ESTUDIO GEOELÉCTRICO PARA PROSPECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL CORREGIMIENTO DE CAMPO BONITO., MUNICIPIO DE QUIBDÓ, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ

Elaborado por:

Luís Gilberto Garcés Ulloa
Geólogo
Matrícula Profesional No: 302 del Consejo Profesional de Geología

ENERO DE 2.011

ESTUDIO GEOELÉCTRICO PARA PROSPECCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL CORREGIMIENTO DE CAMPO BONITO., MUNICIPIO DE QUIBDÓ, DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ

ENERO DE 2.011

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
1.1. OBJETIVOS
1.2. LOCALIZACIÓN
1.3. MÉTODO DE TRABAJO
1.4. POZOS PERFORADOS
1.5. CLIMA, VEGETACIÓN Y AGUAS SUPERFICIALES
1.6. CUENCA HIDROGEOLÓGICA
1.6.1. Recarga
1.7. SUELOS

2. GEOLOGÍA
2.1. Formación Sierra (N1sr)
2.2. Terrazas Altas (Qal)

3. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS
3.1. Formación Sierra
3.2. Terrazas Altas

4. PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA
4.1. LEYES QUE LIMITAN LA GEOELÉCTRICA
4.1.1. Ley de la Equivalencia
4.1.2. Ley de la Supresión de Capas
4.1.3. Efecto de la Inclinación del Basamento
4.2. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y SU INTERPRETACIÓN

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN

FIGURA 1. ARREGLO DE SCHLUMBERGER

FIGURA 3. S. E. V. - 1.

FIGURA 4. CORTE GEOELÉCTRICO I.

FIGURA 5. PREDISEÑO DEL POZO

APÉNDICES

APÉNDICE 1. CANTIDADES DE OBRA APROXIMADAS PARA LA PERFORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN POZO EN EL CORREGIMIENTO DE CAMPO BONITO., MUNICIPIO DE QUIBDÓ - CHOCÓ

APÉNDICE 2. DATOS DE CAMPO DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES.

APÉNDICE 3. FOTOGRAFÍAS

ESTUDIO GEOELÉCTRICO PARA PROSPECCIÓN DE AGUA EN EL CORREGIMIENTO DE CAMPO BONITO., MUNICIPIO DE QUIBDO, DEPARTAMENTO DE CHOCÓ

1. INTRODUCCIÓN.

Cualquier tarea o problema geológico que se vaya a resolver, por lo general se lleva acabo con más de un método, ya sea geológico o geofísico, o como suele llamarse, con un conjunto de métodos geológicos y geofísicos. Cada uno de ellos que entre en el conjunto, resuelve una parte del problema, determina solo una cierta propiedad del cuerpo que se estudia, y la comparación de los datos obtenidos con los distintos métodos que entran en el complejo nos permite valorar la calidad del cuerpo geológico, o sea, resolver el problema geológico.

1.1. CAMPO DE APLICACIÓN DE LA GEOFÍSICA A LA HIDROGEOLOGÍA

Hace cerca de dos décadas, el papel de la Prospección Geofísica en la Hidrogeología, se limitaba generalmente a la determinación del emplazamiento idóneo de la perforación en zonas bastante restringidas, próximas a los centros de utilización, ciudades o fábricas. Posteriormente, el rápido crecimiento de las necesidades urbanas e industriales y el desarrollo de los regadíos, han traído consigo una explotación intensiva de algunos acuíferos, con la consecuencia de que su nivel estático aumentase en profundidad y, a veces un incremento en la salinidad de las aguas. Esto condujo a la necesidad de efectuar el balance de los acuíferos con objeto de establecer programas racionales de explotación. Como quiera que el objetivo de este balance es la evaluación del volumen de los acuíferos y de las reservas de agua, la Prospección Geofísica ha aumentado considerablemente su campo de aplicación en la Hidrogeología.

Actualmente, los problemas hidrogeológicos que la Prospección Geofísica puede ayudar a resolver son los siguientes:

- Localización de capas o de fracturas
- Estimación de la profundidad del acuífero y del nivel hidrostático;
- Determinación de la extensión lateral, espesor y volumen de una formación
- Evaluación de la porosidad total y de las reservas de agua de un acuífero;

- Medida de la velocidad de circulación de la capa de agua;
- Determinación de la salinidad de las aguas;
- Comprobación de las relaciones entre acuíferos;
- Cartografiado de ríos subterráneos.
- Descubrimiento de manantiales marinos;
- Localización del origen de las fuentes termales

La Geofísica es una gran herramienta en las investigaciones hidrogeológicas, la cual en combinación de información adicional como geología de superficie, geología de pozo etc; se puede llegar a soluciones reales a costos relativamente bajos.

Los métodos que con mayor frecuencia se usan en investigaciones hidrogeológicas son:

- Resistividad Eléctrica
- Refracción Sísmica
- Reflexión Sísmica
- Gravimetría
- Métodos electro-magnéticos

A continuación realizaremos una breve ilustración en forma de tablas de las fortalezas y debilidades de cada uno de los métodos que se puede ofrecer para ayudar en la prospección de aguas subterráneas.

HIDROGEOFÍSICA

Método	Resolución	Precisión	Bajo costo
Reflexión Sísmica	* * *	* * *	
Refracción Sísmica	* *	* * *	*
Resistividad eléctrica	* * *	* *	* *
Gravimetría	*	*	* * *
Magnetometría			* * *

Tabla. 1 Comparación de los métodos geofísicos más utilizados en Hidrogeología (En general a mayor número de estrellas el Método es más adecuado).

	Magnet.	Gravim.	Resist elect.	Refrac. Sísm.	Reflex. Sism.
Estructuras geológicas	*	* *	* *	* * *	* * * *
Localización de capas			* *	* *	* * *
Profundidad			* *		* *

	Magnet.	Gravim.	Resist elect.	Refrac. Sísm.	Reflex. Sism.
del acuífero					
Nivel hidrostático				* *	* *
Extensión lateral de una formación			* *	* *	* * *
Espesor de una formación			* *	*	* * *
Porosidad			* *	**?**	**?**
Salinidad de las aguas			* * *		
Cartografía de ríos subterráneos	**?**	*	* *	* *	* *
Presencia de agua Subt.			* *	* *	* *

Tabla 2. Muestra algunos de los problemas hidrogeológicos que se presentan continuamente en relación con la eficiencia para solucionarlos de cada uno de los métodos de prospección geofísica.

En la anterior tabla se puede establecer que los métodos que resuelven la tarea en Hidrogeología para la prospección de aguas subterránea son: la Sísmica de Reflexión, la Geoléctrica, la refracciòn sìsmica.

Para el caso especifico del área del Municipio de Quibdo – Chocó, la geoelèctrica combinada con un buen control de geología de campo, toma de muestras de aguas subterráneas, (en nacederos, aljibes y pozos), para conocer la caracterización físico - química de ésta, inventario de puntos de agua y un buen análisis sobre el modelo que controla como funciona el sistema acuífero en el subsuelo del área prioritaria, es el método que más información nos puede suministrar y el de un menor costo.

El presente informe, contiene los resultados del estudio geoeléctrico para la prospección de agua subterránea, realizado en los predios del corregimiento de CAMPO BONITO., Municipio de Quibdo, Departamento del Chocó.

1.1 OBJETIVOS

La prospección geoeléctrica, tiene como objetivos fundamentales los siguientes aspectos:

a. Diferenciar capas permeables e impermeables, saturadas o no saturadas de agua.
b. De acuerdo con los parámetros geofísicos encontrados durante la realización de los sondeos eléctricos, establecer la posibilidad de encontrar agua subterránea.
c. Escoger sitios óptimos para la perforación de pozos profundos.

1.2. LOCALIZACIÓN

El corregimiento de CAMPO BONITO., está localizado en la parte oeste del Municipio de Quibdo, (ver figura 1 de localización, en geología general).

1.3. MÉTODO DE TRABAJO

a. Recopilación de la información existente.
b. Adquisición de un mapa geológico base.
c. Realización de un (1) sondeo eléctrico vertical.
d. Interpretación de curvas de campo.
e. Procesamiento de datos; elaboración del informe final.

1.4. POZOS PERFORADOS.

En la zona no hay pozos perforados, la gente toma el agua de aljibes construidos con pocas normas técnicas, de arroyos y pequeños caños.

1.5. CLIMA

El clima es cálido húmedo, con temperaturas de 32 –34° C. Existen dos épocas de veranos entre diciembre a marzo y de julio a septiembre.

1.6. CUENCA HIDROGEOLÓGICA

En la delimitación de la cuenca - vertiente que incluye el río Suruco y una serie de quebradas que desembocan en el.

1.6.1. Recarga.

La principal fuente de recarga para los acuíferos del Cuaternario, la precipitación y el curso del Río Suruco y la precipitación.

En el contacto agua superficial – arenas, la infiltración es buena, ya que la permeabilidad de estos sedimentos, permite el paso de fluidos con gran facilidad**.**

1.7. SUELOS.

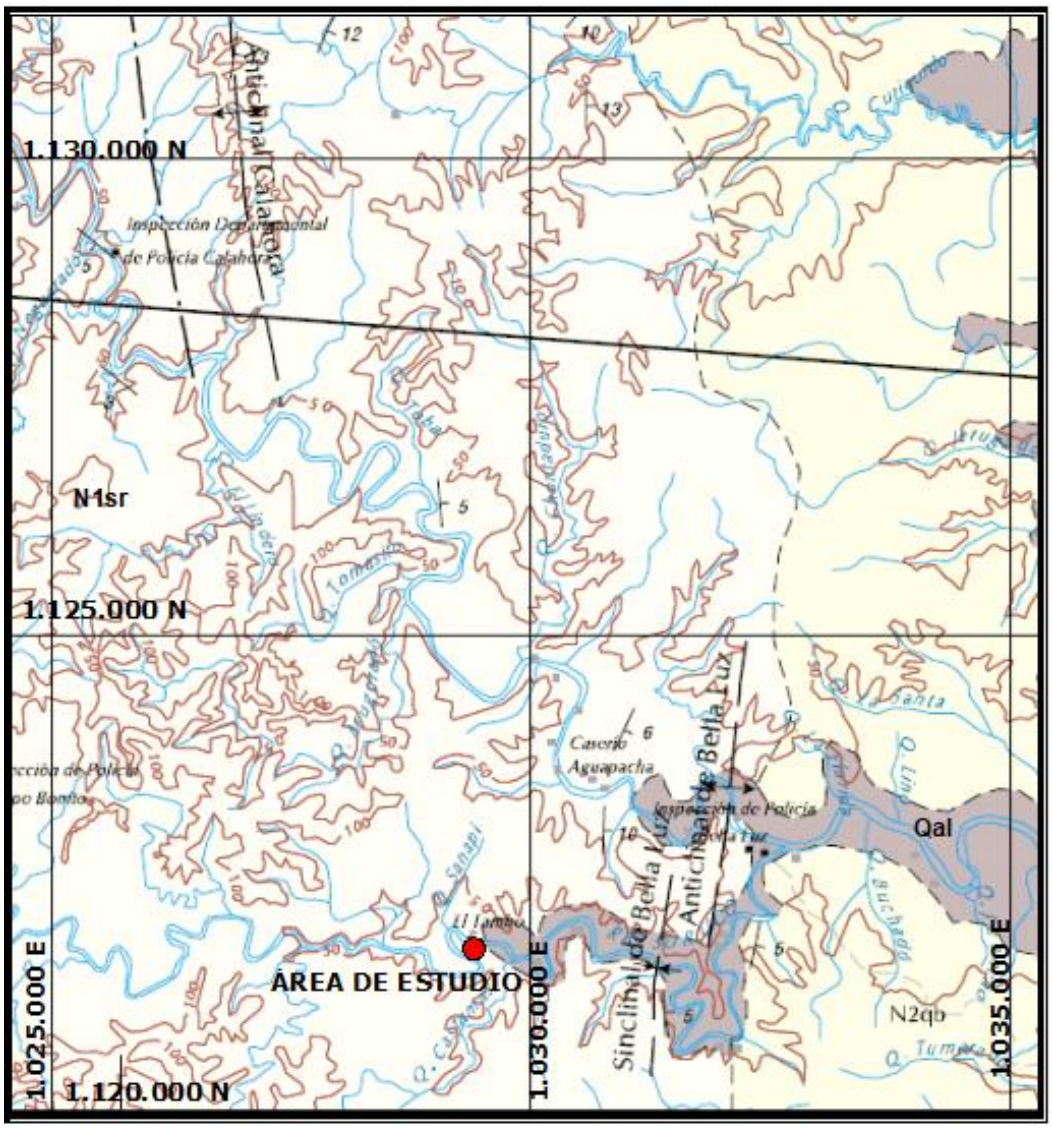
Dependiendo de la clase de suelo, el agua proveniente de la precipitación, puede llegar a recargar los acuíferos en forma considerable.

Hay dos grandes categorías cuando se mira la relación suelo - agua subterránea:

El suelo permeable.
El suelo impermeable como retenedor de agua.

La velocidad de percolación del agua depende de la permeabilidad del suelo, de su capacidad de retención y de facilidad para almacenar fluidos, características estas que dependen de propiedades tales como: estructura, textura, porosidad, drenaje, alteración y composición.
En los suelos arenosos o franco arenosos, la velocidad de infiltración es alta, trayendo inconvenientes tales como resequedad, factor este que presenta déficit de agua especialmente en las plantas con raíces poco profundas. En suelos con textura arcillosa las aguas prácticamente se estancan, formando charcos, los cuales se pueden prestar para el desarrollo de plagas. Así mismo los suelos con una textura limosa, se hacen impermeables ya que la comunicación entre poros es muy pobre, y el agua no puede percolar al formar estos suelos, verdaderos sellos.

El suelo en los predios del corregimiento Campo Bonito., es arenoso, permitiendo la infiltración y por consiguiente acumulación de agua subterránea, con gran facilidad.



FiguraNo. 1. Localización en Geologia General.
Corregimiento de Campo Bonito, municipio de Quibdó - Chocó
Tomado de Ingeominas, 2002.
Mapa geológico de Quibdo, plancha 164
Escala 1:100.000.
Localización Área de Estudio.

2. GEOLOGÍA

Geológicamente, la zona de estudio, esta conformada por un depósito de origen aluvial conocidas como Terrazas Altas y rocas sedimentarias de la Formación Sierra.

La estratigrafía general de más antigua a más joven, es la siguiente:

2.1. Formación Sierra (N1 sr)

La conforman areniscas, conglomerados poco consolidados de guijos y guijarros y arcillolitas.

2.2. Terrazas Altas (Qal)

Las conforman arenas, gravas y arcillas interestratificadas. Su espesor es de unos 26 m, en el sitio de estudio.

3. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS

Se hace una breve descripción de las diferentes unidades geológicas que afloran en la zona de estudio, así como en las áreas de recarga; es una apreciación cualitativa de la porosidad y permeabilidad tanto primaria como secundaria de las rocas involucradas en el proyecto.

Según Custodio, (1976), la clasificación de los acuíferos es la siguiente:

Acuíferos: Es una unidad geológica que es capaz de almacenar y transmitir agua (gravas, arenas, materiales calizos, etec); son formaciones con capacidad de drenaje alta, en las que se pueden perforar pozos, con el fin de satisfacer las necesidades de agua, tanto para comunidades como para uso industrial.

Acuítardos: Es una unidad geológica que es capaz de almacenar el agua en cantidades importantes, pero las transmiten con dificultad; se suelen llamar con frecuencia formaciones semipermeables, (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etec) y su capacidad de drenaje es media a baja, no son de interés para satisfacer grandes demandas de agua.

Acuícludos: Es una unidad geológica que contiene agua pero que no tiene la capacidad para transmitirla y se drena con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada, (arcillas, arcillas plásticas, shales, lutitas carbonáceas) en hidrología clásica se catalogan como impermeables.

Acuífugos: Es una unidad geológica incapaz de almacenar y transmitir agua, están representadas por formaciones compactas, como granitos, gneisis y calizas y areniscas muy compactas.

3.1. Formación Sierra

Los conglomerados y areniscas conforman acuíferos; las arcillolitas conforman acuífugos.

3.2. Terrazas Altas

Las arenas y gravas conforman acuíferos; las arcillas conforman acuífugos.

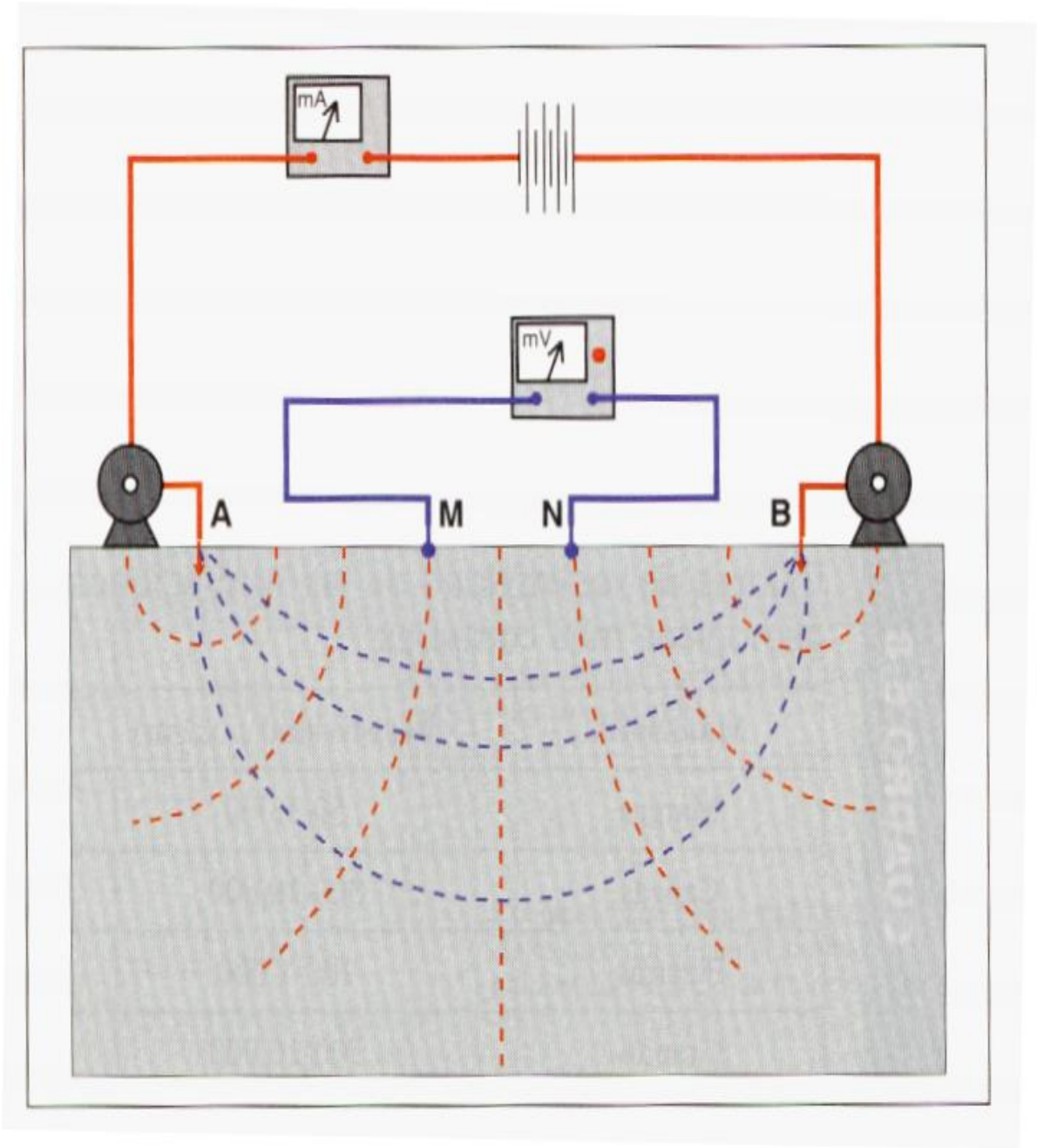


Figura 2. Arreglo de Schlumberger.
Tomado de: Ingeniería Geológica, 2.002

4. PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

En la prospección geoeléctrica, se utilizó un equipo de resistividad, Geosystem RC7, consistente en un amperímetro y un voltímetro digitales, una unidad generadora de fuerza electromotriz, que introduce la corriente en el subsuelo. Así se obtiene la intensidad de la corriente (I), en miliamperios y la diferencia de potencial (V), en milivoltios. Las relaciones delta V/I, multiplicadas por factores geométricos exclusivos para cada arreglo, producen las resistividades aparentes, que son ploteadas en papel bilogarítmico en función de AB/2 (semidistancia electródica de corriente).

El dispositivo utilizado fue el Schlumberger, con variación de electrodos de potencial desde 0.5 hasta 25 metros (o sea MN/2 semidistancia electródica de potencial). La distancia AB/2, varió desde 1.5 hasta 150 metros. La figura 2, es una representación del arreglo de Schlumberger.

El calculo y la determinación y profundidades reales se realizo mediante el programa RESIXP versión 6.1, creando archivos con los datos de campo e interpretando las curvas de resistividades aparentes y obteniendo de esta forma modelos de capas geoeléctricas para cada sondeo.

4.1. LEYES QUE LIMITAN LA GEOELÉCTRICA

Como todas las ciencias físicas la geoeléctrica, tiene una serie de leyes que, en un momento determinado, pueden ser contraproducentes al resultado final de interpretación sino se tienen en cuenta. Estas leyes a grosso modo dicen lo siguiente:

4.1.1. Ley de la Equivalencia

Una capa de espesor pequeño y alta resistividad, puede ser equivalente a una capa de espesor moderado y resistividad moderada. Estos efectos se minimizan, teniendo datos de litología, que permitan conocer el espesor real de las capas.

4.1.2. Ley de la Supresión de Capas

Se presentan dos clases de supresiones: la más importante dice: si la resistividad inicial es muy alta y de espesor importante, muchas capas delgadas pueden quedar suprimidas mientras la resistividad baja. Así mismo dice que a ciertas profundidades, cuando los espaciamientos aumentan, capas delgadas pueden quedar suprimidas o promediadas. Para minimizar estos efectos se utilizan registros eléctricos de pozo.

4.1.3. Efectos de la Inclinación del Basamento

Cuando capas inclinadas, se encuentran cubiertas por capas horizontales, como depósitos aluviales; si la dirección del sondeo eléctrico no coincide con la dirección de los estratos, se pueden presentar errores en los parámetros geofísicos obtenidos.

4.2. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES Y SU INTERPRETACIÓN

Se realizó un (1) sondeo eléctrico vertical, (S. E. V.) para conocer las características hidrogeológicas del subsuelo en los predios del corregimiento de CAMPO BONITO., Municipio de Quibdó - Chocó.

En la figura 3, se encuentra la curva obtenida del sondeo realizado, con su respectiva interpretación.

Los resultados del S. E. V., antes mencionado, son los siguientes:

S. E. V. - 1.

Capa	Profundidad (metros)	Resistividad (Ohmios-mt)	Interpretación Hidrogeológica
1	0 – 0.5	128	Suelo arenoso
2	0.5 – 2	65	Arenas secas
3	2 – 6	155	Gravas y arenas parcialmente saturadas con agua e intercalaciones de arcillas
4	6 – 22	30	Arcillolitas; areniscas saturadas con agua
5	22 – ?	50	Areniscas saturadas con agua e intercalaciones de arcillolitas

De acuerdo con los datos anteriores, se construyó el corte geoeléctrico I, (figura 4), en el cual se resume el trabajo realizado y los datos obtenidos. Igualmente, en la figura 4, se encuentra localizado el sitio, profundidad y materiales que atravesará la perforación recomendada.

.

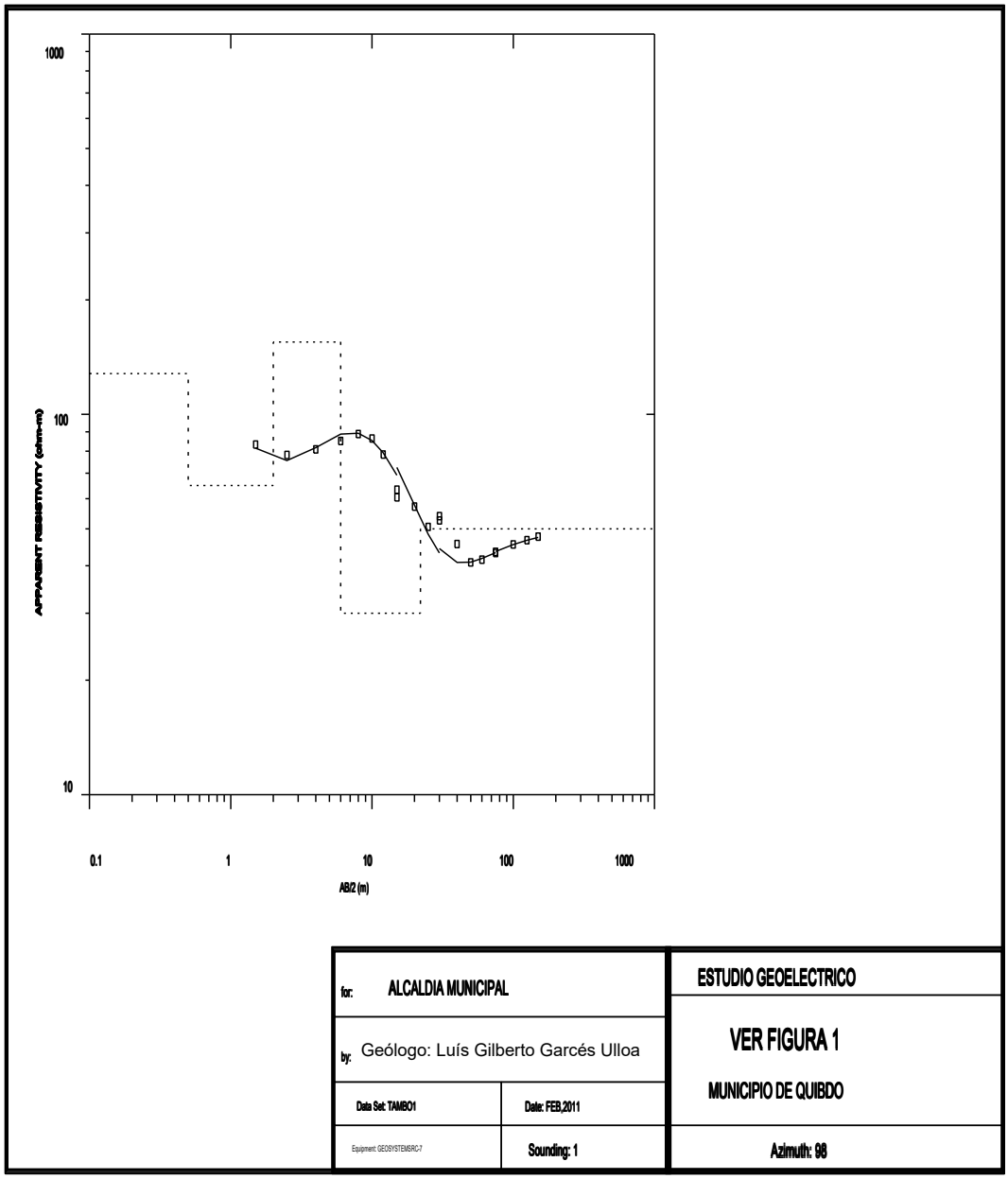


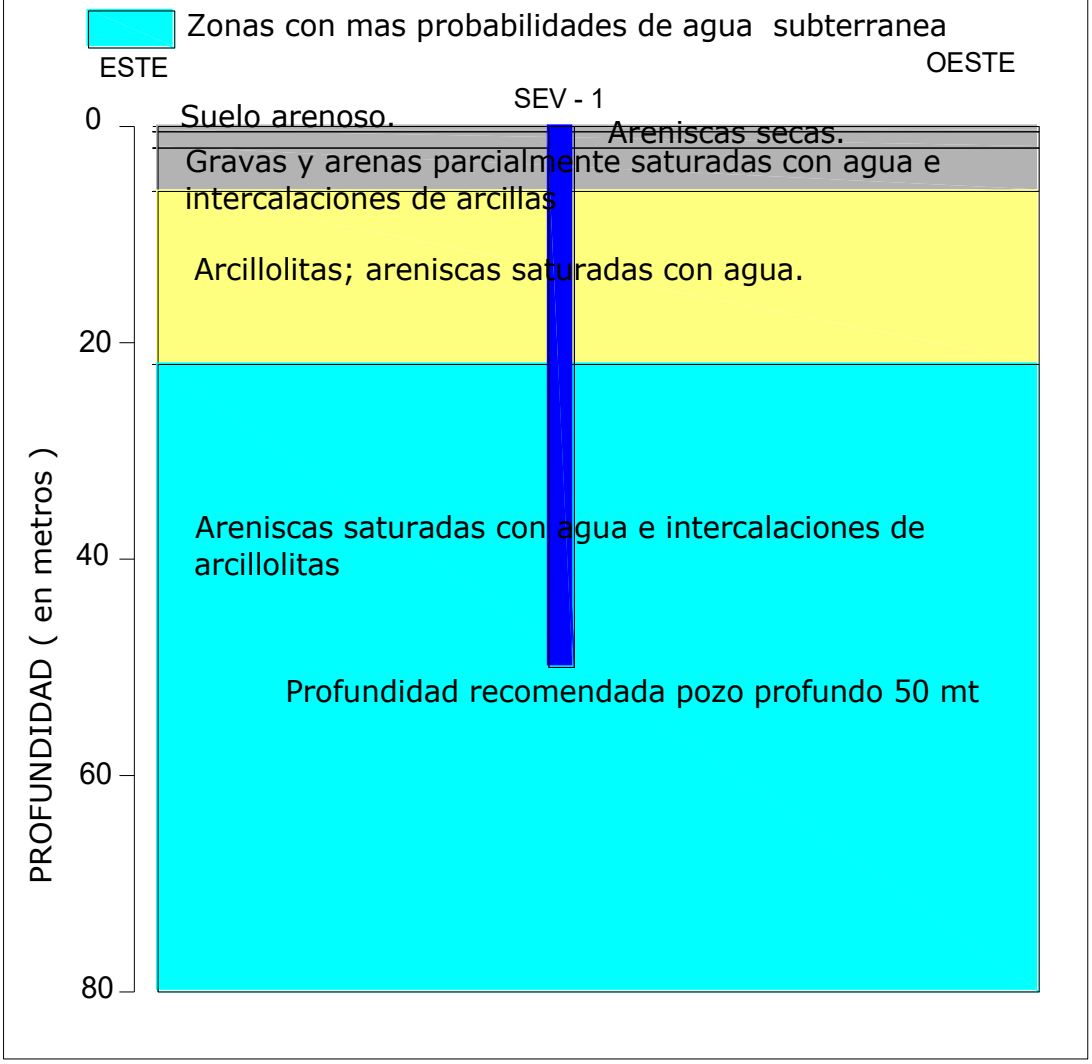
FIGURA 3. S.E.V. 1.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el corte geoeléctrico I, (figura 4), se ve claramente como los 2 primeros metros, están secos y los conforman el suelo arenoso, arenas y arcillas. Una capa parcialmente saturada con agua (agua para soluciones caseras, pero no para acueductos, se encontró entre 2 y 6 m de profundidad y lo conforman gravas, arenas y arcillas. A profundidades mayores de 6 m, se determinaron las rocas arenosas y arcillosas de la Formación Sierra. Las areniscas están saturadas con agua y las arcillolitas conforman acuífugos, esto es, rocas que pueden almacenar agua, pero no transmitirla.

Para evitar cualquier tipo de contaminación bacteriana, no se deben captar los primeros 25 m de profundidad.

FIGURA 4. CORTE GEOELECTRICO CORREGIMIENTO EL TAMBO MUNICIPIO DE QUIBDÓ - CHOCÓ



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones para el aprovechamiento de agua subterránea en los predios del corregimiento de CAMPO BONITO., en el Municipio de Quibdo, son buenas a profundidades mayores de 6 m.

Geológicamente la zona de estudio está conformada por rocas de la Formación Sierra, conformadas por arcillolitas, areniscas y conglomerados y un delgado depósito de origen aluvial.

Se recomienda perforar un pozo hasta una profundidad de 50 metros, cerca al tanque de almacenamiento.

Para evitar cualquier tipo de contaminación, se recomienda no colocar filtros en los primeros 25 m de profundidad y colocar un sello sanitario en los primeros 10 m.

Una vez terminada la perforación de prueba, se recomienda tomar un registro eléctrico de pozo con sondas de SP, Resistividad y Gamma Ray.

Se recomienda utilizar tubería y filtros en PVC RDE21, en 4 pulgadas.

Se recomienda utilizar gravilla seleccionada, lavada y sin calcáreos.

Se recomienda utilizar un dispersante de arcillas, como TRIPOLIFOSFATO DE SODIO, durante la limpieza y desarrollo del pozo.

Se recomienda realizar una prueba de bombeo con un caudal parecido al de las necesidades de la finca, durante 12 horas continuas y luego la prueba de recuperación, hasta que el nivel estático inicial haya recuperado un 97% de su valor. En las pruebas de bombeo, se medirán niveles y caudales. Con estos datos, se analizarán las pruebas y se calcularán características como capacidad especifica, radio de influencia, transmisividad, caudal de explotación, tipo de bomba y profundidad de instalación, etc.

Por último se recomienda realizar análisis físicos- químicos y bacteriológicos del agua para precisar su calidad en el consumo humano.

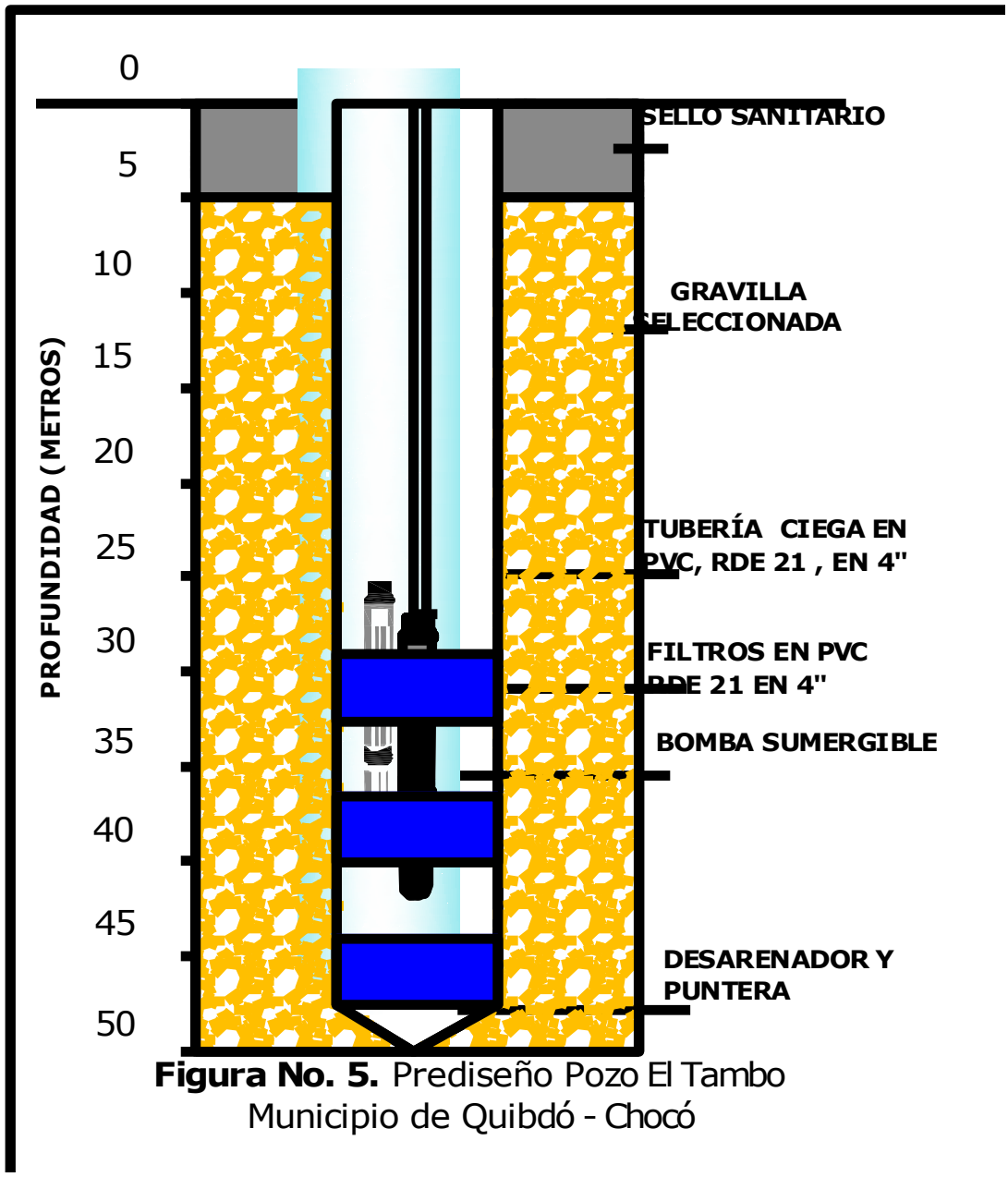


Figura No. 5. Prediseño Pozo El Tambo
Municipio de Quibdó - Chocó

APÉNDICE - 1. CANTIDADES DE OBRA APROXIMADAS PARA LA PERFORACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN POZO EN EL CORREGIMIENTO DE CAMPO BONITO., MUNICIPIO DE QUIBDO - CHOCÓ

Items	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Transporte de personal, equipos, adecuación del terreno y elaboración de piscinas para lodos.	Global	1
2	Perforación en 8 ½ pulgadas.	ML	50
3	Registro eléctrico de pozo, con sondas de SP, Gamma Ray y Resistividad.	ML	50
4	Adecuación de tubería y filtros.	ML	50
5	Colocación de tubería y filtros.	ML	50
6	Colocación del empaque de grava.	Tonelada	5
7	Limpieza y desarrollo del pozo.	Global	1
8	Prueba de bombeo.	Global	1
9	Alimentadores de gravilla y sello sanitario.	Global	1
10	Análisis físico - químicos y bacteriológicos del agua.	Análisis	1

SUMINISTRO DE MATERIALES

11	Tubería en PVC RDE21, en 4 pulgadas.	ML	35
12	Filtros en PVC RDE21, en 4 pulgadas.	ML	15
13	Gravilla seleccionada, lavada y libre de calcáreos.	Tonelada	5
14	Soldadura, cortes y puntera.	Global	1

DATA SET: TAMBO1

CLIENT: ALCALDIA MUNICIPAL
LOCATION: VER FIGURA 1
COUNTY: MUNICIPIO DE QUIBDO
PROJECT: ESTUDIO GEOELECTRICO
EQUIPMENT: GEOSYSTEMSRC-7

DATE: FEB,2011
SOUNDING: 1
AZIMUTH: 98°

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR: 8.236 PERCENT

L #	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters)	LONG. COND. (Siemens)	TRANS. RES. (Ohm-m^2)
				0.0	
1	128.0	0.500	-0.500	0.00391	64.00
2	65.00	1.50	-2.00	0.0230	97.50
3	155.0	4.00	-6.00	0.0258	620.0
4	30.00	16.00	-22.00	0.533	480.0
5	50.00				

DATOS DE CAMPO DEL S.E.V. 1. CORREGIMIENTO DE CAMPO BONITO., MUNICIPIO DE QUIBDO – CHOCÓ

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm-m) DATA	SYNTHETIC	DIFFERENCE (percent)
1	1.50	83.30	81.49	2.17
2	2.50	78.20	75.57	3.36
3	4.00	80.90	81.78	-1.09
4	6.00	85.10	88.71	-4.24
5	8.00	88.80	89.22	-0.479
6	10.00	86.40	85.33	1.23
7	12.00	78.40	79.26	-1.10
8	15.00	60.50	69.19	-14.36
9	15.00	63.40	72.50	-14.36
10	20.00	57.20	57.74	-0.957
11	25.00	50.60	48.36	4.41
12	30.00	52.60	43.21	17.83
13	30.00	54.00	44.37	17.83
14	40.00	45.60	40.81	10.50
15	50.00	40.80	40.86	-0.147
16	60.00	41.50	41.78	-0.697
17	75.00	43.20	43.28	-0.194
18	75.00	43.50	43.58	-0.194
19	100.0	45.50	45.45	0.0954
20	125.0	46.70	46.66	0.0777
21	150.0	47.70	47.46	0.497





Fotografías No. 1 y No. 2. Localización Sondeo Eléctrico Vertical 1, corregimiento de Tambo, municipio de Quibdó – Chocó.