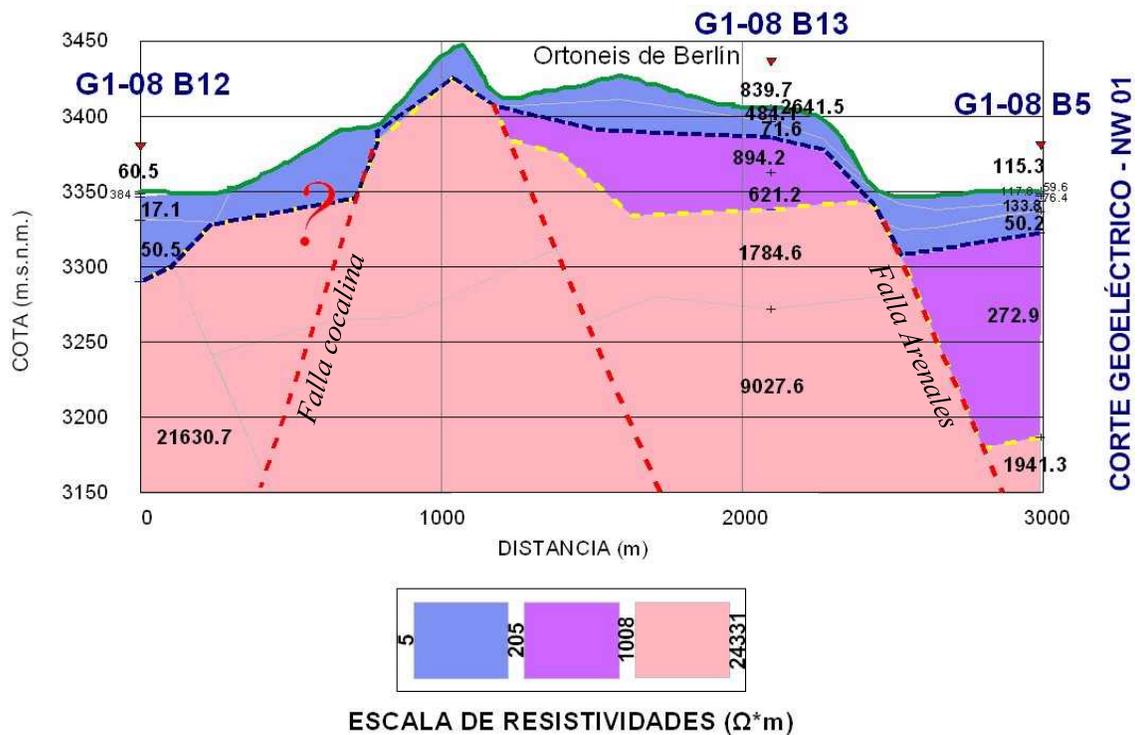


FIGURA 3.4. Corte Geoelectrico NW-01.

El corte geoelectrico, muestra resistividades superficiales entre 484 y 2641.5 ohm-m, correspondientes a materiales secos. Hacia el extremo NW del corte, en el SEV G1-08 B12 se aprecia una resistividad de 50.5 $\Omega \cdot m$ entre los 17.4 y 58.6 m de profundidad, en un pequeño sector de 220 m en la horizontal y que se extiende hacia el NW, con un espesor de 41.2 m, pertenecientes a los depósitos fluvio-glaciares. Hacia la parte media y sureste del corte se registran nuevamente



resistividades de $71.6 \Omega \cdot m$ en el SEV G1-08 B13 y de 50.2 hasta $133.8 \Omega \cdot m$ en el SEV G1-08 B5 hasta los 26 m de profundidad, para un espesor entre 28.5 y 38.6 m de los materiales con porosidad primaria saturados.

La capa correspondiente a rocas fracturadas del Ortogneis de Berlín, presenta resistividades entre 272.9 y $894.2 \Omega \cdot m$ y aparece en forma discontinua, profundizándose en el extremo SE del corte, siendo afectada por una falla en sentido suroeste. Se halla entre 27.5 y 164 m de profundidad bajo el SEV G1-08 B5, para 136.5 m de espesor, y entre 19.0 y 67.5 m en el SEV G1-08 B13, para 48.5 m de espesor. Hacia el extremo NW del corte, estas resistividades se encuentran a pocos metros de la superficie, entre 6 y 14 m.

La tercera capa se presenta con resistividades desde los 1784.6 hasta los $21630.7 \Omega \cdot m$, correspondiendo a materiales cada vez menos fracturados del Ortoneis de Berlín y la Formación Silgará, los cuales se ubican a partir de los 50 m de profundidad en el extremo NW del corte; a partir de los 67.5 m en el SEV G1-08 B13, y desde los 165.8 m en el SEV G1-08 B5.

3.1.2.2. Corte geoelectrico NW-02. Cruza la vereda Ucatá desde el noroeste hacia el sureste, uniendo los tra valles de las quebradas la Ciba, El Cebollal y Jordán. Involucra los sondeos G1-08 B14, G1-08 B15, G1-08 B10, G1-08 B16, G1-08 B3 y G1-08 B17, ubicados sobre depósitos Cuaternario, el Ortogneis de Berlín y finalmente la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara, con una longitud de 5637 m y localizados en la plancha 110-III-C (Ver Figuras 3.1 y 3.5).

En el corte geoelectrico aparece una capa superficial con resistividades variables desde 8 hasta $1674.1 \Omega \cdot m$, que pueden corresponder a materiales secos o poco fracturados. La primera capa de interés hidrogeológico, es una capa continua hacia el noroeste del corte, con una extensión de unos 3000 m en la horizontal, con resistividades bajas aportadas en los SEV G1-08 B14, G1-08 B15 y G1-08 B10, correspondientes a los depósitos Cuaternarios y rocas meteorizadas del Ortoneis de Berlín, posiblemente saturadas, que van desde los 44.4 hasta los 102.8 m de profundidad en el sondeo G1-08 B14, para un espesor de 58.4 m, y desde los 12.4 m hasta los 101

m de profundidad con resistividades desde 40 a 109.6 ohm-m en el SEV G1-08 B15, para 88.6 m de espesor, la cual se va adelgazando hacia el SE en el sondeo G1-08 B10, hasta un espesor de 14.6 m.

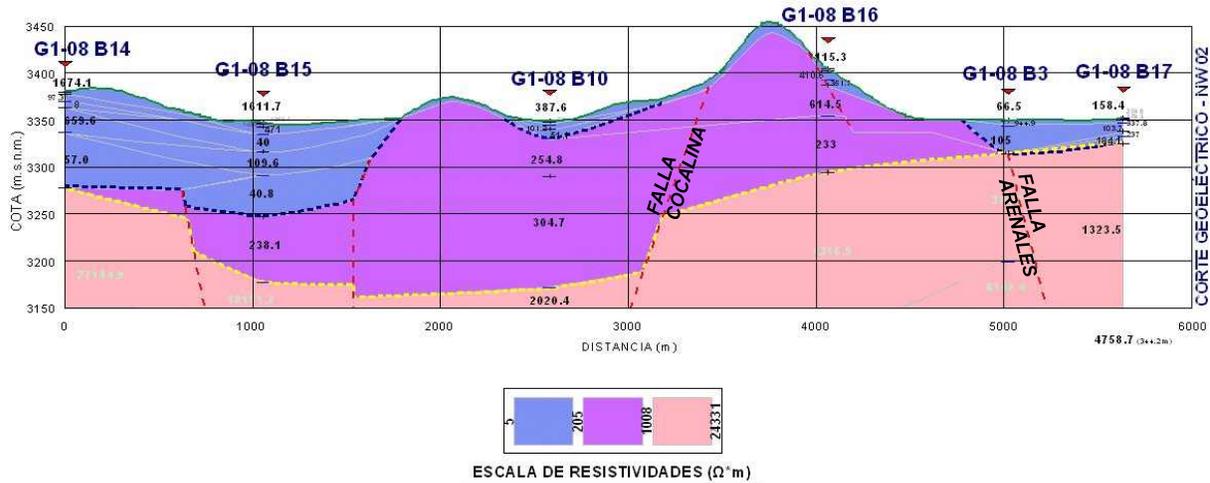


FIGURA 3.5. Corte Geoelectrico NW-02.

Nuevamente estas resistividades bajas aparecen hacia el SE del corte en los sondeos G1-08 B3 y B17 a partir de los 7.3 m y hasta los 37 m de profundidad, correspondientes a la parte superficial meteorizada de la Cuarzomonzonita de Santa Bárbara.

Una segunda zona, perteneciente al Ortogneis de Berlín, con resistividades entre 233 y 614.5 $\Omega \cdot m$ aparece distribuida a todo lo largo del perfil, alcanzando su mayor espesor de unos 156 m, en la parte central del corte, bajo el sondeo G1-08 B10, en el cual se encuentra desde los 20 m de profundidad; esta capa se adelgaza hacia los sondeos G1-08 B14 y G1-08 B3 y prácticamente desaparece en el sondeo G1-08 B17. Los materiales dan respuesta a rocas fracturadas, posiblemente saturadas.

La última capa, con resistividades desde 1323.5 hasta 2020.4 $\Omega \cdot m$ corresponde con rocas con muy bajo a bajo fracturamiento del Ortoneis de Berlín y la Formación Silgará, posiblemente. A partir de aquí se aprecian resistividades desde 4316.9 y cada vez mayores hasta alcanzar 27144.9 ohm-m, correspondiendo a la roca fresca.



La ubicación de este perfil en el relieve, exhibe el poco espesor de los depósitos Cuaternarios; sin embargo, hacia el noroeste, donde la cuenca se empieza a rellenar con sedimentos Cretácicos y Cuaternarios, se muestran franjas potencialmente saturadas en la cuenca, enmarcadas por las discontinuidades geoelectricas asociadas posiblemente a fallas de distensión?

El modelo simplificado se presenta aquí, donde se dibuja el posible espesor del Ortoneis de Berlín con resistividades en el rango entre 210 y 1008 $\Omega\cdot m$ y la amplitud de la zona potencialmente saturada hacia el noroeste, con resistividades menores de 210 $\Omega\cdot m$.

3.1.3. Corte Geoelectricos W - E

Tiene su inicio en la cuenca de la quebrada El Cebollal, cruzando la divisoria de aguas hasta la quebrada Jordán, en la vereda Ucatá. Ubicado en la plancha 110-III-C, lo conforman los sondeos G1-08 B9, G1-08 B18, G1-08 B16 y G1-08 B4, con 3016 m de longitud (Ver Figuras 3.1 y 3.6). Se realizaron los sondeos sobre los depósitos Cuaternarios y rocas meteorizadas del Ortoneis de Berlín.

El corte geoelectrico presenta resistividades superficiales hasta 1035.4 ohm-m, correspondientes a materiales secos o poco fracturados. En la parte oeste del corte se observan resistividades desde los 90.6 hasta 149.6 $\Omega\cdot m$ bajo los sondeos G1-08 B9 y B18, formando una delgada capa de unos 26.2 m de espesor a partir de los 3.2 m de profundidad, correlacionada con los depósitos fluvio-glaciares y posiblemente a la parte meteorizada del Ortoneis de Berlín.

En el extremo oriental del corte, se encuentran estas resistividades variando entre 77.5 y 161.5 $\Omega\cdot m$ bajo el sondeo G1-08 B4, a partir de los 3.2 m de profundidad, para un espesor de 84.7 m. Estas resistividades se correlacionan con los depósitos Cuaternarios y rocas meteorizadas del Ortoneis de Berlín, potencialmente saturadas, que aparecen como una zona discontinua la cual se adelgaza hacia el sondeo G1-08 B16.

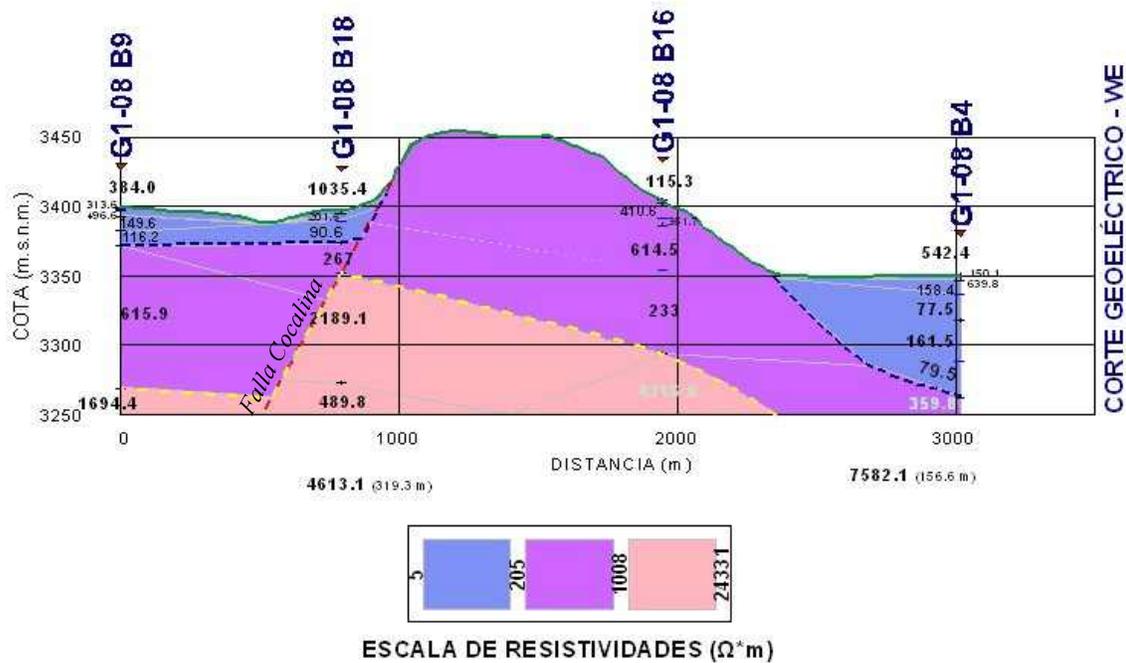


FIGURA 3.6. Corte Geoelectrico W-E.

Una zona continua en sentido horizontal, con resistividades desde 233 hasta 614.5 $\Omega \cdot m$, se presenta a partir de los 28.2 m de profundidad al oeste del corte, la cual va aumentando su espesor hacia el E, con un máximo de 92.7 m en el sev G1-08 B16; estas resistividades se relacionan con rocas fracturadas y posiblemente saturadas del Ortoneis de Berlín.

En la parte inferior de la capa con resistividades entre 2189.1 y 4316.9 $\Omega \cdot m$ y que se presenta también en el extremo oeste del corte, se ubica una resistividad menor, con 489.8 $\Omega \cdot m$, a partir de los 124.2 m de profundidad bajo el sev G1-08 B18, con un espesor aproximado de 101.4 m; esta resistividad podría deberse a mayor grado de fracturas por efecto de la falla adyacente.

La capa con resistividades entre 2189.1 y 4316.9 ohm-m, se aprecia en el corte en una extensión de 2300 m aproximadamente en sentido horizontal, desde los 28.2 m de profundidad y profundizándose hacia el E; presenta su mayor espesor en el sev G1-08 B18 con 79.8 m. Se correlaciona con rocas de bajo a muy bajo fracturamiento del Ortoneis de Berlín posiblemente.



3.2. MAPAS DE ISO-RESISTIVIDADES

Se presentan en la Figura 3.7 los mapas de iso-resistividades a diferentes profundidades, de acuerdo con la progresión geométrica de las aberturas $AB/2$. Se emplea para mayor sensibilidad de los cambios, la escala detallada de resistividades de la Figura 1.3.

En estos mapas de iso-resistividades se destaca la cuenca ubicada al oeste de la población de Berlín (Sondeos G1-08 11, G1-08 12 y G1-08 15), donde desde la profundidad de 10 m hasta los 47, las resistividades son menores a los $121 \Omega \cdot m$ y consideradas en este modelo como materiales saturados, mientras que a mayor profundidad (227 m) disminuyen, posiblemente debido a la detección de los sedimentos cretácicos y particularmente característicos de la Formación Paja, cuyas aguas ácidas disminuyen los valores de resistividad (menores de $35 \Omega \cdot m$).

Por el valle de la quebrada Jordán y con dirección aproximada $N42^\circ E$, por donde atraviesa la vía, la profundidad de los depósitos Cuaternarios es muy escasa, al observar el mapa de profundidad de -30 m, donde las resistividades son superiores a los $349 \Omega \cdot m$, consideradas altas para sedimentos y saprolitos saturados; corresponderían entonces posiblemente con materiales metamórficos fracturados.

Desde los 92 m de profundidad y en diferentes sitios, las resistividades se incrementan, superando los $1008 \Omega \cdot m$, sugiriendo la aparición de las rocas ígneas, a excepción del nivel -227 m de profundidad donde se observa debajo de los sondeos G1-08 11, G1-08 12 y G1-08 15 unas zonas de bajas resistividades asociadas posiblemente al efecto de las bajas resistividades de los materiales sedimentarios que se presentan desde esta parte noroeste del área .

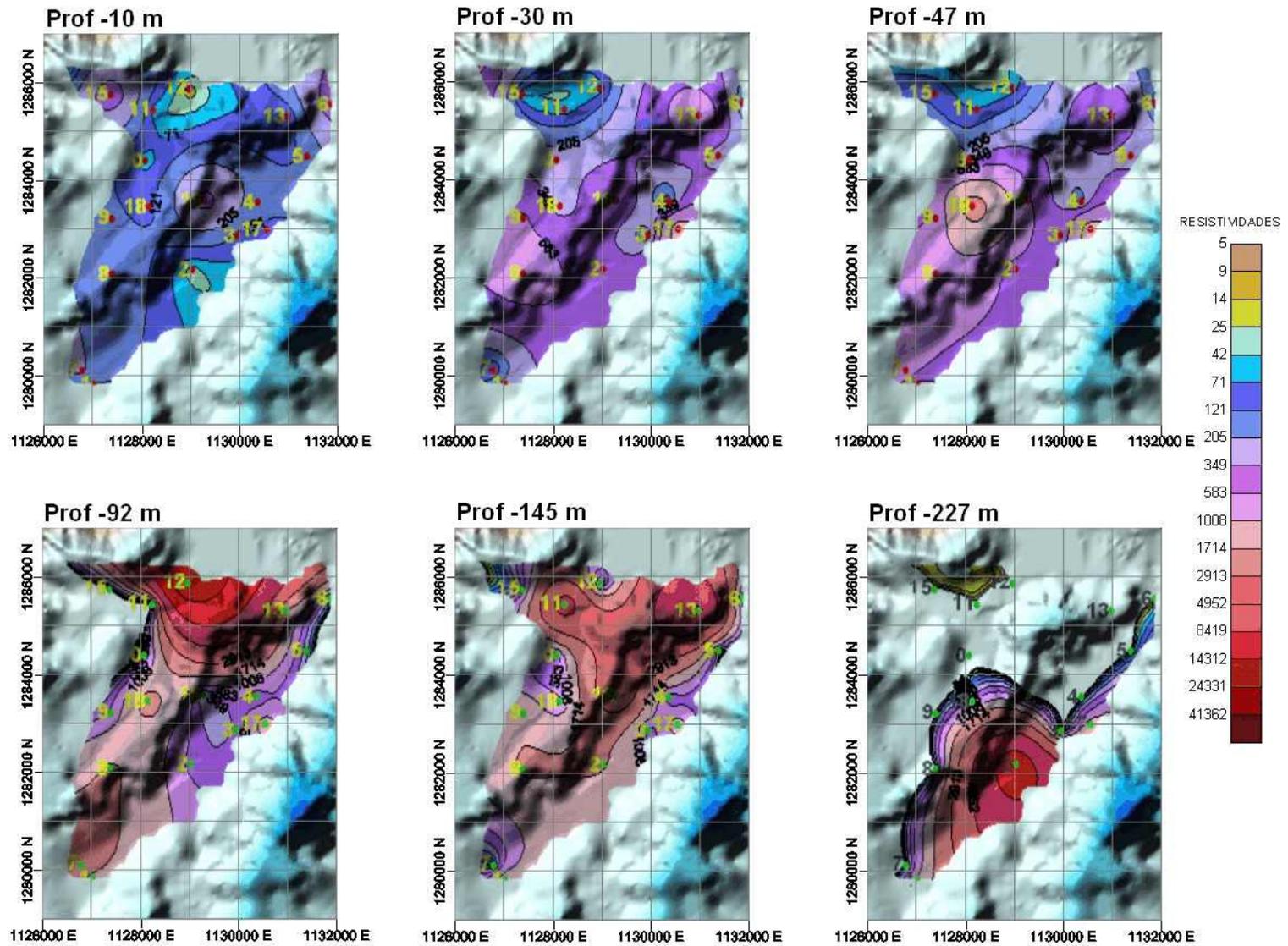


FIGURA 3.7. Mapas de iso-resistividades a diferentes profundidades.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los elementos expuestos en los capítulos anteriores, se retoman algunos de los fenómenos observados en la investigación geoeléctrica llevada a cabo en la región del páramo de Berlín, jurisdicción del municipio de Tona en Santander.

Se presentan a grandes rasgos tres rangos de resistividades que se han asociado de acuerdo con el objetivo de la investigación, conducente a la identificación de aguas subterráneas en estas Unidades y en primera instancia, al espesor de los depósitos Cuaternarios.

De las observaciones de campo, relacionadas con el estado de meteorización de las rocas aflorantes, se tiene que una gran parte de ellas son acuíferos potenciales y por su naturaleza, se comportan como sedimentos porosos, los cuales yacen en muchos sitios debajo de las unidades Cuaternarias, llegándose a confundir desde el punto de vista eléctrico, puesto que éstos depósitos se formaron a partir de las mismas Unidades de roca meteorizada, lo cual les confiere resistividades



semejantes (Figura 4.1). Es por esta razón que los espesores de los depósitos Cuaternarios no siempre pueden diferenciarse de estas zonas de meteorización, de tal forma que para este trabajo regional, se han fusionado en esta correlación litológica, como materiales granulares, con porosidad primaria y cuyas resistividades asociadas son del orden de 5 a los 205 $\Omega \cdot m$ (Figura 4.2).

FIGURA 4.1. Manantial a partir de la roca meteorizada.



FIGURA 4.2. Aspecto de materiales Cuaternarios y su granulometría, a partir de rocas meteorizadas.

El segundo conjunto identificado corresponde a una franja relativamente amplia de resistividades, a partir de los $205 \Omega \cdot m$ hasta los $1008 \Omega \cdot m$. Se clasificaron aquí materiales asociados a rocas metamórficas que por su esquistosidad y grado de fracturas poseen alguna saturación, entre las grietas que dejan estos rasgos estructurales, por lo tanto sus valores de resistividad se ha estimado que pueden estar cercanos a este rango, incluyendo materiales ígneos muy fracturados, según se observó en la geología realizada. Seguramente en la medida en que se verifiquen los valores de ésta propuesta con perforaciones en el área, podrá ajustarse mejor el rango asignado, el cual podrá ser diferente si se trata de rocas ígneas o metamórficas.

Una tercera franja o rango de valores se ubica arriba de los $1008 \Omega \cdot m$ y que en este trabajo se encontró como valor máximo de resistividad el de $27144.9 \Omega \cdot m$, en una capa geoelectrica que se inició a los 102.1 m de profundidad bajo el sondeo G1-08 B14, ubicado en el extremo noroeste del área de trabajo. Estas resistividades se correlacionan entonces con rocas cristalinas (ígneas o metamórficas) compactas y cada vez más compactas según crezca su valor de resistividad.

Con relación a la parte estructural, se observaron en los cortes geoelectricos algunas discontinuidades geoelectricas que generalmente tienen su explicación, igualmente en discontinuidades litológicas, coincidentes muchas veces con fallas regionales y locales.

Regionalmente se presentan en el área fallas y lineamientos, quedando enmarcada la zona de



trabajo por dos de ellas como son la falla Arenales y la Cocalina. La Falla Arenales es una falla dextral que atraviesa en sentido noreste toda la zona de trabajo, con dirección cercana a los N2°E; también la segunda falla, ubicada al norte de esta y descrita así: “.....Falla la Cocalina. Falla de tipo Sinextral con un rumbo N72E y presenta una extensión es de 3.5km, en la parte más occidental de la falla tiene un comportamiento este oeste. Esta falla rompe la pendiente estructural de la Formación Tambor que viene del Picacho..... ..formando dos bloques. Hacia el oeste pone en contacto Silgara y Ortogneis de Berlín.”

Estas dos estructuras se observaron en los cortes geoelectricos NE-01, NE-02 y W-E (Figuras 3.4, 3.5 y 3.6), sin embargo se encontraron una serie de discontinuidades en los corte noreste, denotando estructuras transversales a las fallas principales, como se observa en los cortes geoelectricos de las Figura 3.2 y 3.3. Aquí cabe comentar que posiblemente, las discontinuidades que se presentan en el corte geoelectrico NE-01, obedezcan al cruce sucesivo de la dirección del corte con la falla Arenales, ya que los puntos hacen un zic-zac con el trazo de la misma; no obstante, en el corte NE-02 si se manifiesta el escalonamiento descendente hacia el noreste de los bloques, formando una fosa bajo el sondeo G1-08 B11, donde se presenta la mayor profundidad de los materiales potencialmente saturados.

Con base en las tres zonas de resistividad planteadas al comienzo de este capítulo, se presenta de manera muy general debido a la baja densidad de información, la superficie base de los materiales fracturados (Interfase con resistividad de $1008 \Omega \cdot m$), en la cual se manifiestan las estructuras transversales a las fallas principales; donde se aprecia un quiebre de esta superficie en dirección noroeste por el centro del área y escalones tanto al norte como al sur de este quiebre central (Figura 4.4). Se muestra además una discontinuidad que se manifiesta paralela a la falla Arenales y una depresión hacia el oeste, por el trazo de la falla Cocalina. Esta misma situación se traslada más abajo, en la superficie de resistividad $5000 \Omega \cdot m$ (Figura 4.4).

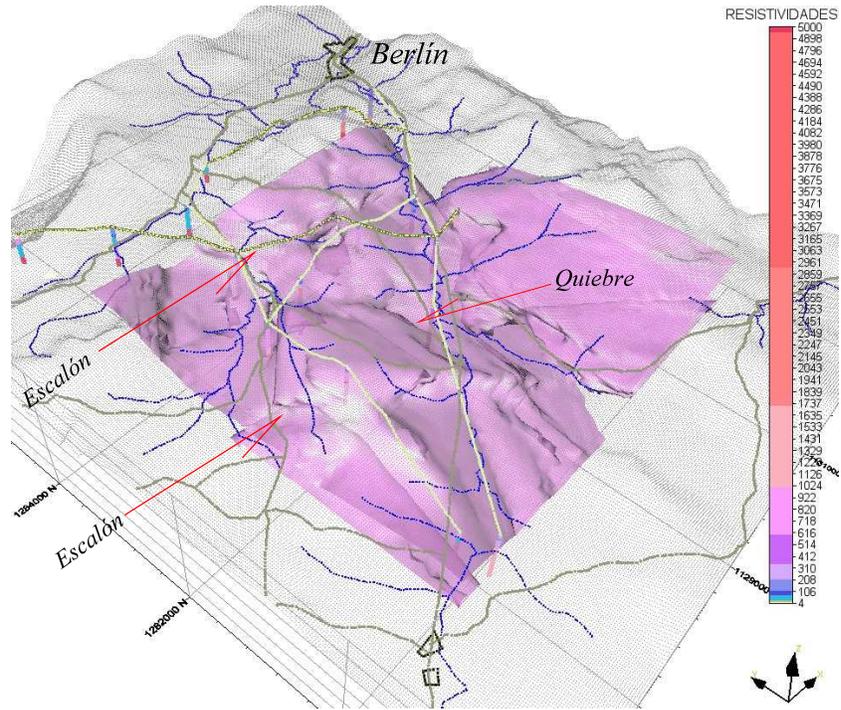


FIGURA 4.3. Superficie con resistividad de 1008 $\Omega \cdot m$, donde se manifiestan quiebres con dirección noroeste.

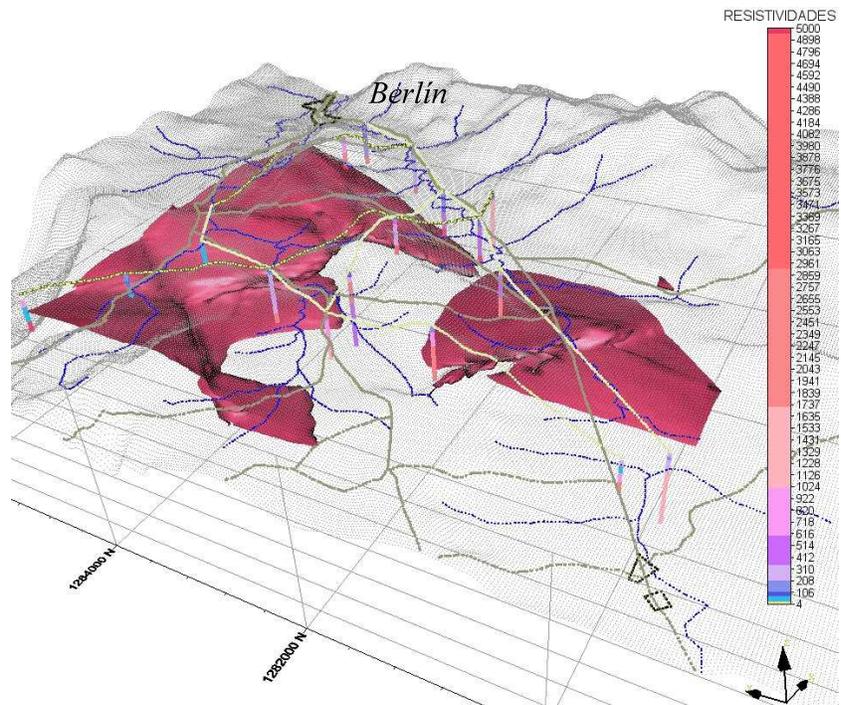


FIGURA 4.4. Superficie con resistividad de 5000 $\Omega \cdot m$, donde se manifiestan escalones con dirección noroeste.

Los planos de resistividad a diferentes profundidades, muestran también estas estructuras como es el caso de los niveles de resistividades a 3250 y 3350 msnm, donde la falla Arenales es muy clara hacia superficie, mientras que en el plano más profundo, son las estructuras transversales las que empiezan a manifestarse.

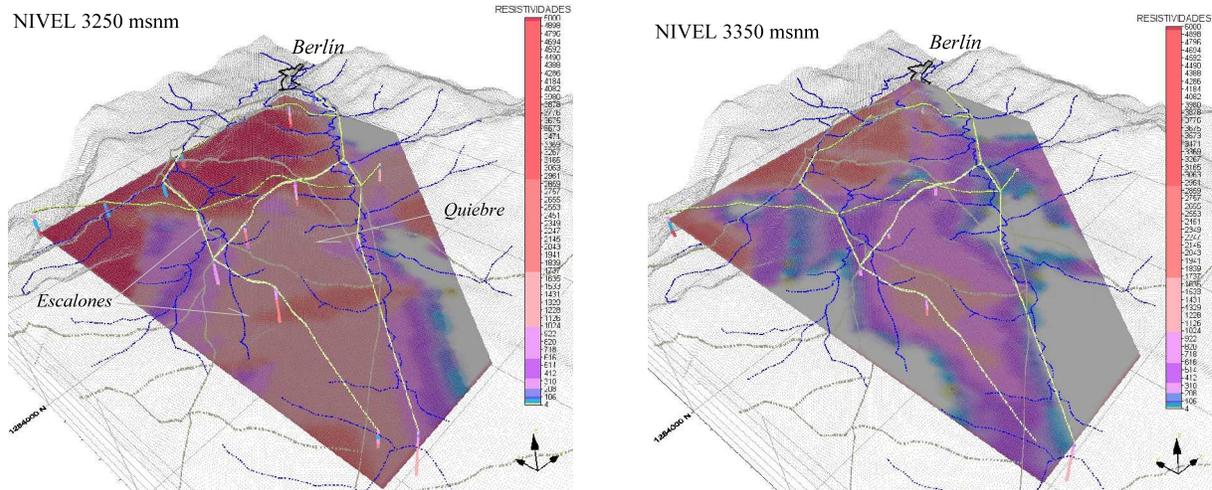


FIGURA 4.4. Planos de iso-resistividades a 3250 y 3350 msnm donde se manifiestan los trazos de las fallas noreste y los escalones con dirección noroeste.



5. CONCLUSIONES

Como conclusiones del trabajo geoelectrico realizado en la región del páramo de Berlín, jurisdicción del municipio de Tona - Santander se tiene:

- Las resistividades encontradas en esta zona denotan que hay áreas potencialmente susceptibles para la explotación de aguas subterráneas.
- Se identificaron a grandes rasgos tres rangos o conjuntos de resistividades, correlacionadas con los diferentes estados de las rocas, sedimentos o depósitos Cuaternarios allí presentes. Estos rangos se correlacionaron así:
 - **Resistividades entre 5 y 210 $\Omega\cdot m$** : materiales desde arcillosos, hasta arenosos y saprolito, saturados.
 - **El rango de 210 a 1008 $\Omega\cdot m$** : rocas ígneas y metamórficas fracturadas, las cuales tendrían permeabilidad secundaria.
 - Por último, **resistividades altas** (desde 1008 y hasta 24331 $\Omega\cdot m$, en este caso): rocas ígneas y metamórficas compactas, cuya resistividad es mayor cuanto menor sea su grado de fractura.
- La escala de resistividades diseñada de forma logarítmica permite realizar tanto correlaciones de grandes paquetes litológicos, así como sensibilizar al grado deseado las correlaciones litológicas; así vemos como los cortes geoelectricos simplificados dejan ver unas condiciones aptas para el objetivo propuesto, mientras que para el detalle estructural es más visible cuanto más se detalle la escala.



6. BIBLIOGRAFÍA

Coronado, W; Mejía, C; (2006). Cartografía geológica y caracterización estructural con fines hidrogeológicos en el sector nororiental de la cuenca del Río de Oro. Universidad Industrial de Santander.

Ulloa, A; Gómez, S., 2007. Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en la Zona del Macizo de Santander. INGEOMINAS- UIS.

Vargas, M.C; Hincapié, G.I. 2008. Inventario Hidrogeológico en la Zona del Macizo de Santander. INGEOMINAS- UIS.



ANEXO 1

DATOS DE CAMPO DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B1

FECHA: 29-Julio-08

DESARROLLADO POR: Fernando González

RUMBO: N 38°W

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 121-I-A

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: SAS 1000

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - Vereda Parra Juan Rodríguez

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1279832

Y= 1127010

COTA= 3345

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA | | RESISTENCIA Ohmios | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|-----------|-------------|-------------|---------|--------|-----------------------|----------------|-----------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 6409.63 | 50.00 | 128.19 | 15.1 | 1933.10 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 2545.02 | 50.00 | 50.90 | 23.9 | 1217.30 |
| 3 | 0.4 | 3 | 1386.77 | 50.00 | 27.74 | 34.7 | 962.82 |
| 4 | 0.4 | 4 | 542.07 | 50.00 | 10.84 | 62.2 | 674.37 |
| 5 | 0.4 | 5 | 191.91 | 50.00 | 3.84 | 97.5 | 374.40 |
| 6 | 0.4 | 6 | 110.77 | 50.00 | 2.22 | 140.7 | 311.80 |
| 7 | 0.4 | 8 | 41.49 | 50.00 | 0.83 | 250.7 | 208.05 |
| 8 | 0.4 | 10 | 24.80 | 50.00 | 0.50 | 392.1 | 194.45 |
| 9 | 0.4 | 12 | 10.75 | 50.00 | 0.21 | 564.9 | 121.43 |
| 10 | 0.4 | 15 | 11.15 | 50.00 | 0.22 | 882.9 | 196.95 |
| 11 | 3.0 | 15 | 60.48 | 50.00 | 1.21 | 113.1 | 136.81 |
| 12 | 3.0 | 19 | 37.13 | 50.00 | 0.74 | 184.3 | 136.88 |
| 13 | 3.0 | 24 | 23.22 | 50.00 | 0.46 | 296.9 | 137.86 |
| 14 | 3.0 | 30 | 14.54 | 50.00 | 0.29 | 466.5 | 135.65 |
| 15 | 3.0 | 37 | 10.95 | 50.00 | 0.22 | 712.1 | 155.97 |
| 16 | 3.0 | 47 | 7.90 | 50.00 | 0.16 | 1151.9 | 182.11 |
| 17 | 9.0 | 47 | 50.84 | 100.00 | 0.51 | 371.4 | 188.84 |
| 18 | 9.0 | 59 | 37.87 | 100.00 | 0.38 | 593.4 | 224.71 |
| 19 | 9.0 | 74 | 24.78 | 100.00 | 0.25 | 941.6 | 233.35 |
| 20 | 9.0 | 92 | 18.01 | 100.00 | 0.18 | 1463.1 | 263.54 |
| 21 | 9.0 | 115 | 13.81 | 100.00 | 0.14 | 2294.1 | 316.75 |
| 22 | 9.0 | 145 | 11.21 | 100.00 | 0.11 | 3655.4 | 409.72 |
| 23 | 29.0 | 145 | 19.43 | 50.00 | 0.39 | 1093.3 | 424.80 |
| 24 | 29.0 | 181 | 29.70 | 100.00 | 0.30 | 1729.0 | 513.49 |
| 25 | 29.0 | 227 | 21.81 | 100.00 | 0.22 | 2745.5 | 598.71 |
| 26 | 29.0 | 284 | 16.39 | 100.00 | 0.16 | 4323.2 | 708.41 |
| 27 | 29.0 | 356 | 11.64 | 100.00 | 0.12 | 6819.2 | 793.89 |
| 28 | 71.0 | 356 | 26.30 | 100.00 | 0.26 | 2692.4 | 708.04 |
| 29 | 71.0 | 446 | 21.41 | 100.00 | 0.21 | 4289.3 | 918.37 |
| 30 | 71.0 | 559 | 7.35 | 50.00 | 0.15 | 6801.8 | 999.37 |
| 31 | 71.0 | 700 | 7.14 | 50.00 | 0.14 | 10729.2 | 1531.700 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B2

FECHA: 01-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno - JVFS

RUMBO: N 50°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: El Topón - Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1282193

Y= 1129013

COTA= 3348

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|----------------|-----------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 142.10 | 27.10 | 159.20 | 30.80 | 15.1 | 78.51 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 89.10 | 24.80 | 89.50 | 26.70 | 23.9 | 83.04 |
| 3 | 0.4 | 3 | 62.00 | 24.20 | 63.00 | 25.30 | 34.7 | 87.69 |
| 4 | 0.4 | 4 | 53.10 | 33.30 | 53.70 | 33.60 | 62.2 | 99.30 |
| 5 | 0.4 | 5 | 30.60 | 28.90 | 30.90 | 29.60 | 97.5 | 102.56 |
| 6 | 0.4 | 6 | 18.10 | 23.90 | 18.30 | 24.40 | 140.7 | 106.07 |
| 7 | 0.4 | 8 | 11.80 | 27.50 | 12.00 | 27.70 | 250.7 | 108.09 |
| 8 | 0.4 | 10 | 5.20 | 19.90 | 5.40 | 20.10 | 392.1 | 103.89 |
| 9 | 0.4 | 12 | 2.70 | 16.10 | 2.70 | 16.40 | 564.9 | 93.86 |
| 10 | 0.4 | 15 | 1.20 | 16.40 | 1.00 | 16.20 | 882.9 | 59.55 |
| 11 | 3.0 | 15 | 10.30 | 16.20 | 11.20 | 17.10 | 113.1 | 72.99 |
| 12 | 3.0 | 19 | 3.10 | 8.30 | 3.00 | 8.50 | 184.3 | 66.94 |
| 13 | 3.0 | 24 | 4.40 | 16.70 | 4.70 | 17.20 | 296.9 | 79.67 |
| 14 | 3.0 | 30 | 5.50 | 28.70 | 5.30 | 28.60 | 466.5 | 87.93 |
| 15 | 3.0 | 37 | 4.10 | 27.90 | 4.30 | 28.40 | 712.1 | 106.23 |
| 16 | 3.0 | 47 | 1.00 | 10.10 | 1.10 | 10.10 | 1151.9 | 119.75 |
| 17 | 9.0 | 47 | 3.90 | 10.80 | 4.20 | 10.00 | 371.4 | 145.05 |
| 18 | 9.0 | 59 | 3.20 | 10.50 | 3.50 | 10.50 | 593.4 | 189.33 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.20 | 5.50 | 1.30 | 5.40 | 941.6 | 216.06 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.70 | 9.90 | 1.70 | 10.10 | 1463.1 | 248.75 |
| 21 | 9.0 | 115 | 1.30 | 11.20 | 1.30 | 11.30 | 2294.1 | 265.10 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.00 | 12.30 | 1.10 | 12.30 | 3655.4 | 312.05 |
| 23 | 29.0 | 145 | 3.00 | 12.30 | 3.30 | 12.30 | 1093.3 | 279.98 |
| 24 | 29.0 | 181 | 1.60 | 9.30 | 1.90 | 9.80 | 1729.0 | 316.33 |
| 25 | 29.0 | 227 | 1.10 | 8.20 | 1.20 | 8.30 | 2745.5 | 382.62 |
| 26 | 29.0 | 284 | 3.10 | 28.60 | 3.20 | 28.40 | 4323.2 | 477.86 |
| 27 | 29.0 | 356 | 2.10 | 23.60 | 2.20 | 23.30 | 6819.2 | 625.33 |
| 28 | 71.0 | 356 | 5.50 | 23.10 | 5.60 | 23.20 | 2692.4 | 645.46 |
| 29 | 71.0 | 446 | 4.40 | 27.40 | 4.90 | 27.80 | 4289.3 | 722.41 |
| 30 | 71.0 | 559 | 1.70 | 13.00 | 1.80 | 13.20 | 6801.8 | 908.49 |
| 31 | 71.0 | 700 | 1.10 | 12.70 | 1.10 | 12.60 | 10729.2 | 932.99 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B3

FECHA: 31-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno - JVFS

RUMBO: N 50°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - El Salado

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1282870

Y= 1129934

COTA= 3350

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 83.00 | 11.10 | 84.00 | 11.30 | 15.1 | 112.43 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 51.00 | 9.60 | 51.00 | 9.60 | 23.9 | 127.05 |
| 3 | 0.4 | 3 | 23.00 | 5.70 | 23.00 | 5.80 | 34.7 | 138.87 |
| 4 | 0.4 | 4 | 14.00 | 4.90 | 14.00 | 5.00 | 62.2 | 175.95 |
| 5 | 0.4 | 5 | 20.00 | 8.90 | 20.00 | 9.10 | 97.5 | 216.80 |
| 6 | 0.4 | 6 | 17.00 | 9.40 | 16.40 | 9.10 | 140.7 | 254.09 |
| 7 | 0.4 | 8 | 5.70 | 4.80 | 5.80 | 4.90 | 250.7 | 297.23 |
| 8 | 0.4 | 10 | 5.90 | 7.10 | 6.00 | 7.20 | 392.1 | 326.27 |
| 9 | 0.4 | 12 | 2.00 | 3.20 | 2.00 | 3.20 | 564.9 | 353.04 |
| 10 | 0.4 | 15 | 1.20 | 2.90 | 1.10 | 2.80 | 882.9 | 356.11 |
| 11 | 3.0 | 12 | 14.00 | 3.00 | 15.00 | 2.50 | 70.7 | 376.99 |
| 12 | 3.0 | 15 | 10.30 | 2.90 | 10.40 | 3.00 | 113.1 | 396.88 |
| 13 | 3.0 | 19 | 5.90 | 2.80 | 6.10 | 2.90 | 184.3 | 388.02 |
| 14 | 3.0 | 24 | 2.10 | 1.90 | 2.20 | 1.80 | 296.9 | 345.49 |
| 15 | 3.0 | 30 | 1.80 | 2.90 | 1.70 | 2.80 | 466.5 | 286.41 |
| 16 | 3.0 | 37 | 0.90 | 2.60 | 1.00 | 2.70 | 712.1 | 255.12 |
| 17 | 3.0 | 47 | 0.60 | 3.50 | 0.80 | 3.70 | 1151.9 | 223.27 |
| 18 | 9.0 | 37 | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 5.00 | 224.8 | 224.80 |
| 19 | 9.0 | 47 | 2.00 | 3.70 | 2.10 | 3.90 | 371.4 | 200.37 |
| 20 | 9.0 | 59 | 3.60 | 11.50 | 3.60 | 11.70 | 593.4 | 184.18 |
| 21 | 9.0 | 74 | 1.20 | 5.60 | 1.10 | 5.90 | 941.6 | 188.66 |
| 22 | 9.0 | 92 | 3.40 | 24.60 | 3.50 | 25.60 | 1463.1 | 201.13 |
| 23 | 9.0 | 115 | 3.70 | 36.10 | 3.80 | 36.90 | 2294.1 | 235.69 |
| 24 | 9.0 | 145 | 1.70 | 24.20 | 1.80 | 24.40 | 3655.4 | 263.22 |
| 25 | 29.0 | 115 | 8.00 | 30.00 | 10.00 | 25.00 | 670.8 | 223.59 |
| 26 | 29.0 | 145 | 6.00 | 24.30 | 6.00 | 24.60 | 1093.3 | 268.30 |
| 27 | 29.0 | 181 | 7.00 | 37.40 | 7.00 | 38.00 | 1729.0 | 321.05 |
| 28 | 29.0 | 227 | 3.50 | 25.90 | 3.40 | 25.90 | 2745.5 | 365.72 |
| 29 | 29.0 | 284 | 2.20 | 22.10 | 2.20 | 23.00 | 4323.2 | 421.94 |
| 30 | 29.0 | 356 | 1.70 | 22.50 | 2.00 | 23.60 | 6819.2 | 546.56 |
| 31 | 71.0 | 284 | 7.00 | 27.00 | 6.00 | 25.00 | 1672.9 | 417.60 |
| 32 | 71.0 | 356 | 4.40 | 22.90 | 4.40 | 23.50 | 2692.4 | 510.71 |
| 33 | 71.0 | 446 | 5.10 | 34.20 | 5.00 | 34.50 | 4289.3 | 630.63 |
| 34 | 71.0 | 559 | 6.90 | 56.90 | 6.80 | 59.20 | 6801.8 | 803.05 |
| 35 | 71.0 | 700 | 7.60 | 83.70 | 7.60 | 83.90 | 10729.2 | 973.05 |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B4

FECHA: 31-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno - JVFS

RUMBO: N 50°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - El Salaito

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1283551

Y= 1130357

COTA= 3350

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 376.00 | 18.20 | 382.00 | 18.40 | 15.1 | 312.30 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 165.00 | 14.20 | 168.00 | 14.40 | 23.9 | 278.45 |
| 3 | 0.4 | 3 | 122.00 | 13.90 | 130.00 | 15.10 | 34.7 | 301.78 |
| 4 | 0.4 | 4 | 56.00 | 10.80 | 58.00 | 11.80 | 62.2 | 314.14 |
| 5 | 0.4 | 5 | 48.00 | 13.90 | 49.00 | 14.10 | 97.5 | 337.92 |
| 6 | 0.4 | 6 | 31.80 | 13.20 | 32.70 | 13.20 | 140.7 | 343.86 |
| 7 | 0.4 | 8 | 22.70 | 17.50 | 23.10 | 18.00 | 250.7 | 323.46 |
| 8 | 0.4 | 10 | 9.80 | 13.00 | 9.60 | 13.00 | 392.1 | 292.55 |
| 9 | 0.4 | 12 | 8.70 | 18.80 | 8.70 | 19.00 | 564.9 | 260.02 |
| 10 | 0.4 | 15 | 2.80 | 11.00 | 2.50 | 10.90 | 882.9 | 213.63 |
| 11 | 3.0 | 15 | 23.80 | 10.90 | 23.60 | 11.10 | 113.1 | 243.70 |
| 12 | 3.0 | 19 | 15.80 | 20.70 | 16.00 | 21.30 | 184.3 | 139.56 |
| 13 | 3.0 | 24 | 8.20 | 16.40 | 7.20 | 16.10 | 296.9 | 140.60 |
| 14 | 3.0 | 30 | 3.80 | 17.00 | 3.90 | 17.00 | 466.5 | 105.65 |
| 15 | 3.0 | 37 | 1.50 | 12.70 | 1.80 | 13.60 | 712.1 | 89.18 |
| 16 | 3.0 | 47 | 1.30 | 19.10 | 1.40 | 19.30 | 1151.9 | 80.98 |
| 17 | 9.0 | 47 | 5.20 | 19.50 | 5.40 | 19.40 | 371.4 | 101.21 |
| 18 | 9.0 | 59 | 2.90 | 16.70 | 3.10 | 17.00 | 593.4 | 105.63 |
| 19 | 9.0 | 74 | 3.90 | 32.50 | 4.00 | 32.50 | 941.6 | 114.44 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.30 | 17.80 | 1.50 | 17.40 | 1463.1 | 116.49 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.60 | 11.50 | 0.70 | 11.70 | 2294.1 | 128.47 |
| 22 | 9.0 | 145 | 2.20 | 54.90 | 2.20 | 55.50 | 3655.4 | 145.69 |
| 23 | 29.0 | 145 | 8.20 | 55.90 | 8.10 | 55.80 | 1093.3 | 159.54 |
| 24 | 29.0 | 181 | 3.90 | 37.80 | 4.20 | 38.30 | 1729.0 | 183.99 |
| 25 | 29.0 | 227 | 2.50 | 32.00 | 2.50 | 32.60 | 2745.5 | 212.52 |
| 26 | 29.0 | 284 | 2.00 | 33.70 | 2.00 | 34.50 | 4323.2 | 253.60 |
| 27 | 29.0 | 356 | 0.50 | 10.20 | 0.60 | 10.40 | 6819.2 | 363.84 |
| 28 | 71.0 | 356 | 1.40 | 10.40 | 1.50 | 10.50 | 2692.4 | 373.53 |
| 29 | 71.0 | 446 | 1.60 | 15.40 | 1.60 | 15.60 | 4289.3 | 442.78 |
| 30 | 71.0 | 559 | 2.70 | 31.20 | 2.70 | 31.30 | 6801.8 | 587.67 |
| 31 | 71.0 | 700 | 1.20 | 19.40 | 1.30 | 20.20 | 10729.2 | 677.08 |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B5

FECHA: 31-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno - JVFS

RUMBO: N 50°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - La Playa

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1284506

Y= 1131359

COTA= 3340

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|----------------|-----------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 75.00 | 10.80 | 76.00 | 11.20 | 15.1 | 103.52 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 22.00 | 6.50 | 22.00 | 6.60 | 23.9 | 80.33 |
| 3 | 0.4 | 3 | 23.00 | 10.40 | 23.00 | 10.30 | 34.7 | 77.15 |
| 4 | 0.4 | 4 | 13.00 | 9.70 | 12.00 | 10.00 | 62.2 | 79.00 |
| 5 | 0.4 | 5 | 11.00 | 12.30 | 11.00 | 12.60 | 97.5 | 86.20 |
| 6 | 0.4 | 6 | 8.00 | 11.60 | 8.00 | 12.60 | 140.7 | 93.21 |
| 7 | 0.4 | 8 | 5.00 | 14.30 | 5.00 | 14.60 | 250.7 | 86.76 |
| 8 | 0.4 | 10 | 4.00 | 20.20 | 5.00 | 21.10 | 392.1 | 85.27 |
| 9 | 0.4 | 12 | 4.00 | 29.00 | 5.00 | 29.30 | 564.9 | 87.15 |
| 10 | 0.4 | 15 | 2.00 | 30.00 | 3.00 | 30.70 | 882.9 | 72.57 |
| 11 | 3.0 | 15 | 25.50 | 30.90 | 26.50 | 31.40 | 113.1 | 94.39 |
| 12 | 3.0 | 19 | 15.50 | 32.50 | 15.60 | 32.90 | 184.3 | 87.65 |
| 13 | 3.0 | 24 | 10.10 | 34.60 | 10.00 | 35.00 | 296.9 | 85.74 |
| 14 | 3.0 | 30 | 5.80 | 31.50 | 5.70 | 31.90 | 466.5 | 84.63 |
| 15 | 3.0 | 37 | 4.30 | 37.30 | 4.30 | 37.30 | 712.1 | 82.09 |
| 16 | 3.0 | 47 | 3.30 | 44.50 | 3.40 | 45.00 | 1151.9 | 86.23 |
| 17 | 9.0 | 47 | 11.70 | 45.30 | 11.70 | 44.50 | 371.4 | 96.79 |
| 18 | 9.0 | 59 | 3.40 | 18.60 | 3.60 | 18.90 | 593.4 | 110.75 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.30 | 9.40 | 1.20 | 9.30 | 941.6 | 125.86 |
| 20 | 9.0 | 92 | 3.10 | 28.50 | 3.00 | 29.10 | 1463.1 | 154.99 |
| 21 | 9.0 | 115 | 2.10 | 27.60 | 1.80 | 27.80 | 2294.1 | 161.54 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.30 | 24.30 | 1.20 | 24.10 | 3655.4 | 188.78 |
| 23 | 29.0 | 145 | 4.30 | 24.60 | 4.00 | 24.30 | 1093.3 | 185.53 |
| 24 | 29.0 | 181 | 2.00 | 16.70 | 2.00 | 16.50 | 1729.0 | 208.32 |
| 25 | 29.0 | 227 | 1.00 | 11.00 | 1.00 | 11.20 | 2745.5 | 247.37 |
| 26 | 29.0 | 284 | 1.70 | 23.60 | 1.40 | 24.00 | 4323.2 | 281.80 |
| 27 | 29.0 | 356 | 2.50 | 48.70 | 2.50 | 50.50 | 6819.2 | 343.82 |
| 28 | 71.0 | 356 | 6.50 | 49.00 | 6.40 | 49.10 | 2692.4 | 354.05 |
| 29 | 71.0 | 446 | 5.10 | 48.90 | 5.40 | 49.20 | 4289.3 | 459.06 |
| 30 | 71.0 | 559 | 4.60 | 61.40 | 4.60 | 66.20 | 6801.8 | 491.10 |
| 31 | 71.0 | 700 | 3.70 | 65.00 | 3.70 | 66.60 | 10729.2 | 603.40 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B6

FECHA: 31-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno - JVFS

RUMBO: N 80°W

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1285563

Y= 1131871

COTA= 3340

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 134.00 | 23.70 | 132.00 | 21.30 | 15.1 | 89.36 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 67.00 | 15.50 | 66.00 | 15.80 | 23.9 | 101.64 |
| 3 | 0.4 | 3 | 53.80 | 17.80 | 54.30 | 17.70 | 34.7 | 105.71 |
| 4 | 0.4 | 4 | 44.30 | 21.90 | 44.40 | 22.60 | 62.2 | 124.02 |
| 5 | 0.4 | 5 | 39.90 | 28.80 | 39.00 | 28.10 | 97.5 | 135.26 |
| 6 | 0.4 | 6 | 51.50 | 52.10 | 52.20 | 53.00 | 140.7 | 138.87 |
| 7 | 0.4 | 8 | 20.40 | 33.20 | 20.80 | 33.10 | 250.7 | 155.79 |
| 8 | 0.4 | 10 | 11.50 | 27.30 | 11.60 | 27.60 | 392.1 | 164.97 |
| 9 | 0.4 | 12 | 6.40 | 22.30 | 6.20 | 22.20 | 564.9 | 159.93 |
| 10 | 0.4 | 15 | 8.10 | 41.50 | 8.20 | 42.10 | 882.9 | 172.15 |
| 11 | 3.0 | 15 | 68.70 | 38.00 | 69.30 | 37.60 | 113.1 | 206.46 |
| 12 | 3.0 | 19 | 33.30 | 27.20 | 33.10 | 26.60 | 184.3 | 227.49 |
| 13 | 3.0 | 24 | 16.90 | 21.90 | 16.80 | 22.10 | 296.9 | 227.39 |
| 14 | 3.0 | 30 | 8.30 | 17.30 | 8.30 | 17.50 | 466.5 | 222.55 |
| 15 | 3.0 | 37 | 5.10 | 19.20 | 5.40 | 19.00 | 712.1 | 195.77 |
| 16 | 3.0 | 47 | 3.60 | 23.70 | 3.70 | 23.80 | 1151.9 | 177.03 |
| 17 | 9.0 | 47 | 11.00 | 23.80 | 11.10 | 24.10 | 371.4 | 171.36 |
| 18 | 9.0 | 59 | 5.30 | 22.00 | 5.40 | 22.20 | 593.4 | 143.65 |
| 19 | 9.0 | 74 | 2.30 | 15.00 | 2.30 | 15.20 | 941.6 | 143.43 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.70 | 18.80 | 1.90 | 18.90 | 1463.1 | 139.69 |
| 21 | 9.0 | 115 | 3.00 | 49.30 | 3.30 | 50.60 | 2294.1 | 144.61 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.50 | 35.80 | 1.60 | 36.20 | 3655.4 | 157.36 |
| 23 | 29.0 | 145 | 9.80 | 70.30 | 9.90 | 71.10 | 1093.3 | 152.32 |
| 24 | 29.0 | 181 | 5.60 | 58.20 | 5.70 | 58.70 | 1729.0 | 167.12 |
| 25 | 29.0 | 227 | 6.00 | 81.50 | 5.90 | 83.80 | 2745.5 | 197.71 |
| 26 | 29.0 | 284 | 0.70 | 14.50 | 0.90 | 15.60 | 4323.2 | 229.06 |
| 27 | 29.0 | 356 | 0.80 | 20.50 | 1.10 | 20.90 | 6819.2 | 312.51 |
| 28 | 71.0 | 356 | 2.40 | 20.50 | 2.40 | 20.90 | 2692.4 | 312.19 |
| 29 | 71.0 | 446 | 8.60 | 99.10 | 8.80 | 100.10 | 4289.3 | 374.65 |
| 30 | 71.0 | 559 | 3.70 | 57.00 | 3.80 | 58.20 | 6801.8 | 442.81 |
| 31 | 71.0 | 700 | 2.40 | 47.50 | 2.30 | 48.50 | 10729.2 | 525.46 |
| 32 | 140.0 | 700 | 2.30 | 47.50 | 2.30 | 48.70 | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: **G1-08 B7**

FECHA: 29-Julio-08

DESARROLLADO POR: Fernando González

RUMBO: N 38°W

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: SAS 1000

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - Vereda Parra Juan Rodríguez

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____ Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1280136

Y= 1126774

COTA= 3350

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA | | RESISTENCIA Ohmios | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m | |
|--------|----------|----------|---------|--------|--------------------|-------------|--------------------------------|--|
| | | | V (mV) | I (mA) | | | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 308.84 | 50.00 | 6.18 | 15.1 | 93.1430 | |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 139.97 | 50.00 | 2.80 | 23.9 | 66.9470 | |
| 3 | 0.4 | 3 | 86.13 | 50.00 | 1.72 | 34.7 | 59.7990 | |
| 4 | 0.4 | 4 | 57.66 | 50.00 | 1.15 | 62.2 | 71.7320 | |
| 5 | 0.4 | 5 | 48.16 | 50.00 | 0.96 | 97.5 | 93.9590 | |
| 6 | 0.4 | 6 | 34.23 | 50.00 | 0.68 | 140.7 | 96.3480 | |
| 7 | 0.4 | 8 | 20.43 | 50.00 | 0.41 | 250.7 | 102.4600 | |
| 8 | 0.4 | 10 | 14.63 | 50.00 | 0.29 | 392.1 | 114.7000 | |
| 9 | 0.4 | 12 | 9.28 | 50.00 | 0.19 | 564.9 | 104.8000 | |
| 10 | 0.4 | 15 | 5.82 | 50.00 | 0.12 | 882.9 | 102.7600 | |
| 11 | 3.0 | 15 | 52.30 | 50.00 | 1.05 | 113.1 | 118.2900 | |
| 12 | 3.0 | 19 | 31.90 | 50.00 | 0.64 | 184.3 | 117.5900 | |
| 13 | 3.0 | 24 | 19.95 | 50.00 | 0.40 | 296.9 | 118.4300 | |
| 14 | 3.0 | 30 | 13.42 | 50.00 | 0.27 | 466.5 | 125.2100 | |
| 15 | 3.0 | 37 | 9.36 | 50.00 | 0.19 | 712.1 | 133.2800 | |
| 16 | 3.0 | 47 | 6.41 | 50.00 | 0.13 | 1151.9 | 147.7800 | |
| 17 | 9.0 | 47 | 17.74 | 50.00 | 0.35 | 371.4 | 131.7700 | |
| 18 | 9.0 | 59 | 11.56 | 50.00 | 0.23 | 593.4 | 137.2300 | |
| 19 | 9.0 | 74 | 13.73 | 100.00 | 0.14 | 941.6 | 129.2700 | |
| 20 | 9.0 | 92 | 9.38 | 100.00 | 0.09 | 1463.1 | 137.1900 | |
| 21 | 9.0 | 115 | 7.91 | 100.00 | 0.08 | 2294.1 | 181.3600 | |
| 22 | 9.0 | 145 | 6.65 | 100.00 | 0.07 | 3655.4 | 243.2100 | |
| 23 | 29.0 | 145 | 21.64 | 100.00 | 0.22 | 1093.3 | 236.6300 | |
| 24 | 29.0 | 181 | 16.39 | 100.00 | 0.16 | 1729.0 | 283.3800 | |
| 25 | 29.0 | 227 | 11.20 | 100.00 | 0.11 | 2745.5 | 307.4600 | |
| 26 | 29.0 | 284 | 8.83 | 100.00 | 0.09 | 4323.2 | 381.8000 | |
| 27 | 29.0 | 356 | 6.72 | 100.00 | 0.07 | 6819.2 | 458.5700 | |
| 28 | 71.0 | 356 | | | | 2692.4 | | |
| 29 | 71.0 | 446 | | | | 4289.3 | | |
| 30 | 71.0 | 559 | | | | 6801.8 | | |
| 31 | 71.0 | 700 | | | | 10729.2 | | |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | 5277.9 | | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | 8409.7 | | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | 13306.9 | | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B8

FECHA: 02-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 45°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1282097

Y= 1127388

COTA= 3455

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|----------------|-----------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 566.00 | 2.10 | 563.00 | 2.20 | 15.1 | 3961.67 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 378.00 | 3.10 | 387.00 | 3.20 | 23.9 | 2904.20 |
| 3 | 0.4 | 3 | 106.40 | 1.50 | 107.70 | 1.60 | 34.7 | 2399.57 |
| 4 | 0.4 | 4 | 58.70 | 3.30 | 59.70 | 3.50 | 62.2 | 1083.74 |
| 5 | 0.4 | 5 | 14.80 | 1.30 | 14.30 | 1.40 | 97.5 | 1053.45 |
| 6 | 0.4 | 6 | 4.30 | 0.70 | 4.20 | 0.80 | 140.7 | 801.73 |
| 7 | 0.4 | 8 | 6.20 | 2.90 | 5.80 | 3.00 | 250.7 | 510.33 |
| 8 | 0.4 | 10 | 1.50 | 1.10 | 1.30 | 1.20 | 392.1 | 479.69 |
| 9 | 0.4 | 12 | 1.40 | 1.50 | 1.00 | 1.50 | 564.9 | 451.89 |
| 10 | 0.4 | 15 | 0.80 | 3.50 | 0.60 | 3.50 | 882.9 | 176.59 |
| 11 | 3.0 | 15 | 11.90 | 3.70 | 12.00 | 3.70 | 113.1 | 365.27 |
| 12 | 3.0 | 19 | 2.70 | 1.40 | 2.80 | 1.40 | 184.3 | 362.03 |
| 13 | 3.0 | 24 | 0.90 | 0.80 | 0.90 | 0.80 | 296.9 | 333.99 |
| 14 | 3.0 | 30 | 0.60 | 0.80 | 0.50 | 0.80 | 466.5 | 320.74 |
| 15 | 3.0 | 37 | 1.10 | 1.70 | 1.60 | 1.70 | 712.1 | 565.49 |
| 16 | 3.0 | 47 | 2.60 | 7.00 | 2.60 | 7.10 | 1151.9 | 424.84 |
| 17 | 9.0 | 47 | 7.50 | 6.80 | 7.60 | 7.10 | 371.4 | 403.60 |
| 18 | 9.0 | 59 | 1.00 | 1.20 | 0.80 | 0.30 | 593.4 | 1038.47 |
| 19 | 9.0 | 74 | 0.70 | 1.60 | 0.90 | 1.50 | 941.6 | 488.46 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.20 | 3.40 | 1.30 | 3.50 | 1463.1 | 529.92 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.30 | 1.00 | 0.20 | 1.00 | 2294.1 | 573.52 |
| 22 | 9.0 | 145 | 0.70 | 2.70 | 0.70 | 2.40 | 3655.4 | 1006.93 |
| 23 | 29.0 | 145 | 2.00 | 2.60 | 1.80 | 2.60 | 1093.3 | 798.93 |
| 24 | 29.0 | 181 | 1.10 | 2.30 | 1.10 | 2.40 | 1729.0 | 809.67 |
| 25 | 29.0 | 227 | 1.20 | 3.50 | 1.30 | 3.50 | 2745.5 | 980.55 |
| 26 | 29.0 | 284 | 0.40 | 1.50 | 0.40 | 1.30 | 4323.2 | 1241.54 |
| 27 | 29.0 | 356 | 2.10 | 11.20 | 2.30 | 11.60 | 6819.2 | 1315.33 |
| 28 | 71.0 | 356 | 4.20 | 10.00 | 4.20 | 10.30 | 2692.4 | 1114.33 |
| 29 | 71.0 | 446 | 1.10 | 3.90 | 1.30 | 3.90 | 4289.3 | 1319.78 |
| 30 | 71.0 | 559 | 5.10 | 22.60 | 5.10 | 23.20 | 6801.8 | 1515.06 |
| 31 | 71.0 | 700 | | | | | 10729.2 | |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B9

FECHA: 26-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 50°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - vereda Cabillal

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1283231

Y= 1127380

COTA= 3398

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|----------------|-----------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 220.00 | 9.20 | 220.00 | 9.40 | 15.1 | 356.76 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 111.00 | 7.80 | 112.00 | 7.40 | 23.9 | 351.15 |
| 3 | 0.4 | 3 | 50.00 | 5.40 | 51.00 | 5.60 | 34.7 | 318.79 |
| 4 | 0.4 | 4 | 36.00 | 6.80 | 35.00 | 6.90 | 62.2 | 322.42 |
| 5 | 0.4 | 5 | 22.10 | 6.50 | 22.10 | 6.60 | 97.5 | 329.15 |
| 6 | 0.4 | 6 | 14.70 | 6.50 | 15.00 | 6.50 | 140.7 | 321.54 |
| 7 | 0.4 | 8 | 8.60 | 6.60 | 8.10 | 6.60 | 250.7 | 317.17 |
| 8 | 0.4 | 10 | 4.00 | 5.00 | 3.90 | 5.00 | 392.1 | 309.74 |
| 9 | 0.4 | 12 | 2.90 | 5.10 | 2.10 | 5.00 | 564.9 | 279.22 |
| 10 | 0.4 | 15 | 1.20 | 4.70 | 1.30 | 4.60 | 882.9 | 237.48 |
| 11 | 3.0 | 15 | 10.90 | 4.70 | 10.70 | 4.60 | 113.1 | 262.68 |
| 12 | 3.0 | 19 | 7.90 | 5.60 | 7.50 | 5.50 | 184.3 | 255.67 |
| 13 | 3.0 | 24 | 6.80 | 8.00 | 5.40 | 8.30 | 296.9 | 222.75 |
| 14 | 3.0 | 30 | 4.00 | 8.70 | 4.20 | 8.80 | 466.5 | 218.58 |
| 15 | 3.0 | 37 | 1.30 | 4.90 | 1.30 | 4.80 | 712.1 | 190.89 |
| 16 | 3.0 | 47 | 1.00 | 5.10 | 1.00 | 5.20 | 1151.9 | 223.69 |
| 17 | 9.0 | 47 | 3.20 | 5.20 | 3.50 | 5.20 | 371.4 | 239.27 |
| 18 | 9.0 | 59 | 2.30 | 5.40 | 2.30 | 5.30 | 593.4 | 255.13 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.60 | 4.90 | 1.50 | 5.00 | 941.6 | 294.97 |
| 20 | 9.0 | 92 | 0.60 | 2.60 | 0.70 | 2.60 | 1463.1 | 365.78 |
| 21 | 9.0 | 115 | 1.80 | 10.40 | 1.80 | 10.60 | 2294.1 | 393.30 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.30 | 8.70 | 1.30 | 8.90 | 3655.4 | 540.07 |
| 23 | 29.0 | 145 | 3.80 | 8.80 | 3.70 | 8.60 | 1093.3 | 471.23 |
| 24 | 29.0 | 181 | 9.50 | 32.30 | 9.50 | 32.30 | 1729.0 | 508.52 |
| 25 | 29.0 | 227 | 4.20 | 18.40 | 4.40 | 18.70 | 2745.5 | 636.35 |
| 26 | 29.0 | 284 | 2.90 | 17.30 | 2.60 | 17.60 | 4323.2 | 681.68 |
| 27 | 29.0 | 356 | 3.30 | 26.40 | 3.30 | 26.20 | 6819.2 | 855.65 |
| 28 | 71.0 | 356 | 7.60 | 25.90 | 7.40 | 26.50 | 2692.4 | 770.93 |
| 29 | 71.0 | 446 | 3.30 | 16.40 | 3.20 | 16.30 | 4289.3 | 852.57 |
| 30 | 71.0 | 559 | 7.20 | 51.50 | 7.70 | 50.20 | 6801.8 | 997.11 |
| 31 | 71.0 | 700 | 1.20 | 12.70 | 1.20 | 12.90 | 10729.2 | 1005.92 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B10

FECHA: 29-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 57°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1284403

Y= 1128058

COTA= 3347

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 110.00 | 10.00 | 108.80 | 9.90 | 15.1 | 165.80 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 29.50 | 5.60 | 29.30 | 5.70 | 23.9 | 124.46 |
| 3 | 0.4 | 3 | 24.20 | 7.20 | 24.00 | 7.20 | 34.7 | 116.20 |
| 4 | 0.4 | 4 | 7.30 | 4.80 | 7.00 | 4.70 | 62.2 | 93.62 |
| 5 | 0.4 | 5 | 4.80 | 5.20 | 4.90 | 5.30 | 97.5 | 90.11 |
| 6 | 0.4 | 6 | 3.50 | 5.40 | 3.60 | 5.50 | 140.7 | 91.67 |
| 7 | 0.4 | 8 | 2.10 | 5.70 | 2.00 | 5.60 | 250.7 | 90.95 |
| 8 | 0.4 | 10 | 1.50 | 6.40 | 1.50 | 6.50 | 392.1 | 91.18 |
| 9 | 0.4 | 12 | 1.60 | 10.20 | 1.70 | 10.40 | 564.9 | 90.47 |
| 10 | 0.4 | 15 | 1.30 | 12.60 | 1.20 | 12.00 | 882.9 | 89.70 |
| 11 | 3.0 | 15 | 9.80 | 12.80 | 10.30 | 13.10 | 113.1 | 87.76 |
| 12 | 3.0 | 19 | 7.30 | 15.60 | 7.50 | 15.80 | 184.3 | 86.87 |
| 13 | 3.0 | 24 | 4.50 | 15.20 | 4.70 | 15.80 | 296.9 | 88.10 |
| 14 | 3.0 | 30 | 4.20 | 20.20 | 4.30 | 20.60 | 466.5 | 97.19 |
| 15 | 3.0 | 37 | 2.60 | 17.50 | 2.60 | 17.80 | 712.1 | 104.91 |
| 16 | 3.0 | 47 | 0.80 | 7.10 | 0.70 | 7.10 | 1151.9 | 121.68 |
| 17 | 9.0 | 47 | 2.20 | 7.30 | 2.30 | 7.30 | 371.4 | 114.47 |
| 18 | 9.0 | 59 | 2.70 | 12.40 | 2.70 | 12.40 | 593.4 | 129.21 |
| 19 | 9.0 | 74 | 3.20 | 21.40 | 3.30 | 22.10 | 941.6 | 140.70 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.30 | 11.90 | 1.30 | 11.90 | 1463.1 | 159.84 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.50 | 5.80 | 0.50 | 5.90 | 2294.1 | 196.09 |
| 22 | 9.0 | 145 | 0.90 | 15.00 | 1.00 | 15.20 | 3655.4 | 229.91 |
| 23 | 29.0 | 145 | 3.10 | 15.00 | 3.30 | 15.20 | 1093.3 | 231.65 |
| 24 | 29.0 | 181 | 1.90 | 13.60 | 2.00 | 13.50 | 1729.0 | 248.84 |
| 25 | 29.0 | 227 | 1.40 | 14.40 | 1.30 | 14.30 | 2745.5 | 258.26 |
| 26 | 29.0 | 284 | 5.40 | 76.60 | 5.50 | 77.60 | 4323.2 | 305.59 |
| 27 | 29.0 | 356 | 1.10 | 20.10 | 1.10 | 20.10 | 6819.2 | 373.19 |
| 28 | 71.0 | 356 | 3.10 | 20.50 | 3.30 | 20.10 | 2692.4 | 424.58 |
| 29 | 71.0 | 446 | 11.90 | 99.20 | 12.00 | 100.00 | 4289.3 | 514.63 |
| 30 | 71.0 | 559 | 2.80 | 32.20 | 2.80 | 32.50 | 6801.8 | 588.73 |
| 31 | 71.0 | 700 | 3.60 | 50.60 | 3.60 | 51.20 | 10729.2 | 758.87 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B11

FECHA: 27-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: E -W

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín- vereda Cadillal

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1285449

Y= 1128235

COTA= 3347

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 349.00 | 25.89 | 343.00 | 26.17 | 15.1 | 200.46 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 166.00 | 21.32 | 167.00 | 21.64 | 23.9 | 185.38 |
| 3 | 0.4 | 3 | 96.00 | 19.74 | 98.00 | 20.04 | 34.7 | 169.29 |
| 4 | 0.4 | 4 | 63.10 | 30.76 | 64.20 | 31.45 | 62.2 | 127.29 |
| 5 | 0.4 | 5 | 33.00 | 26.04 | 33.50 | 26.38 | 97.5 | 123.75 |
| 6 | 0.4 | 6 | 20.50 | 25.41 | 20.60 | 25.83 | 140.7 | 112.90 |
| 7 | 0.4 | 8 | 9.90 | 23.67 | 10.50 | 23.92 | 250.7 | 107.45 |
| 8 | 0.4 | 10 | 7.50 | 28.02 | 7.50 | 28.58 | 392.1 | 103.92 |
| 9 | 0.4 | 12 | 6.30 | 33.84 | 6.40 | 34.33 | 564.9 | 105.23 |
| 10 | 0.4 | 15 | 3.10 | 25.15 | 2.90 | 29.54 | 882.9 | 97.76 |
| 11 | 3.0 | 15 | 20.60 | 25.30 | 21.00 | 25.74 | 113.1 | 92.18 |
| 12 | 3.0 | 19 | 9.20 | 21.06 | 9.10 | 21.34 | 184.3 | 79.55 |
| 13 | 3.0 | 24 | 6.00 | 25.11 | 6.00 | 25.57 | 296.9 | 70.30 |
| 14 | 3.0 | 30 | 3.20 | 22.15 | 3.00 | 22.47 | 466.5 | 64.84 |
| 15 | 3.0 | 37 | 1.80 | 20.42 | 1.60 | 20.77 | 712.1 | 58.81 |
| 16 | 3.0 | 47 | 1.20 | 23.82 | 1.20 | 24.33 | 1151.9 | 57.42 |
| 17 | 9.0 | 47 | 4.11 | 23.90 | 4.12 | 23.36 | 371.4 | 64.69 |
| 18 | 9.0 | 59 | 2.60 | 23.80 | 2.70 | 24.37 | 593.4 | 65.29 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.70 | 25.24 | 2.00 | 25.59 | 941.6 | 68.51 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.10 | 22.13 | 1.40 | 22.75 | 1463.1 | 81.38 |
| 21 | 9.0 | 115 | 3.20 | 91.68 | 3.30 | 93.36 | 2294.1 | 80.58 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.80 | 78.67 | 1.90 | 74.35 | 3655.4 | 88.53 |
| 23 | 29.0 | 145 | 6.20 | 73.68 | 6.40 | 74.27 | 1093.3 | 93.10 |
| 24 | 29.0 | 181 | 0.70 | 11.92 | 0.90 | 12.80 | 1729.0 | 111.55 |
| 25 | 29.0 | 227 | 3.00 | 67.68 | 3.30 | 69.18 | 2745.5 | 126.33 |
| 26 | 29.0 | 284 | 5.30 | 146.07 | 5.40 | 146.95 | 4323.2 | 157.86 |
| 27 | 29.0 | 356 | 5.00 | 163.04 | 5.30 | 165.04 | 6819.2 | 214.06 |
| 28 | 71.0 | 356 | 12.10 | 163.52 | 11.70 | 163.62 | 2692.4 | 195.88 |
| 29 | 71.0 | 446 | 4.20 | 74.30 | 4.40 | 73.20 | 4289.3 | 250.14 |
| 30 | 71.0 | 559 | 7.40 | 159.43 | 7.10 | 160.00 | 6801.8 | 308.77 |
| 31 | 71.0 | 700 | 8.70 | 236.30 | 8.60 | 238.10 | 10729.2 | 391.28 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: **G1-08 B12**

FECHA: 27-Julio-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 70°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín- vereda Cadillal

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1285882

Y= 1128960

COTA= 3350

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 167.00 | 31.80 | 170.00 | 32.40 | 15.1 | 79.16 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 107.00 | 30.80 | 110.00 | 31.30 | 23.9 | 83.57 |
| 3 | 0.4 | 3 | 88.00 | 33.50 | 88.00 | 34.10 | 34.7 | 90.39 |
| 4 | 0.4 | 4 | 43.10 | 25.20 | 42.80 | 25.10 | 62.2 | 106.23 |
| 5 | 0.4 | 5 | 39.10 | 33.20 | 39.40 | 33.20 | 97.5 | 115.32 |
| 6 | 0.4 | 6 | 23.20 | 26.80 | 23.00 | 27.10 | 140.7 | 120.64 |
| 7 | 0.4 | 8 | 17.20 | 35.30 | 17.10 | 36.10 | 250.7 | 120.45 |
| 8 | 0.4 | 10 | 3.70 | 16.30 | 4.70 | 16.70 | 392.1 | 99.67 |
| 9 | 0.4 | 12 | 3.30 | 21.10 | 3.20 | 21.40 | 564.9 | 86.40 |
| 10 | 0.4 | 15 | 1.70 | 23.10 | 1.60 | 23.00 | 882.9 | 63.20 |
| 11 | 3.0 | 15 | 14.20 | 23.40 | 13.90 | 23.20 | 113.1 | 68.20 |
| 12 | 3.0 | 19 | 5.60 | 21.20 | 5.60 | 21.40 | 184.3 | 48.46 |
| 13 | 3.0 | 24 | 2.80 | 25.30 | 2.60 | 25.60 | 296.9 | 31.50 |
| 14 | 3.0 | 30 | 2.20 | 34.30 | 2.30 | 34.60 | 466.5 | 30.47 |
| 15 | 3.0 | 37 | 2.30 | 49.60 | 2.00 | 50.10 | 712.1 | 30.72 |
| 16 | 3.0 | 47 | 1.80 | 56.50 | 1.60 | 57.40 | 1151.9 | 34.40 |
| 17 | 9.0 | 47 | 5.40 | 56.90 | 5.40 | 57.50 | 371.4 | 35.06 |
| 18 | 9.0 | 59 | 1.90 | 28.00 | 1.80 | 28.50 | 593.4 | 38.87 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.60 | 30.60 | 1.30 | 31.10 | 941.6 | 44.30 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.00 | 23.60 | 0.70 | 23.90 | 1463.1 | 52.42 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.80 | 23.30 | 0.60 | 23.70 | 2294.1 | 68.42 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.30 | 60.00 | 1.30 | 60.05 | 3655.4 | 79.17 |
| 23 | 29.0 | 145 | 5.00 | 60.00 | 5.10 | 61.80 | 1093.3 | 90.66 |
| 24 | 29.0 | 181 | 3.80 | 56.10 | 3.60 | 57.60 | 1729.0 | 112.59 |
| 25 | 29.0 | 227 | 3.60 | 70.00 | 3.60 | 70.40 | 2745.5 | 140.80 |
| 26 | 29.0 | 284 | 3.07 | 88.40 | 3.07 | 90.60 | 4323.2 | 148.32 |
| 27 | 29.0 | 356 | 3.90 | 108.20 | 4.00 | 110.60 | 6819.2 | 246.21 |
| 28 | 71.0 | 356 | 9.50 | 107.10 | 9.80 | 111.40 | 2692.4 | 237.83 |
| 29 | 71.0 | 446 | 13.30 | 185.10 | 13.30 | 186.40 | 4289.3 | 307.12 |
| 30 | 71.0 | 559 | 5.40 | 89.70 | 5.40 | 92.00 | 6801.8 | 404.35 |
| 31 | 71.0 | 700 | 4.20 | 90.60 | 4.10 | 91.20 | 10729.2 | 489.86 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B13

FECHA: 01-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: E-W

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1285316

Y= 1130980

COTA= 3405

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 621.00 | 11.90 | 627.00 | 12.50 | 15.1 | 771.66 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 365.00 | 10.40 | 361.00 | 10.70 | 23.9 | 823.10 |
| 3 | 0.4 | 3 | 290.60 | 12.50 | 290.60 | 12.60 | 34.7 | 803.84 |
| 4 | 0.4 | 4 | 94.70 | 7.60 | 94.10 | 7.80 | 62.2 | 762.76 |
| 5 | 0.4 | 5 | 54.30 | 7.60 | 54.00 | 7.40 | 97.5 | 704.38 |
| 6 | 0.4 | 6 | 46.00 | 10.40 | 45.70 | 10.50 | 140.7 | 617.54 |
| 7 | 0.4 | 8 | 18.00 | 9.90 | 18.30 | 10.00 | 250.7 | 457.30 |
| 8 | 0.4 | 10 | 7.50 | 8.80 | 7.60 | 9.00 | 392.1 | 332.62 |
| 9 | 0.4 | 12 | 4.30 | 9.10 | 4.40 | 9.10 | 564.9 | 270.01 |
| 10 | 0.4 | 15 | 2.20 | 12.00 | 2.30 | 12.50 | 882.9 | 162.17 |
| 11 | 3.0 | 15 | 22.70 | 8.90 | 23.90 | 9.00 | 113.1 | 294.40 |
| 12 | 3.0 | 19 | 35.80 | 21.90 | 35.90 | 21.20 | 184.3 | 306.70 |
| 13 | 3.0 | 24 | 12.50 | 19.80 | 12.90 | 19.80 | 296.9 | 190.42 |
| 14 | 3.0 | 30 | 11.60 | 31.00 | 12.00 | 31.40 | 466.5 | 176.43 |
| 15 | 3.0 | 37 | 11.10 | 42.70 | 11.00 | 41.00 | 712.1 | 188.08 |
| 16 | 3.0 | 47 | 3.50 | 21.00 | 3.90 | 21.00 | 1151.9 | 202.96 |
| 17 | 9.0 | 47 | 11.80 | 20.90 | 12.20 | 21.20 | 371.4 | 211.71 |
| 18 | 9.0 | 59 | 16.40 | 33.30 | 16.30 | 39.10 | 593.4 | 269.82 |
| 19 | 9.0 | 74 | 4.10 | 13.40 | 4.30 | 13.50 | 941.6 | 294.01 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.40 | 6.90 | 1.70 | 6.90 | 1463.1 | 328.67 |
| 21 | 9.0 | 115 | 1.70 | 9.00 | 1.60 | 9.00 | 2294.1 | 420.58 |
| 22 | 9.0 | 145 | 0.70 | 6.60 | 0.80 | 6.60 | 3655.4 | 415.39 |
| 23 | 29.0 | 145 | 2.30 | 6.60 | 2.40 | 6.70 | 1093.3 | 386.31 |
| 24 | 29.0 | 181 | 3.10 | 14.60 | 3.30 | 14.90 | 1729.0 | 375.02 |
| 25 | 29.0 | 227 | 3.20 | 22.90 | 3.30 | 23.00 | 2745.5 | 388.79 |
| 26 | 29.0 | 284 | 0.70 | 6.30 | 0.70 | 6.30 | 4323.2 | 480.36 |
| 27 | 29.0 | 356 | 0.90 | 7.40 | 0.90 | 7.90 | 6819.2 | 803.11 |
| 28 | 71.0 | 356 | | | | | 2692.4 | |
| 29 | 71.0 | 446 | | | | | 4289.3 | |
| 30 | 71.0 | 559 | | | | | 6801.8 | |
| 31 | 71.0 | 700 | | | | | 10729.2 | |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B14

FECHA: 01-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 37°W

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - vereda Cadillal

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1286310

Y= 1126453

COTA= 3380

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|--------|----------------|-----------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 839.00 | 14.20 | 835.00 | 14.30 | 15.1 | 885.75 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 523.00 | 18.40 | 524.00 | 15.50 | 23.9 | 744.13 |
| 3 | 0.4 | 3 | 280.00 | 13.40 | 282.00 | 13.50 | 34.7 | 725.26 |
| 4 | 0.4 | 4 | 107.70 | 12.40 | 108.30 | 12.30 | 62.2 | 543.98 |
| 5 | 0.4 | 5 | 18.00 | 4.80 | 18.20 | 4.90 | 97.5 | 364.06 |
| 6 | 0.4 | 6 | 12.00 | 7.40 | 12.30 | 7.50 | 140.7 | 229.53 |
| 7 | 0.4 | 8 | 2.20 | 4.00 | 2.20 | 4.00 | 250.7 | 137.88 |
| 8 | 0.4 | 10 | 1.20 | 4.60 | 1.10 | 4.80 | 392.1 | 96.06 |
| 9 | 0.4 | 12 | 1.00 | 8.60 | 1.20 | 8.70 | 564.9 | 71.80 |
| 10 | 0.4 | 15 | 0.70 | 13.40 | 0.80 | 13.60 | 882.9 | 49.03 |
| 11 | 3.0 | 15 | 7.00 | 13.50 | 7.00 | 13.90 | 113.1 | 57.80 |
| 12 | 3.0 | 19 | 2.20 | 9.80 | 2.20 | 10.00 | 184.3 | 40.96 |
| 13 | 3.0 | 24 | 0.40 | 2.60 | 0.40 | 2.70 | 296.9 | 44.83 |
| 14 | 3.0 | 30 | 0.50 | 6.50 | 0.50 | 6.60 | 466.5 | 35.61 |
| 15 | 3.0 | 37 | 0.80 | 20.20 | 0.80 | 20.50 | 712.1 | 28.00 |
| 16 | 3.0 | 47 | 0.40 | 14.00 | 0.40 | 14.20 | 1151.9 | 32.68 |
| 17 | 9.0 | 47 | 1.20 | 14.00 | 1.10 | 14.30 | 371.4 | 30.20 |
| 18 | 9.0 | 59 | 0.60 | 7.40 | 0.70 | 7.40 | 593.4 | 52.12 |
| 19 | 9.0 | 74 | 0.40 | 5.30 | 0.40 | 5.30 | 941.6 | 71.06 |
| 20 | 9.0 | 92 | 0.50 | 8.20 | 0.30 | 8.20 | 1463.1 | 71.37 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.10 | 2.30 | 0.10 | 2.30 | 2294.1 | 99.74 |
| 22 | 9.0 | 145 | 0.20 | 7.50 | 0.20 | 7.50 | 3655.4 | 97.48 |
| 23 | 29.0 | 145 | 0.30 | 2.60 | 0.30 | 2.70 | 1093.3 | 123.81 |
| 24 | 29.0 | 181 | 0.30 | 3.30 | 0.30 | 3.40 | 1729.0 | 154.87 |
| 25 | 29.0 | 227 | 0.30 | 8.80 | 0.50 | 9.00 | 2745.5 | 123.06 |
| 26 | 29.0 | 284 | 0.40 | 15.80 | 0.50 | 16.20 | 4323.2 | 121.44 |
| 27 | 29.0 | 356 | 0.50 | 19.30 | 0.30 | 19.40 | 6819.2 | 141.06 |
| 28 | 71.0 | 356 | 1.30 | 19.70 | 1.30 | 14.70 | 2692.4 | 207.88 |
| 29 | 71.0 | 446 | 0.90 | 13.80 | 0.90 | 14.00 | 4289.3 | 277.74 |
| 30 | 71.0 | 559 | 0.60 | 7.60 | 0.50 | 7.60 | 6801.8 | 492.23 |
| 31 | 71.0 | 700 | 0.40 | 5.70 | 0.30 | 5.70 | 10729.2 | 658.81 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: **G1-08 B15**

FECHA: 01-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 20°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - vereda Cadillal, finca La Esperanza

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1285758

Y= 1127352

COTA= 3349

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 324.00 | 2.90 | 327.00 | 2.90 | 15.1 | 1692.56 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 127.00 | 1.90 | 129.00 | 1.80 | 23.9 | 1656.24 |
| 3 | 0.4 | 3 | 176.00 | 3.90 | 178.00 | 3.90 | 34.7 | 1575.51 |
| 4 | 0.4 | 4 | 51.00 | 2.30 | 53.00 | 2.20 | 62.2 | 1438.92 |
| 5 | 0.4 | 5 | 36.00 | 2.40 | 35.00 | 2.30 | 97.5 | 1473.80 |
| 6 | 0.4 | 6 | 22.20 | 2.20 | 21.90 | 2.20 | 140.7 | 1410.63 |
| 7 | 0.4 | 8 | 8.80 | 1.80 | 11.50 | 1.90 | 250.7 | 1371.51 |
| 8 | 0.4 | 10 | 7.50 | 2.70 | 9.60 | 2.70 | 392.1 | 1241.56 |
| 9 | 0.4 | 12 | 7.50 | 5.00 | 9.80 | 5.20 | 564.9 | 955.91 |
| 10 | 0.4 | 15 | 4.50 | 5.40 | 4.60 | 5.30 | 882.9 | 751.06 |
| 11 | 3.0 | 15 | 28.40 | 5.30 | 28.40 | 5.30 | 113.1 | 606.03 |
| 12 | 3.0 | 19 | 15.00 | 5.70 | 14.90 | 5.60 | 184.3 | 487.70 |
| 13 | 3.0 | 24 | 6.80 | 5.90 | 6.80 | 5.80 | 296.9 | 345.12 |
| 14 | 3.0 | 30 | 3.00 | 6.60 | 2.90 | 6.60 | 466.5 | 208.52 |
| 15 | 3.0 | 37 | 1.10 | 5.90 | 1.00 | 6.00 | 712.1 | 125.72 |
| 16 | 3.0 | 47 | 1.60 | 21.60 | 1.50 | 21.17 | 1151.9 | 83.47 |
| 17 | 9.0 | 47 | 4.70 | 21.50 | 5.00 | 21.90 | 371.4 | 82.99 |
| 18 | 9.0 | 59 | 2.40 | 22.70 | 2.90 | 22.70 | 593.4 | 69.27 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.30 | 16.70 | 1.30 | 17.00 | 941.6 | 72.65 |
| 20 | 9.0 | 92 | 0.60 | 11.70 | 0.70 | 11.80 | 1463.1 | 80.91 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.80 | 22.70 | 0.70 | 23.00 | 2294.1 | 75.33 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.20 | 47.00 | 1.10 | 47.00 | 3655.4 | 89.44 |
| 23 | 29.0 | 145 | 3.10 | 45.60 | 3.00 | 47.80 | 1093.3 | 71.47 |
| 24 | 29.0 | 181 | 1.00 | 17.30 | 0.80 | 17.60 | 1729.0 | 89.26 |
| 25 | 29.0 | 227 | 1.10 | 27.60 | 1.10 | 27.40 | 2745.5 | 109.82 |
| 26 | 29.0 | 284 | 1.60 | 50.40 | 1.60 | 51.30 | 4323.2 | 136.04 |
| 27 | 29.0 | 356 | 2.30 | 84.60 | 2.40 | 87.30 | 6819.2 | 186.43 |
| 28 | 71.0 | 356 | 4.90 | 86.20 | 5.00 | 86.30 | 2692.4 | 154.52 |
| 29 | 71.0 | 446 | 1.10 | 25.50 | 1.30 | 24.60 | 4289.3 | 205.85 |
| 30 | 71.0 | 559 | 4.30 | 108.30 | 4.20 | 111.50 | 6801.8 | 263.14 |
| 31 | 71.0 | 700 | 3.80 | 113.20 | 4.10 | 115.00 | 10729.2 | 371.34 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B16

FECHA: 01-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 30°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1283581

Y= 1129289

COTA= 3402

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 132.10 | 13.20 | 132.40 | 18.30 | 15.1 | 130.01 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 80.20 | 14.40 | 80.10 | 14.50 | 23.9 | 132.65 |
| 3 | 0.4 | 3 | 53.00 | 12.80 | 53.30 | 12.70 | 34.7 | 144.72 |
| 4 | 0.4 | 4 | 34.80 | 12.70 | 35.70 | 12.90 | 62.2 | 171.30 |
| 5 | 0.4 | 5 | 28.30 | 14.70 | 28.60 | 14.80 | 97.5 | 188.15 |
| 6 | 0.4 | 6 | 23.90 | 15.70 | 24.10 | 16.00 | 140.7 | 213.12 |
| 7 | 0.4 | 8 | 11.60 | 12.20 | 12.20 | 12.50 | 250.7 | 241.53 |
| 8 | 0.4 | 10 | 7.70 | 11.50 | 7.60 | 11.60 | 392.1 | 259.70 |
| 9 | 0.4 | 12 | 2.70 | 5.20 | 2.60 | 5.20 | 564.9 | 287.86 |
| 10 | 0.4 | 15 | 1.80 | 7.10 | 2.20 | 7.30 | 882.9 | 244.97 |
| 11 | 3.0 | 15 | 20.30 | 7.00 | 21.30 | 7.30 | 113.1 | 328.99 |
| 12 | 3.0 | 19 | 6.30 | 3.50 | 6.50 | 3.50 | 184.3 | 337.02 |
| 13 | 3.0 | 24 | 8.70 | 7.50 | 8.30 | 7.50 | 296.9 | 336.46 |
| 14 | 3.0 | 30 | 4.60 | 5.40 | 4.40 | 5.50 | 466.5 | 385.32 |
| 15 | 3.0 | 37 | 3.20 | 5.30 | 2.90 | 5.30 | 712.1 | 409.79 |
| 16 | 3.0 | 47 | 2.10 | 5.70 | 2.20 | 5.90 | 1151.9 | 426.96 |
| 17 | 9.0 | 47 | 7.10 | 5.80 | 7.20 | 5.90 | 371.4 | 453.95 |
| 18 | 9.0 | 59 | 2.00 | 2.40 | 2.00 | 2.50 | 593.4 | 484.62 |
| 19 | 9.0 | 74 | 2.70 | 5.00 | 2.40 | 5.10 | 941.6 | 475.79 |
| 20 | 9.0 | 92 | 0.70 | 1.90 | 0.80 | 2.00 | 1463.1 | 562.14 |
| 21 | 9.0 | 115 | 1.90 | 9.40 | 2.10 | 9.70 | 2294.1 | 480.17 |
| 22 | 9.0 | 145 | 3.60 | 19.00 | 3.60 | 19.40 | 3655.4 | 685.47 |
| 23 | 29.0 | 145 | 13.40 | 19.10 | 13.30 | 19.30 | 1093.3 | 760.20 |
| 24 | 29.0 | 181 | 1.90 | 6.90 | 2.30 | 7.10 | 1729.0 | 518.09 |
| 25 | 29.0 | 227 | 1.00 | 5.00 | 1.50 | 5.20 | 2745.5 | 670.54 |
| 26 | 29.0 | 284 | 2.60 | 17.60 | 2.70 | 17.00 | 4323.2 | 662.64 |
| 27 | 29.0 | 356 | 1.50 | 12.90 | 1.60 | 13.20 | 6819.2 | 809.74 |
| 28 | 71.0 | 356 | 4.60 | 13.00 | 5.00 | 13.20 | 2692.4 | 986.26 |
| 29 | 71.0 | 446 | 6.90 | 28.00 | 6.90 | 28.30 | 4289.3 | 1051.40 |
| 30 | 71.0 | 559 | 2.00 | 11.10 | 1.70 | 11.00 | 6801.8 | 1138.36 |
| 31 | 71.0 | 700 | 2.00 | 15.70 | 2.10 | 15.90 | 10729.2 | 1391.92 |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B17

FECHA: 02-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 20°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1282990

Y= 1130536

COTA= 3353

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 198.80 | 12.90 | 200.30 | 13.00 | 15.1 | 232.37 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 181.20 | 16.50 | 182.80 | 16.50 | 23.9 | 263.79 |
| 3 | 0.4 | 3 | 121.20 | 15.60 | 123.30 | 15.70 | 34.7 | 271.17 |
| 4 | 0.4 | 4 | 34.20 | 8.80 | 34.70 | 8.80 | 62.2 | 243.51 |
| 5 | 0.4 | 5 | 19.70 | 7.30 | 19.90 | 7.20 | 97.5 | 266.42 |
| 6 | 0.4 | 6 | 17.00 | 8.40 | 17.40 | 8.50 | 140.7 | 286.47 |
| 7 | 0.4 | 8 | 7.80 | 6.70 | 7.80 | 6.60 | 250.7 | 294.07 |
| 8 | 0.4 | 10 | 7.80 | 10.60 | 7.80 | 10.70 | 392.1 | 287.16 |
| 9 | 0.4 | 12 | 4.40 | 9.50 | 4.60 | 9.50 | 564.9 | 267.56 |
| 10 | 0.4 | 15 | 3.50 | 13.00 | 3.60 | 13.10 | 882.9 | 240.18 |
| 11 | 3.0 | 15 | 23.30 | 13.00 | 23.50 | 13.10 | 113.1 | 202.79 |
| 12 | 3.0 | 19 | 12.60 | 12.60 | 12.70 | 12.70 | 184.3 | 184.31 |
| 13 | 3.0 | 24 | 7.40 | 10.90 | 7.60 | 11.20 | 296.9 | 201.50 |
| 14 | 3.0 | 30 | 4.20 | 9.70 | 4.60 | 9.80 | 466.5 | 210.49 |
| 15 | 3.0 | 37 | 4.20 | 14.30 | 4.30 | 14.70 | 712.1 | 208.72 |
| 16 | 3.0 | 47 | 2.80 | 12.70 | 2.80 | 12.90 | 1151.9 | 252.00 |
| 17 | 9.0 | 47 | 7.60 | 12.80 | 7.80 | 12.40 | 371.4 | 227.07 |
| 18 | 9.0 | 59 | 4.60 | 10.20 | 4.80 | 10.50 | 593.4 | 269.45 |
| 19 | 9.0 | 74 | 1.70 | 5.00 | 1.80 | 5.00 | 941.6 | 329.56 |
| 20 | 9.0 | 92 | 3.30 | 11.90 | 3.50 | 12.10 | 1463.1 | 414.47 |
| 21 | 9.0 | 115 | 0.80 | 3.80 | 0.90 | 3.90 | 2294.1 | 506.18 |
| 22 | 9.0 | 145 | 0.90 | 5.60 | 1.00 | 5.80 | 3655.4 | 608.86 |
| 23 | 29.0 | 145 | 2.50 | 5.60 | 2.60 | 5.70 | 1093.3 | 493.38 |
| 24 | 29.0 | 181 | 2.20 | 6.70 | 1.30 | 6.80 | 1729.0 | 449.13 |
| 25 | 29.0 | 227 | 2.66 | 12.40 | 2.60 | 12.60 | 2745.5 | 577.75 |
| 26 | 29.0 | 284 | 1.30 | 9.40 | 1.40 | 9.50 | 4323.2 | 617.50 |
| 27 | 29.0 | 356 | 1.00 | 8.70 | 1.00 | 8.70 | 6819.2 | 783.81 |
| 28 | 71.0 | 356 | 2.10 | 8.70 | 2.00 | 8.70 | 2692.4 | 634.41 |
| 29 | 71.0 | 446 | | | | | 4289.3 | |
| 30 | 71.0 | 559 | | | | | 6801.8 | |
| 31 | 71.0 | 700 | | | | | 10729.2 | |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |

INGEOMINAS

CODIGO DEL PROYECTO: G1-08

NOMBRE DEL PROYECTO: Hidrogeología del Departamento de Santander

SONDEO #: G1-08 B18

FECHA: 02-Agosto-08

DESARROLLADO POR: Mauricio Moreno

RUMBO: N 55°E

REALIZADO A: Proyecto Interno

PLANCHA: 110-III-C

DESTINADO A: Geología y Prospección de Aguas Subterráneas

EQUIPO: AZ

ARREGLO DE ELECTRODOS: Schlumberger

LOCALIDAD: Berlín - Guariba

MUNICIPIO: Tona

DEPARTAMENTO: Santander

Coord. Geograficas:

Lat N: _____

Long W: _____

ORIGEN: Bogotá

Coord. Planas:

X= 1283454

Y= 1128141

COTA= 3400

NOTAS:

1.253

| EST. # | MN/2 (m) | AB/2 (m) | LECTURA DIR | | LECTURA INV | | CONSTANTE K | RESISTIVIDAD APARENTE Ohmios*m |
|--------|----------|----------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------------------------------|
| | | | V (mV) | I (mA) | V (mV) | I (mA) | | |
| 1 | 0.4 | 2.0 | 124.80 | 3.10 | 125.80 | 3.10 | 15.1 | 609.51 |
| 2 | 0.4 | 2.5 | 70.20 | 2.90 | 70.30 | 2.80 | 23.9 | 589.68 |
| 3 | 0.4 | 3 | 28.70 | 1.90 | 28.60 | 1.90 | 34.7 | 523.46 |
| 4 | 0.4 | 4 | 11.40 | 2.00 | 11.40 | 2.00 | 62.2 | 354.56 |
| 5 | 0.4 | 5 | 9.60 | 3.40 | 9.70 | 3.40 | 97.5 | 276.86 |
| 6 | 0.4 | 6 | 5.10 | 3.00 | 5.00 | 3.30 | 140.7 | 226.26 |
| 7 | 0.4 | 8 | 1.90 | 2.70 | 2.00 | 2.90 | 250.7 | 174.66 |
| 8 | 0.4 | 10 | 3.10 | 6.00 | 2.70 | 6.20 | 392.1 | 186.66 |
| 9 | 0.4 | 12 | 0.40 | 1.70 | 0.60 | 0.50 | 564.9 | 405.37 |
| 10 | 0.4 | 15 | 0.30 | 3.10 | 0.50 | 3.10 | 882.9 | 113.93 |
| 11 | 3.0 | 15 | 4.30 | 3.10 | 4.20 | 3.20 | 113.1 | 152.66 |
| 12 | 3.0 | 19 | 2.10 | 2.80 | 2.00 | 2.90 | 184.3 | 132.67 |
| 13 | 3.0 | 24 | 5.60 | 12.80 | 5.40 | 12.90 | 296.9 | 127.08 |
| 14 | 3.0 | 30 | 3.30 | 11.30 | 3.40 | 11.40 | 466.5 | 137.69 |
| 15 | 3.0 | 37 | 2.70 | 13.10 | 2.90 | 13.40 | 712.1 | 150.44 |
| 16 | 3.0 | 47 | 0.50 | 3.70 | 0.60 | 3.80 | 1151.9 | 168.77 |
| 17 | 9.0 | 47 | 1.60 | 3.60 | 1.60 | 3.70 | 371.4 | 162.84 |
| 18 | 9.0 | 59 | 5.90 | 18.80 | 6.10 | 19.00 | 593.4 | 188.37 |
| 19 | 9.0 | 74 | 4.20 | 19.20 | 4.20 | 19.50 | 941.6 | 204.39 |
| 20 | 9.0 | 92 | 1.30 | 7.50 | 1.40 | 7.50 | 1463.1 | 263.36 |
| 21 | 9.0 | 115 | 1.40 | 11.80 | 1.80 | 11.90 | 2294.1 | 309.59 |
| 22 | 9.0 | 145 | 1.20 | 13.90 | 1.10 | 14.00 | 3655.4 | 301.39 |
| 23 | 29.0 | 145 | 1.40 | 3.40 | 1.30 | 3.50 | 1093.3 | 428.12 |
| 24 | 29.0 | 181 | 0.30 | 1.00 | 0.30 | 1.00 | 1729.0 | 518.69 |
| 25 | 29.0 | 227 | 2.70 | 13.10 | 2.60 | 13.60 | 2745.5 | 545.38 |
| 26 | 29.0 | 284 | 1.40 | 8.20 | 1.40 | 8.70 | 4323.2 | 716.90 |
| 27 | 29.0 | 356 | 1.60 | 16.50 | 1.60 | 16.90 | 6819.2 | 653.43 |
| 28 | 71.0 | 356 | 4.10 | 16.40 | 4.20 | 16.80 | 2692.4 | 673.09 |
| 29 | 71.0 | 446 | 1.10 | 6.80 | 1.20 | 6.90 | 4289.3 | 719.91 |
| 30 | 71.0 | 559 | 6.70 | 52.30 | 6.80 | 53.40 | 6801.8 | 868.75 |
| 31 | 71.0 | 700 | | | | | 10729.2 | |
| 32 | 140.0 | 700 | | | | | 5277.9 | |
| 33 | 140.0 | 877 | | | | | 8409.7 | |
| 34 | 140.0 | 1098 | | | | | 13306.9 | |



ANEXO 2

CURVAS INTERPRETADAS DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

