ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

PROYECTO

REHABILITACIÓN SISTEMA DE AGUA CASERÍO VENECIA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ



SEPTIEMBRE DE 2026

Ana Fernanda Barrios Campos
INGENIERA CIVIL
Colegiado No. 12,798

1 QUETZAL A 1 QUETZAL
COLEGIO INGENIEROS DE GUATEMALA
38 TIMBRE DE INGENIERIA
Enero 2025
11186422

LABORATORIOS INGECO
Control de calidad en suelos y concreto
www.ingecolab.com

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	3
	2.1 OBJETIVOS	3
3.	LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL POZO	5
4.	SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO	8
	4.1 ESTIMACION DEL CAUDAL REQUERIDO	8
	4.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA	9
5.	GEOLOGIA REGIONAL	11
	5.1 TECTONICA REGIONAL	11
	5.2 GEOLOGÍA LOCAL	13
6.	HIDROGEOLOGIA REGIONAL	16
7.	ESTUDIO GEOFISICO LOCAL "SONDEO ELECTRICO VERTICAL"	18
	7.1 METODOLOGIA	18
	7.2 INTERPRETACION	19
	7.3 TRABAJO DE CAMPO	20
	7.4 PERSONAL Y EQUIPO	21
	7.5 UBICACIÓN DEL SONDEO ELECTRICO VERTICAL	23
	7.6 TRABAJO DE GABINETE	23
	7.7 RESULTADOS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO	24

8. INVENTARIO DE POZOS 34
9. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA LOCAL 35
9.1 BALANCE HIDROLOGICO 36
10. HIDROGEOLOGÍA 38
10.1 MARCO HIDROGEOLOGIA LOCAL 38
10.2 FORMACIONES PERMEABLES E IMPERMEABLES 39
10.3 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LOS ACUIFEROS 39
11. CALCULO DE BOMBA 41
12. CONCLUSIONES 43
13. RECOMENDACIONES 44
- ANEXO 01 45
- CERTIFICACION 57

1. INTRODUCCION

El presente Informe es el Resultado del Estudio Hidrogeológico realizado en el área del proyecto **REHABILITACIÓN SISTEMA DE AGUA CASERÍO VENECIA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**. Los objetivos principales son determinar las condiciones generales de la geología superficial por medio de un mapeo local y análisis de datos existentes, parámetros climáticos de la zona, inventario de manantiales, quebradas o ríos; e inventario de pozos existentes para establecer la ocurrencia del nivel freático en el área y su profundidad y determinar la factibilidad de la perforación de un pozo mecánico que abastezca la población.

El estudio hidrogeológico en síntesis se compone del análisis de la geología de la zona de estudio, haciendo énfasis en el estudio de las relaciones entre la geología y las aguas subterráneas, tanto a nivel regional como local; de un análisis climatológico de la región y de los resultados de la prospección geofísica que se realizó en el sitio previsto para la perforación.

La geología del área de estudio y sus alrededores esta constituida por la Formación Cobán Superior, formada principalmente por calizas foraminíferas; además como se observa en el mapa geológico, que se presenta al final del capítulo, a nivel local el área de estudio está conformada por aluviones recientes, arcillas, arenas, limolitas, arenas calcáreas y gravas, depositados por el rio Cahabón

La prospección geofísica realizada en este lugar, de forma resumida y simple, consistió en hacer pasar una corriente en el terreno a través de un par de electrodos y medir la caída del voltaje, esta diferencia entre corriente y voltaje se conoce como resistividad. El método geofísico utilizado fue resistividad eléctrica por medio de un Sondeo Electrónico Vertical bajo el arreglo denominado Schlumberger, el cual tiene como objetivo determinar la estratigrafía y niveles freáticos bajo el centro del mismo.

Este método es uno de los más efectivos, para la prospección de agua subterránea, basado en la propiedad que tiene el agua de conducir la electricidad, lo cual da como resultado valores anómalos de resistividad, los cuales contrastan con los datos obtenidos de las capas de rocas que sobreyacen como de las que subyacen el acuífero; por lo que se puede determinar con bastante precisión la profundidad a la que se debe perforar para atravesar el acuífero regional de la zona.

Es por ello que un estudio Hidrogeológico, hace que la probabilidad de encontrar acuíferos que cumplan con la demanda requerida, sea por mucho más alta, además el valor del mismo está muy por debajo del valor de una perforación, por lo que es oportuno realizarlos previo a la perforación de un pozo mecánico.

Interpretando los datos obtenidos se considera que se podrá perforar en el sitio propuesto hasta una profundidad de 274 metros.

2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La perforación de un pozo mecánico para mejorar el sistema de agua en el área del proyecto de REHABILITACIÓN SISTEMA DE AGUA CASERÍO VENECIA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ, constituye una necesidad para la vida de las personas, por lo que este estudio se presentas como una opción viable de información del lugar que abarca el proyecto.

Los estudios hidrogeológicos, constituyen el método por medio del cual se pueden determinar las características hidrológicas, litológicas, geomorfológicas y climatológicas de un área bajo estudio y hacen que la probabilidad de encontrar acuíferos que cumplan con la demanda requerida, sea por mucho más alta.

2.1 OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar y correlacionar los datos geofísicos, para establecer la estratigráfica y los acuíferos existentes en el área que se desarrollara el proyecto denominado "REHABILITACIÓN SISTEMA DE AGUA CASERÍO VENECIA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ".

ESPECÍFICOS

- Reconocimiento del área de estudio para establecer las condiciones generales de geología superficial, condiciones climáticas; inventario de pozos existentes y uso del suelo.

- Determinación de los parámetros meteorológicos y climáticos de la zona, que permitan establecer la dinámica del recurso hídrico en la zona del estudio.

- Interpretar a partir del Sondeo Eléctrico Vertical, la existencia, profundidad y espesor de las aguas subterráneas en el área de estudio.

- Indicar a partir de pruebas de campo, la infiltración básica y la velocidad de infiltración en un sitio dentro de la cuenca o área de influencia del proyecto.

- Realizar un análisis a partir de la prueba de infiltración, sobre la permeabilidad del sitio dentro del área de estudio.

3. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL POZO

El área donde fue llevada a cabo la prospección geofísica se ubica en Caserío Venecia, municipio de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz. El terreno donde se desarrolla el proyecto se localiza a 4.0 Kilómetros al sur de la municipalidad de San Cristóbal Verapaz

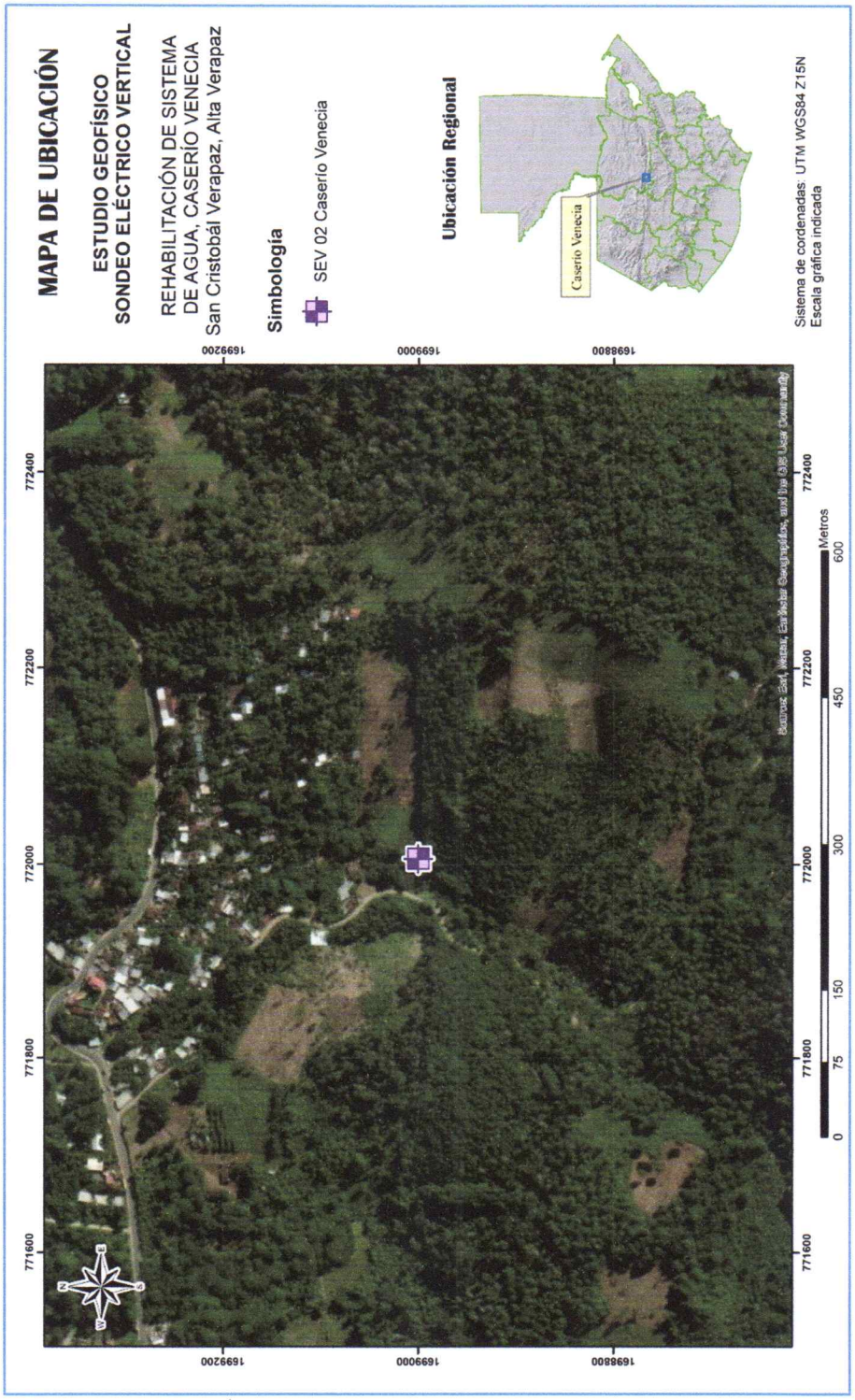
Para acceder al sitio de estudio desde la ciudad de Guatemala, Toma la Carretera al Atlántico (CA-9 Norte) hasta el cruce de El Rancho (kilómetro 85), luego desvíate hacia el norte pasando por San Jerónimo y Salamá en dirección a las Verapaces (Ruta CA-14) hasta llegar a San Cristóbal Verapaz. El recorrido total es de aproximadamente 210 kilómetros. El viaje toma entre 4.5 y 5.5 horas dependiendo del tráfico y el transporte. Del centro de San Cristóbal, se hasta llegar al sitio donde se realizó el Sondeo Eléctrico Vertical, la localización y vías de acceso se muestran en el mapa No.2 Mapa de Localización.

La tabla No.1 muestra las coordenadas UTM WGS 84 Z 15 Norte de del sitio seleccionado; además la Ubicación y vías de acceso del área del proyecto se muestra en el mapa de localización y vías de acceso (Mapa No.1), mientras que el mapa No.2 muestra con detalle la ubicación del terreno donde se realizó el SEV. Por aparte la fotografía No.1 muestra el terreno evaluado. Tanto la tabla como los mapas y la fotografía se presentan a continuación:

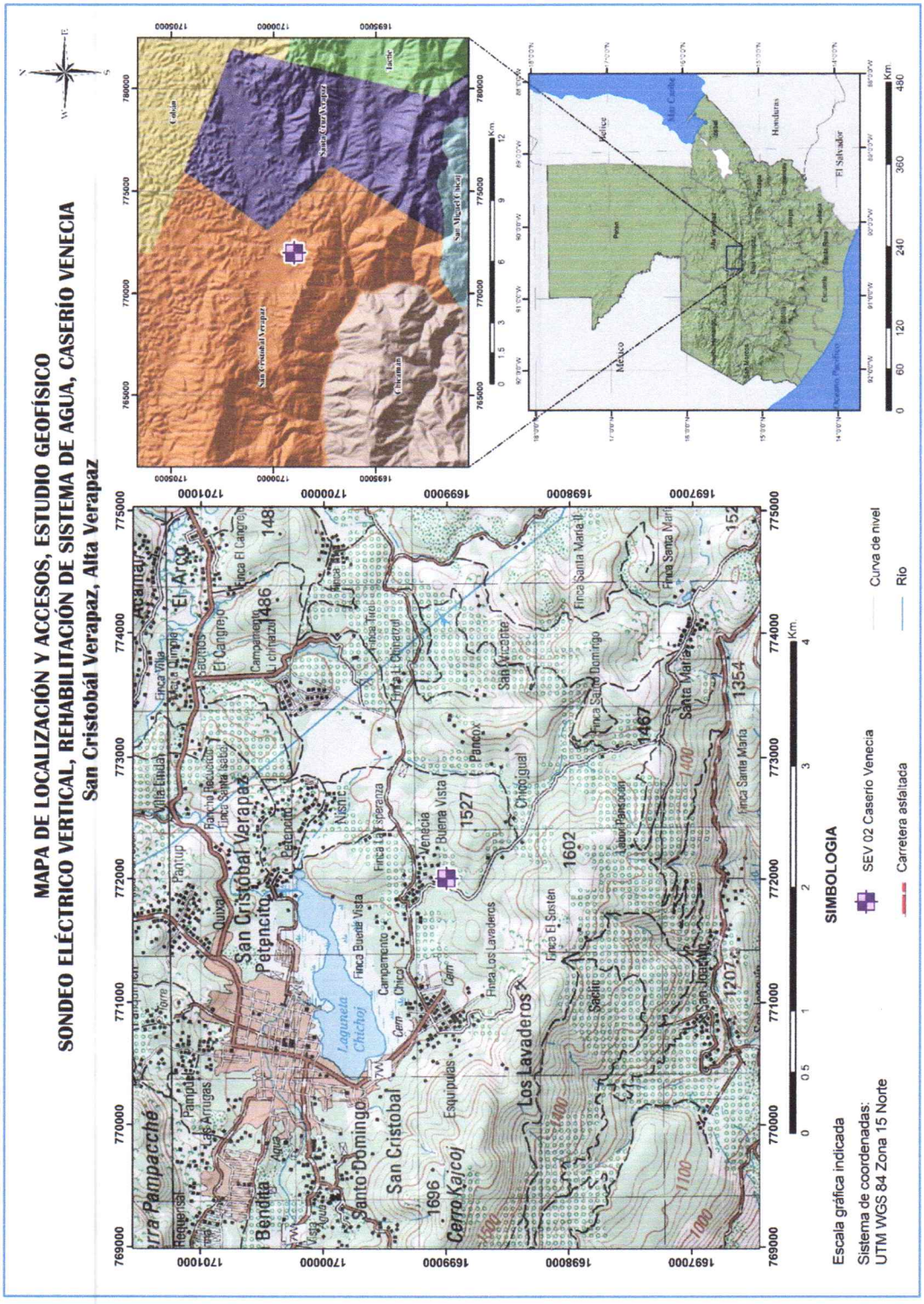
Tabla No.1 Ubicación de la prospección geofísica, la cual consiste en las coordenadas del centro del Sondeo Eléctrico Vertical realizado.

Coordenadas UTM WGS84 Z15N		
ESTE	**NORTE**	**ELEVACION**
772,006	1,699,000	1,380 MSNM

Mapa No. 1 Ubicación del Sondeo Eléctrico Vertical.



Mapa No. 2 Localización y vías de acceso del estudio geofísico.


MAPA DE LOCALIZACIÓN Y ACCESOS, ESTUDIO GEOFÍSICO
SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL, REHABILITACIÓN DE SISTEMA DE AGUA, CASERÍO VENECIA
San Cristobál Verapaz, Alta Verapaz
SIMBOLOGIA
SEV 02 Caserio Venecia
Carretera asfaltada
Curva de nivel
Rio
Escala gráfica indicada
Sistema de coordenadas:
UTM WGS 84 Zona 15 Norte
San Cristobal Verapaz
Los Lavaderos
Cerro Kajcoj
Laguneta Chichoj
Venecia
Buena Vista
Pancox
Chicoyugual
Finca Santa María
Finca Santo Domingo
Finca El Sosten
Finca Los Lavaderos
Finca La Esperanza
Finca Buena Vista
Finca El Cangrejo
Finca El Pinabete
Finca Villa Linda
Finca Vista Hermosa
Finca Vista Linda
Finca Vista Alegre
Finca Vista Verde

4. SITUACION ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

4.1 ESTIMACION DEL CAUDAL REQUERIDO

El 70.8% de la superficie terrestre está ocupada por agua, pero tan solo un 2.5% de toda el agua existente en el planeta es agua dulce, o sea, apta para consumo y solo disponemos para consumo del 0.5% que es agua subterránea o superficial. En la tierra habitan actualmente 6,000 millones de personas, de las cuales, cerca del 20% viven en 50 países que carecen de este vital liquido y, siguiendo con el actual ritmo de consumo, en breve esta se convertirá en un problema capaz de generar conflictos armados e incidirá en el futuro de la diversidad biológica de muchas zonas del planeta.

Se entiende por consumo de agua por habitante a la cantidad de agua que dispone una persona para sus necesidades diarias de consumo, y se mide en litros por habitante y día (l/hab-dia). Es un valor muy representativo de las necesidades y/o consumo real de agua dentro de una comunidad o población.

La Organización Mundial de La Salud (OMS) Considera que la cantidad adecuada de agua para consumo humano es de 50 l/hab por día, sin embargo el diseñador del proyecto ha estimado un consumo de 120 l/hab. Según la información recabada, se tiene una cantidad aproximada de 712 personas.

Para efectuar este cálculo, se estima que el nuevo pozo pueda ayudar en el abastecimiento de agua de todas las viviendas, escuelas, puestos de salud, etc.

Tabla No. 2 Población actual y población proyectada a treinta años.

Viviendas	Población	Crecimiento Población	Población
2,026	2,026	(según INE)	2,046
178	712	2.5%	1,167

Fuente: www.ine.gob.gt

Dotación 80 litros x habitante x día.

Caudal (2046) 1,167*120 = 140,040 litros por día = 25.7 galones x minuto

De manera que para que el pozo se considere exitoso deberá d proveer al menos 25.7 galones por minuto, si se bombeara las 24 horas. Con un periodo de bombeo de 8 horas se tendría que obtener del pozo al menos 77.1 gpm. Por lo que en base a lo anterior la producción de agua del pozo abastecerá por completo la demanda, sin embargo, deberá ser suministrada de forma racionada y sectorizada, para evitar la sobre explotación y la disminución drástica de los niveles estático y dinámico del pozo.

4.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA

a. Estimación de demandas actuales y futuras

Tabla No.3 Estimación del crecimiento en la demanda de agua potable actual y a futuro.

AÑO	% DE CRECIMIENTO	POBLACION AÑO	CAUDAL REQUERIDO (Litro)	CAUDAL REQUERIDO AÑO (m^3)
0	2.5	712	85440	85
1	2.5	730	87576	88
2	2.5	748	89765	90
3	2.5	767	92010	92
4	2.5	786	94310	94
5	2.5	806	96668	97
6	2.5	826	99084	99
7	2.5	846	101561	102
8	2.5	868	104100	104
9	2.5	889	106703	107
10	2.5	911	109370	109
11	2.5	934	112105	112
12	2.5	958	114907	115
13	2.5	981	117780	118
14	2.5	1006	120724	121
15	2.5	1031	123743	124
16	2.5	1057	126836	127
17	2.5	1083	130007	130
18	2.5	1110	133257	133
19	2.5	1138	136589	137
20	2.5	1167	140003	140

POBLACION ACTUAL	712	Información proporcionada por contratista
TASA DE CRECIMIENTO	2.50%	
DOTACION DIARIA (l/ab/d)	120	

b. USOS DEL AGUA, INDUSTRIAL Y AGRARIO

- **Uso del Agua**

  El uso del agua obtenida del pozo mecánico estará destinado única y exclusivamente al consumo humano.

- **Aspectos de industria y agrario**

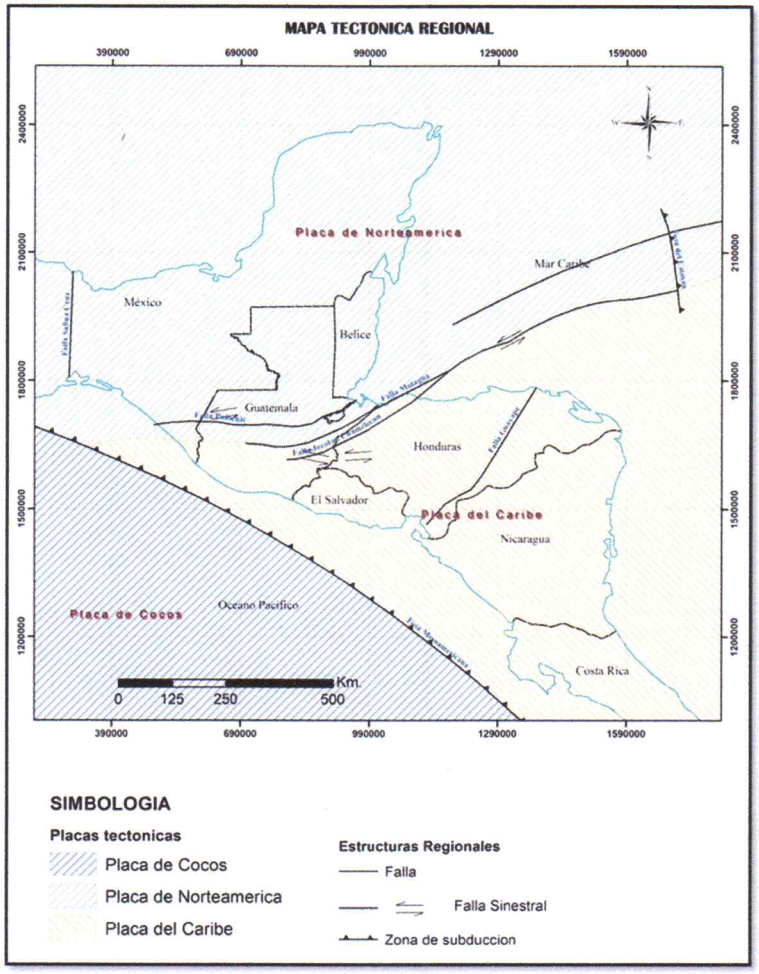
  Por tratarse de un proyecto no productivo y considerarse como inversión social no tendrá un valor de retorno, únicamente se contempla como un proyecto auto sostenible donde el valor de la cuota mensual del servicio incluya lo suficiente para cubrir los gastos de operación, administración y mantenimiento a futuro.

5. GEOLOGIA REGIONAL

5.1 TECTONICA REGIONAL

En el mapa No.3, el cual se muestra a continuación, se presenta un diagrama que muestra, la tectónica de placas regional para Centroamérica y el Caribe, en este recuadro se aprecia que en el territorio de Guatemala se da la unión de tres placas tectónicas que son: la placa de Norte América, la Placa del Caribe y la Placa de Cocos; las estructuras geológicas regionales para el territorio de Guatemala son consecuencia de esta interacción de placas tectónicas.

Mapa No. 3 Tectónica Regional.



En base a estudios geocientíficos, se ha determinado que la placa litosférica del Caribe se desplaza hacia el Este en relación con Norte y Sur América; esto debido a que la corteza oceánica Atlántica penetra a profundidad bajo las Antillas Menores en lo que actualmente se conoce como la fosa del Caimán, con un desplazamiento horizontal de aproximadamente 350 Km con una velocidad de movimiento de 17 mm/año; este desplazamiento se ha dado desde el Cretácico tardío-Terciario temprano hasta el presente.

Como resultado de estos movimientos litosféricos, se formó un sistema de fallas conocido como sistema de fallas Motagua-Polochic el cual presenta fallas transcurrentes (strike slip) sinestrales para la parte Norte del país y dextrales en el sur. Este sistema de falla Motagua-Polochic, se extiende a lo largo de 400 Km del mar Caribe en el Este hasta la costa del Pacifico en el Oeste. El sistema está compuesto por tres subsistemas de fallas subparalelas, transcurrentes (strike slips) mayormente sinestrales, que de Norte a Sur son: las fallas del Polochic (o Chixoy- Polochic), Motagua, y Jocotán-Chamelecón, la ubicación de estos sistemas de fallas se pude apreciar en el marco tectónico del mapa No. 3.

También se ha determinado que la placa de Cocos en el Pacifico se mueve hacia el Noreste y su corteza oceánica penetra a profundidad bajo Centroamérica y México. La subducción de la placa de Cocos bajo la placa del Caribe provoca la fracturación de la placa del Caribe, dividiendo el frente volcánico en segmentos, en Guatemala se tienen tres segmentos que han sido nombrados Segmento Occidental o Los Altos, Segmento Guatemala Central y Segmento Guatemala Oriental.

Estos segmentos se encuentran divididos por sistemas de fallas transcurrentes (de rumbo) originados por esfuerzos tensiónales locales sobre la cresta de un geoanticlinal que se originó por la elevación del borde del continente, debido a esfuerzos compresionales ocasionados por la Placa de Cocos.

5.2 GEOLOGÍA LOCAL

Según revisión bibliográfica y trabajo de campo, en los alrededores del área de estudio afloran rocas carbonáticas del Cretácico que pueden correlacionarse con la Formación Cobán Superior, formada principalmente por calizas foraminíferas; además como se observa en el mapa geológico, que se presenta al final del capítulo, a nivel local el área de estudio está conformada por aluviones recientes, arcillas, arenas, limolitas, arenas calcáreas y gravas, depositados por el rio Cahabón.

5.2.1 CALIZAS COBÁN

La litología de la formación base consiste en 1000 metros de dolomita dominantemente, no fosilífera, gris oscura, cristalina media, caliza y dolomita interestratificada con brecha de caliza de estratificación masiva. La brecha es deposicional compuesta de fragmentos de guijas y cantos rodados angulares de calizas gris claro, caliza gris oscura, caliza chertica negra, dolomita gris, dolomita negra y un clasto ocasional de lutita y limolita. La matriz es lodolita calcárea.

La parte media, contiene rocas clásticas de grano más fino, predominan 100 a 150 m de limolita calcárea no fosilífera, café, de capas delgadas a medias, porosa y areniscas finas con pocas intercalaciones de lutita y caliza; dolomita de estratos delgados a gruesos, gris claro. La caliza y la dolomita se incrementan en abundancia hacia arriba por otros 100 a 150 m.

La parte superior, son aproximadamente 1000 m de caliza, gris a café pardo, de estratos medianos a gruesos, interestratificadas con brecha y conglomerado de caliza intraformacional y masiva. Los 200 – 300 metros superiores, son de estratificación más delgada y lisa, de grano más fino y contienen zonas de nódulos de chert.

En lo que respecta a los fósiles, en la parte media se encuentran microfósiles y algas, en la parte superior, la caliza contiene miliolidos y rudistas (en algunas localidades). Los contactos y relaciones estratigráficas con otras formaciones se tiene el contacto inferior conformable y aparentemente gradacional con la Formación Todos Santos. La edad por medio de las identificaciones de fósiles le ha colocado dentro de un intervalo que va del Turoniano al Mastrichtiano.

En la fotografía No 1, se observa un afloramiento de rocas calizas, en la carretera CA-14, en el tramo entre el cruce hacia Santa Cruz Verapaz y la ciudad de Cobán, las rocas se observan fracturadas y meteorizadas, formando un suelo limo-arcillosos, de color rojizo.

Fotografía No. 1 Afloramiento de Calizas aproximadamente a 1 kilómetro al noroeste del área de estudio.



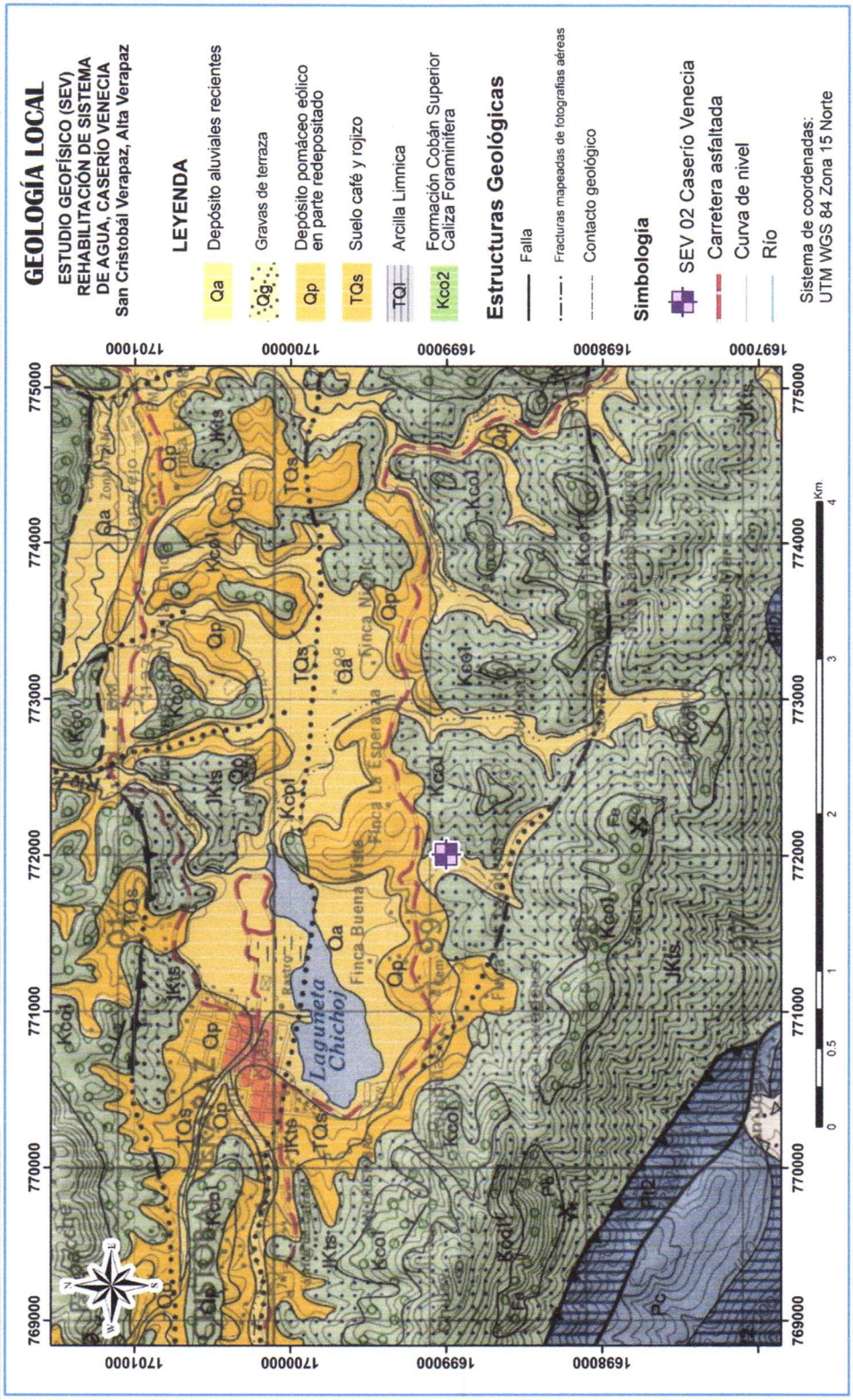
Fuente: Délmar Villatoro. Trabajo de campo 2026.

5.2.2 DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES

Los depósitos de origen aluvial se depositan principalmente en ambas márgenes del río Cahabón, los materiales depositados, corresponden a bloques y cantos rodados de rocas calcáreas (calizas), las gravas y arenas que han tenido mayor transporte corresponden es su mayoría a depósitos volcánicos de eólicos en su mayoría pómez, los cuales han sido re-depositados.

Al norte del caserío Venecia, en los alrededores de la Laguneta Chichoj se han depositado sedimentos finos del tamaño de limos y arcillas en los periodos en que la Laguneta aumenta su tamaño, inundando los alrededores.

Mapa No. 4 Geología Local



6. HIDROGEOLOGIA REGIONAL

El proyecto se encuentra dentro de la sub cuenca del río Cahabón en Guatemala, misma que posee una superficie aproximada de 2,459 km² y una longitud de caudal principal de unos 196 km, atravesando principalmente el departamento de Alta Verapaz. Dentro de la Cuenca de Cahabón se circunscribe la sub cuenca esta subcuenca de la Laguna Chichoj, que forma parte del área del Rio Cahabón, que desemboca en el Río Polochic que tiene su vertiente en el Atlántico. (ver mapa No. 5 Cuencas). La hidrografía del Municipio de San Cristóbal Verapaz está constituida por:

Río Chixoy o Negro: Es el más grande e importante, limita las zonas suroeste y noroeste del municipio, así como los departamentos de Alta Verapaz y El Quiché.

Río Quixal: Ubicado en la parte noroeste, funciona como uno de los principales afluentes del río Chixoy.

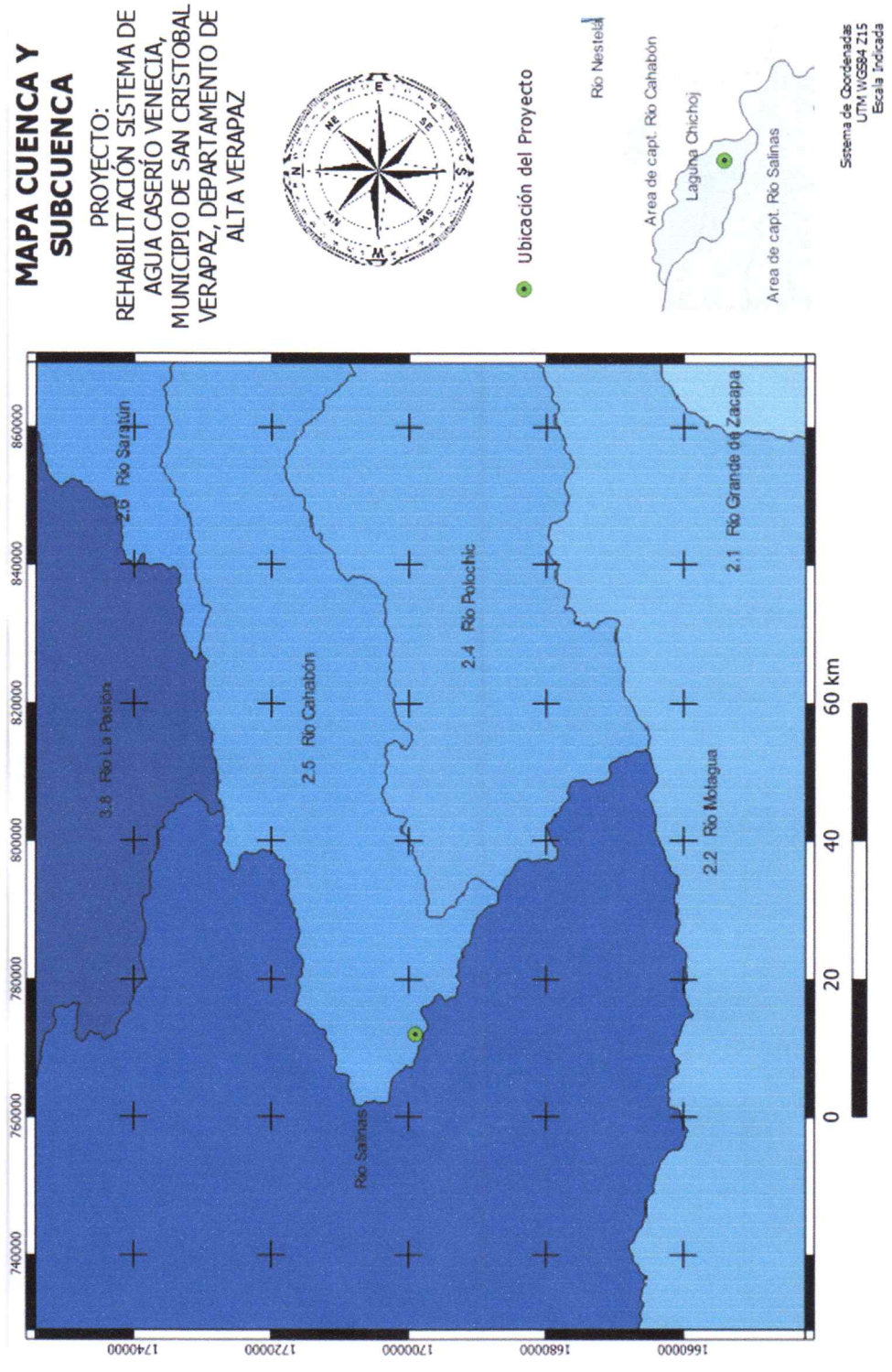
Río Cahabón: Se localiza en la región este del municipio.

Laguna Chichoj: Conocida popularmente como «La Pupila del Cielo». Está situada a la orilla de la cabecera municipal dentro de un valle de la Sierra Pampacché y cuenta con una cuenca de casi 30 km².

El territorio de San Cristóbal Verapaz está asentado en gran parte sobre un ambiente kárstico, compuesto principalmente por rocas calizas sumamente permeables y propensas a la disolución química. Derivado de que los suelos kársticos favorecen la infiltración, debido a la alta precipitación pluvial de Alta Verapaz, el agua de lluvia penetra el suelo con rapidez a través de fracturas, dolinas y conductos subterráneos, alimentando de forma continua los acuíferos.

De acuerdo con la Evaluación del Recurso Hídrico (USAC), las principales zonas con alto potencial de recarga y reservas de agua subterránea se concentran en las regiones norte, noroeste y parte del centro del municipio. En el presente estudio se ha considerado que la unidad aluvial con granulometrías medias con permeabilidad primaria, podrían constituir el acuífero regional presente en el área de estudio. Las aguas subterráneas de este acuífero regional presentan una menor dependencia de la época lluviosa y debido a su profundidad son menos accesibles por lo que representan un suministro de agua subterránea confiable.

Mapa No. 5 Cuenca y Sub-cuenca



7. ESTUDIO GEOFISICO LOCAL "SONDEO ELECTRICO VERTICAL"

Este método se basa en la propiedad que tiene los suelos y rocas de la corteza terrestre de presentar resistencia al paso de una corriente eléctrica, la cual crea un campo electromagnético.

En esencia el método consiste en medir la intensidad de corriente que se hace pasar por el terreno a través de los electrodos de alimentación y la diferencia de potencial entre los electrodos de recepción.

El punto de interés presento dificultades para llevar a cabo el sondeo sobre el mismo, y debido a lo puntual del objeto a estudiar y por consiguiente la homogeneidad de la litología esperada, se realizaron dos sondeos eléctricos verticales, cuyas particularidades y resultados se exponen a continuación.

7.1 METODOLOGIA

7.1.1 MÉTODOS ELÉCTRICOS

El método eléctrico consiste básicamente en la medición simultánea de diferencia de voltaje (ΔV) por medio de los electrodos de medición (M-N). La fuente de energía utilizada es la corriente emitida por los electrodos de emisión (A-B). Los resultados esperados son presentados en términos de cambios de resistividad eléctrica (Δn) en el subsuelo.

Debido a que la presencia de materiales que faciliten la conducción eléctrica o electrolitos (por ejemplo, el agua) pueden afectar drásticamente las propiedades eléctricas de las formaciones geológicas, los métodos eléctricos poseen especial relevancia en la exploración de acuíferos, contactos estratigráficos y minerales metálicos. En este caso, la modalidad de métodos eléctricos que se aplica en el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV).

El método eléctrico de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), consiste en un arreglo geométrico, que permite obtener un perfil de profundidad vs. Resistividad Aparente, el cual es interpretable en términos de una distribución de estratos bajo el centro del SEV (Figura 1).

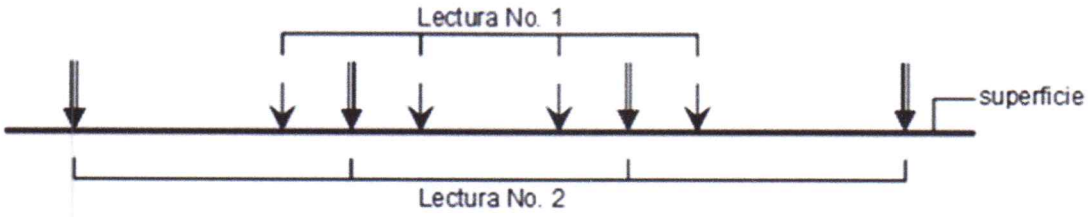


Figura No. 1 Secuencia de Lecturas en un Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)

El trabajo de campo en un **SEV**, consiste en generar corrientes eléctricas de tal modo que estas logren transmitirse por los distintos estratos que componen estratos con propiedades eléctricas (resistividades) distintas. Dichos contrastes "geoeléctricos" son registrados como contrastes de potencial, por una secuencia de electrodos los cuales están dispuestos en un arreglo o tendido sobre la superficie del terreno, El primer paso, consiste entonces en la escogencia de la ubicación de los "sitios" donde se instalará el centro del tendido de los electrodos, o sea el SEV.

Los tendidos de SEV poseen extensiones variables, en el caso de este estudio, hasta 800 metros de longitud entre los extremos de electrodos de corriente (AB). El arreglo utilizado fue el de Schlumberger para las separaciones de electrodos de corriente A-B y sus combinaciones con las distancias de los electrodos M-N. Estas distancias fueron medidas en el campo, por medio del método de cinta.

Para fines de interpretación, el trabajo de campo exige la realización de una secuencia de mediciones y arreglos geométricos de electrodos. En cada arreglo de electrodos se busca la obtención de un valor de resistividad aparente (ρ^a), el cual resulta de la relación:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K \; ; \qquad donde\ K = \pi \frac{\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2}{MN}$$

7.2 INTERPRETACION

La señal recibida por cada "emisión de corriente" es registrada como referencia de potencial, y de esta manera traducida como la respuesta del subsuelo a la fuente de energía; el principal objetivo de

esta metodología es la obtención del "perfil eléctrico" bajo el sitio central del SEV, lo cual es graficado en una gráfica doble-logarítmica de Resistividad Aparente (ρa) contra Separación AB media (AB/2), (Figura No. 2). El trabajo de interpretación consiste, precisamente, en el análisis de dichas gráficas, las cuales son representativas tanto del comportamiento del subsuelo en presencia de corrientes eléctricas.

A partir de un gráfico obtenido de las medidas de resistividad aparente (ρ) a distintas distancias entre electrodos (AB/2), se obtiene un perfil de espesores (h) con distintos valores de Resistividad Aparente (Δn).

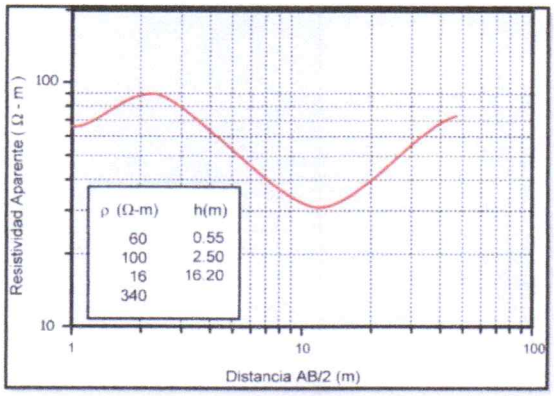


Figura No. 2 Procedimiento de interpretación de un SEV.

El trabajo de interpretación se realiza en dos fases. La primera, consiste en una revisión de la calidad de los datos obtenidos en el campo y se realiza para identificar problemas en el registro mismo de los datos, repitiendo aquellas lecturas que no sean satisfactorias.

La segunda fase de interpretación consiste en el análisis e integración, en gabinete, de toda la información recabada en el campo. Todo esto se realiza bajo la luz de un análisis de computo minucioso y produce como resultado, las secciones o perfiles geoeléctricos con la configuración de los distintos estratos en el subsuelo.

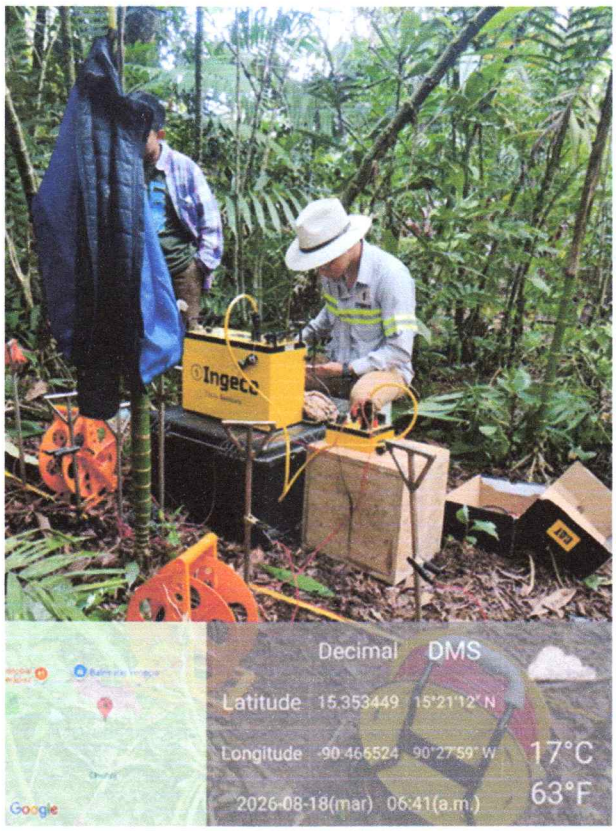
7.3 TRABAJO DE CAMPO

En el área en estudio se realizó un sondeo eléctrico vertical (SEV); el SEV alcanzó una extensión de electrodos A-B de 1,000 m es decir 500 m por ala. El método utilizado fue el Schlumberger para las

separaciones de electrodos A-B y sus combinaciones con las distancias de los electrodos M-N. Estas distancias fueron medidas en el campo, por medio del método de cinta. La fotografía No. 1 fue tomada mientras se realizaba el trabajo de campo.

Los trabajos de campo consistieron en realizar un SEV en el área, a través de 35 mediciones de resistividad. Las mediciones se efectuaron al ras del terreno y a diferentes aberturas inter electródicas con el fin de determinar el número de capas presentes en cada sitio a estudiar, así como la existencia de nivel freático

Fotografía No.2 Trabajo de campo, para la adquisición de los datos del Sondeo Eléctrico Vertical



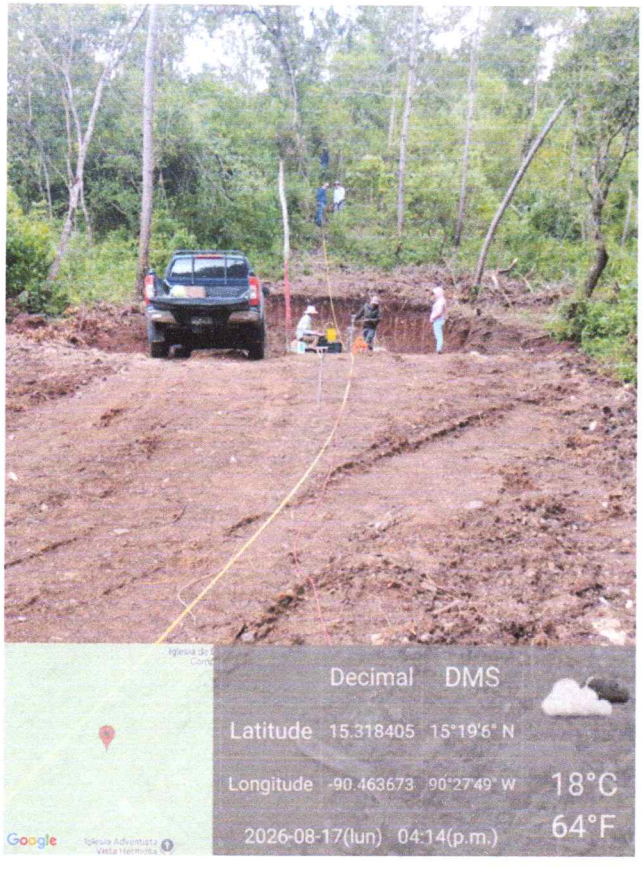
7.4 PERSONAL Y EQUIPO

El siguiente personal llevó a cabo la prospección geofísica.

-Ing. Civil Fernanda Barrios especialista en geología

Interpretación geológica e interpretación geofísica

Fotografía No.3 Ubicación de adquisición de los datos para Sondeo Eléctrico Vertical



Equipo de Sondeos Eléctricos Verticales, un resistivímetro SuperSting que utiliza un transmisor de energía incorporado y puede ser utilizado para mediciones tradicionales como sondeos eléctricos verticales (SEV), mise-a-la-masse o la tomografía eléctrica de múltiples electrodos en 2D, 3D y 4D (lapso). Otras aplicaciones son tomografía pozo a pozo, estudios marinos a través de barco por arrastre y mediciones bajo el agua en ríos, lagos, presas y mar para investigar las condiciones del fondo. Como lo hemos mencionado a lo largo de este reporte la exploración fue mediante SEV, por lo cual se utilizaron aparte del equipo 2,000 m de cable eléctrico calibre 16, multihilo, así como 10 electrodos y otros accesorios como lo son computadora portátil, radios, GPS, herramientas básicas, cintas de medición y cámara fotográfica.

7.5 UBICACIÓN DEL SONDEO ELECTRICO VERTICAL

El área donde fue llevado a cabo la prospección geofísica se encuentra dentro del San Cristóbal Verapaz en el departamento de Alta Verapaz. Se ubicó el terreno disponible para perforación de pozo y se llevó a cabo la exploración geofísica, considerando la extensión que dicho estudio requería, y del área que se tiene prevista para realizar la perforación. En la tabla No. 4 se muestra las coordenadas UTM WGS 84 Zona 15N de la ubicación del sondeo.

Tabla No. 4 Coordenadas de la ubicación del SEV

Coordenadas UTM WGS84 Z15N		
ESTE	**NORTE**	**ELEVACION**
772,006	1,699,000	1,380 MSNM

7.6 TRABAJO DE GABINETE

7.6.1 PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

Los trabajos de oficina o gabinete, se realizaron casi en su totalidad de forma automática, aplicándoseles las siguientes correcciones y procesos a los datos geofísicos recolectados en campo:

A. Se corrigieron por variaciones laterales, propias de cada sitio de medición.

B. Los SEV se graficaron en papel bilogarítmico para realizar la corrección por empalme y luego se llevó a cabo una interpretación grafica que permitió inferir el modelo geológico preliminar del sitio. Mediante este procedimiento fue posible estimar el número de estratos presentes en el subsuelo, así como el grosor y resistividad de cada uno de ellos.

C. La segunda fase de interpretación consiste en el análisis e integración, en gabinete, de toda la información recabada en el campo. Para el proceso de los datos de campo y generación de la curva de resistividad y estratos geoeléctricos resultantes se utilizó el programa IPI2 WIN.

Las secciones de isorresisitividad correspondientes a los datos obtenidos del procesado en el software IP2win, el cual permite construir perfiles geoeléctricos que son de apoyo en conjunto con los materiales observados en campo y la geología local del sitio obtenida de los sistemas de información geográfica, para obtener el modelo que más se ajuste al sitio.

7.7 RESULTADOS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

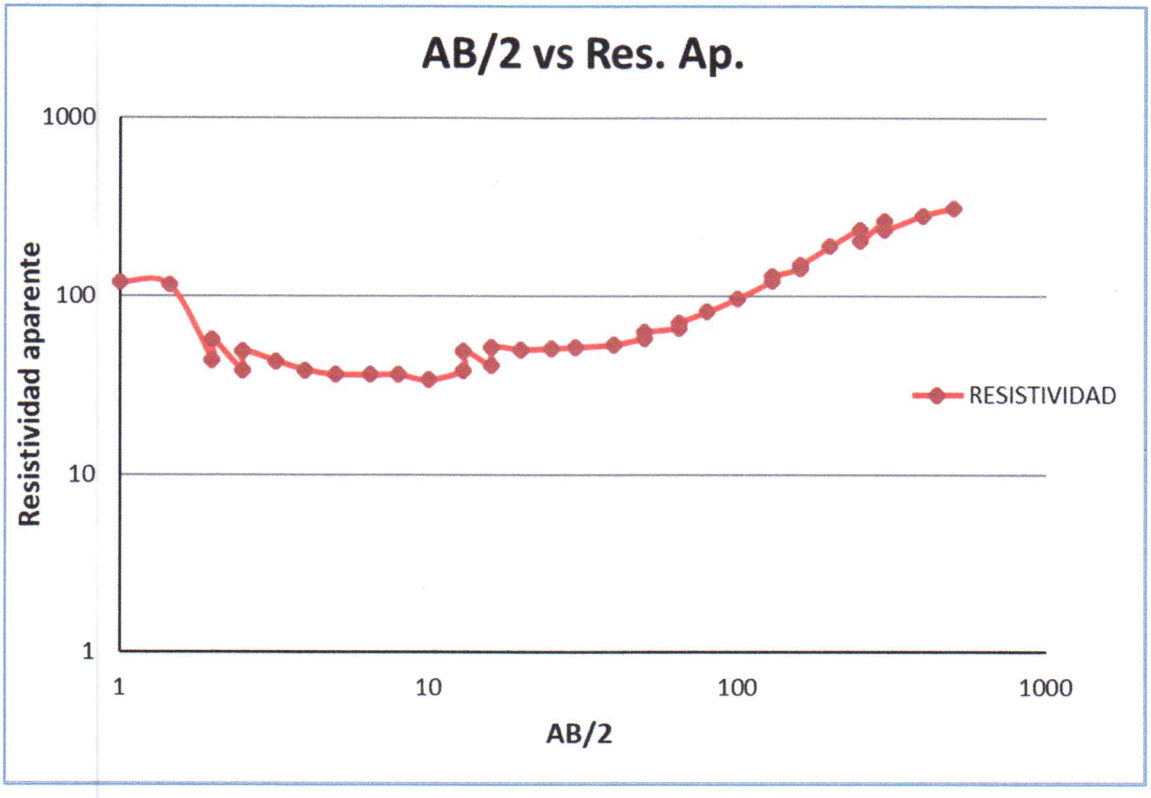
7.7.1 DATOS DE CAMPO SEV-01

Tabla No. 5 Datos tomados en campo durante la realización del SEV-01 en Xeul Cantel, Quetzaltenango

Estación	AB/2 (metros)	MN/2 (metros)	RESISTIVIDAD Ohm-m
1	1	0.2	119.4
2	1.45	0.2	114.7
3	2	0.2	43.62
4	2	0.5	56.61
5	2.5	0.2	38.18
6	2.5	0.5	48.68
7	3.2	0.5	43.00
8	4	0.5	38.30
9	5	0.5	36.08
10	6.5	0.5	35.92
11	8	0.5	35.94
12	10	0.5	33.64
13	13	0.5	38.33
14	13	2.5	49.08
15	16	0.5	40.62
16	16	2.5	51.17
17	20	2.5	49.76
18	25	2.5	50.38
19	30	2.5	51.15
20	40	2.5	52.92
21	50	2.5	57.95
22	50	5.0	62.05
23	65	2.5	65.72

24	65	5	70.42
25	80	5	80.82
26	100	5	95.76
27	130	5	121.5
28	130	10	128.6
29	160	5	141.9
30	160	10	148.8
31	200	10	191.2
32	250	10	238.8
33	250	25	204.1
34	300	10	269.4
35	300	25	239.1
36	400	25	287.9
37	500	25	316.3

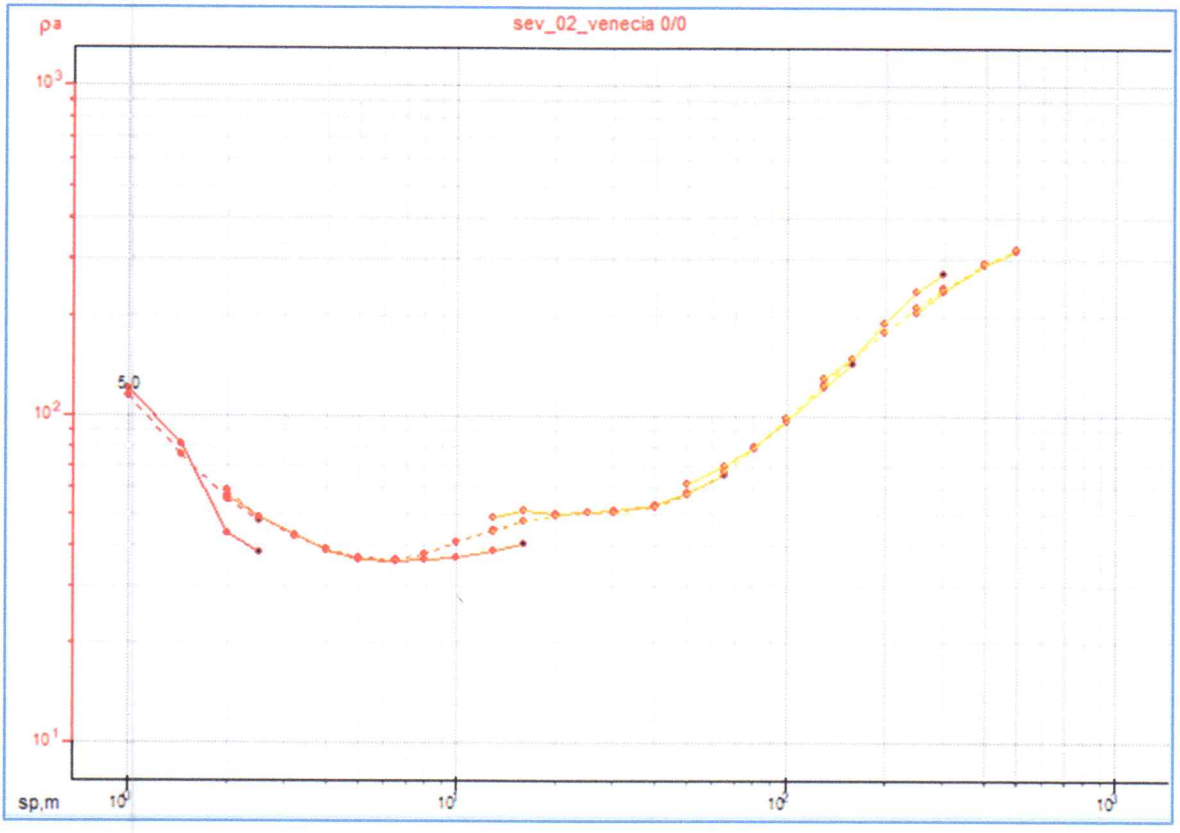
Figura No.3 Grafica de datos de campo medidos en campo de resistividad versus AB/2, para el SEV-01



Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2026).

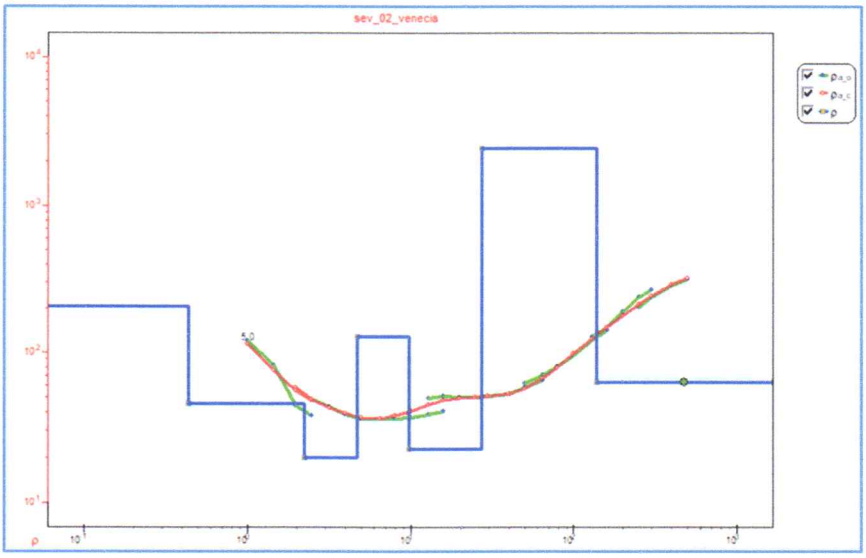
7.7.2 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Figura No.4 En la parte inferior se observan los datos de campo y curva de resistividad teórica, en la parte inferior en color negro la curva resultante y en color rojo la curva del modelo de resistividad.



En la figura No.4, grafica log-log de los datos del SEV 1, la curva en color rojo y amarillo ha sido generada a partir de los datos de campo los cuales se muestran en color rojo y negro, la curva ha sido generada por el software de inversión de resistividad ZondIP1D.Figura No.5 Grafica Log-Log del modelo de resistividad para el SEV 01.

Figura No.5 Grafica Log-Log del modelo de resistividad para el SEV 01



Fuente: Elaboración propia por medio del software ZondIP1D

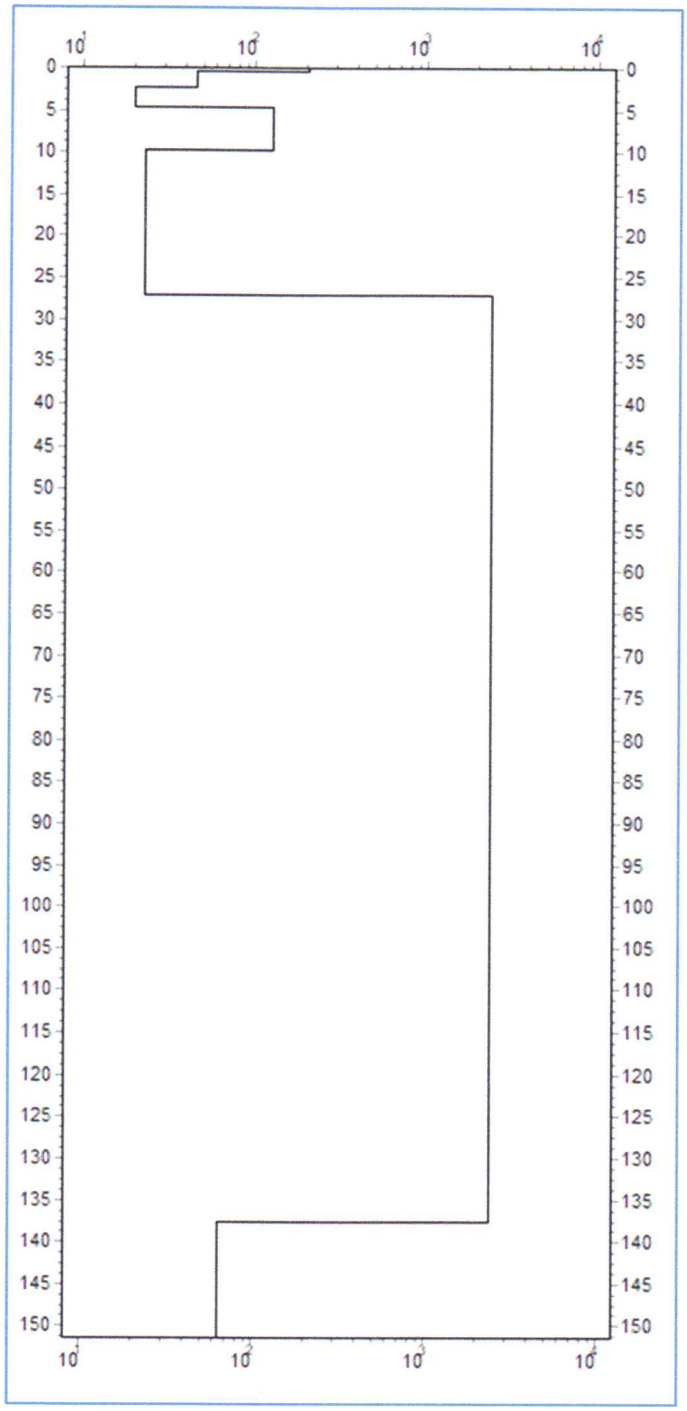
En la figura No.5 se muestra el modelo de resistividad resultante a partir de los datos de campo para el SEV 01 en el paraje Xeul, en este modelo en color rojo la curva del modelo de resistividad final para el SEV 01, en color verde la curva generada a partir de los datos de campo y los estratos geoeléctrico de isorresistividad del modelo se muestran en color azul, también se observa en la parte superior izquierda el error o incerteza del modelo, en este caso de 5.0%. El modelo ha sido generado por el programa de inversión de resistividad (ZONDIP1D)

Tabla No. 6 Estratos geoeléctricos, con el valor de resistividad de la capa, su espesor y profundidad hasta la que se extiende.

N	ρ	h	z
1	206.20	0.44	0/0
2	45.41	1.81	0.44
3	19.95	2.49	2.25
4	127.98	4.99	4.75
5	22.76	17.40	9.74
6	2430.60	110.50	27.13
7	63.10		137.63

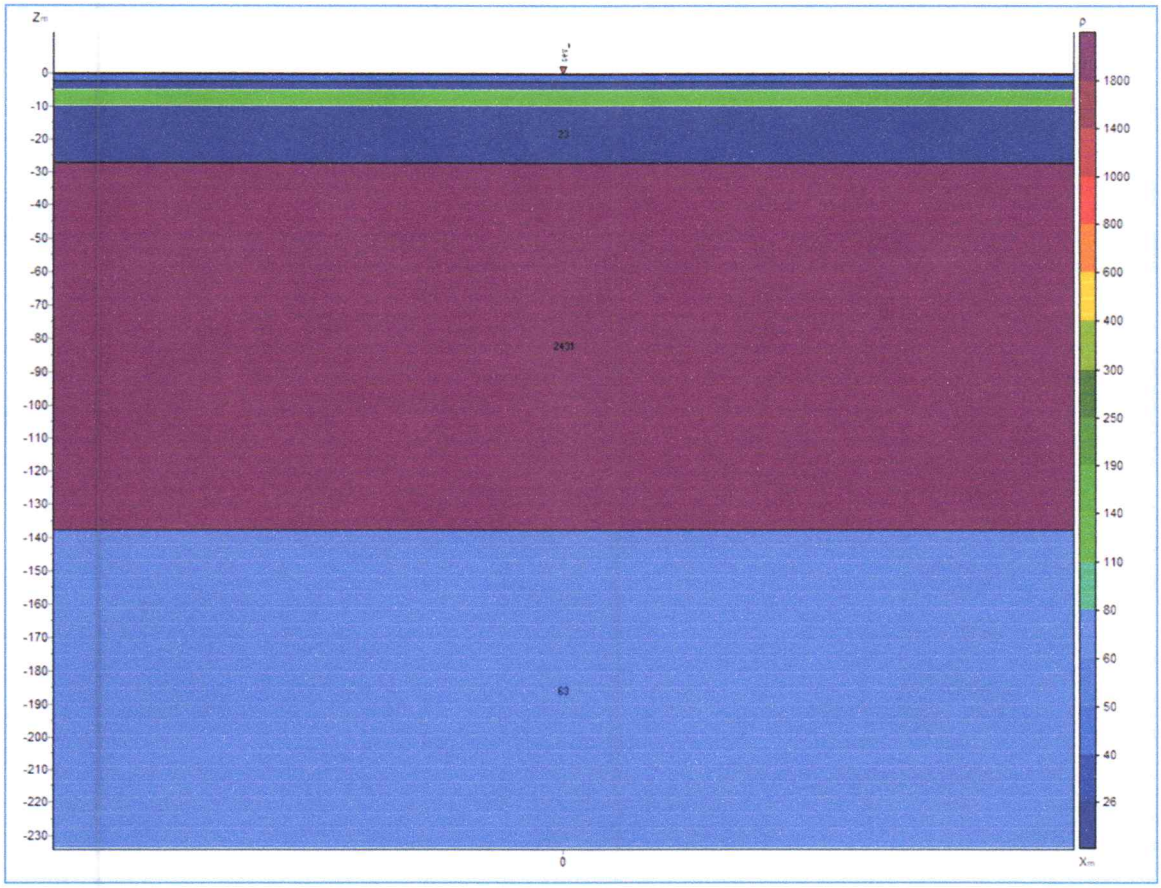
Fuente: Elaboración propia por medio del software ZondIP1D

Figura No. 6 Resistividad, espesor y profundidad de los estratos geoeléctricos



Fuente: Elaboración propia por medio del software ZondIP1D

Figura No. 7 Modelo de estratos geoeléctricos de isorresistividad para el área de estudio



Fuente: Elaboración propia por medio del software ZondIP1D

En la figura No. 9 se presenta el modelo de estratos de isorresistividad, con su espesor profundidad aproximada a la que se ubican, el valor de resistividad de cada capa y la escala de color utilizada.

En este modelo se muestra en color azul dos capas con un valor de resistividad en el rango de las aguas subterráneas, las cuales se asocian con que pueden constituir acuíferos, la capa más superficial con una resistividad de 22.76 Ωm, la cual se interpreta como el posible acuífero somero bajo el área de estudio, esta zona se ubica entre los 9.7 y los 27.1 metros, debido a su resistividad y a la geología local, estaría contenido en sedimentos aluviales limos y arenas (fragmentos entre 0.06 y 2 mm).

También se observa a partir de los 137.63 metros de profundidad, una capa en color azul, con una resistividad de 63.1 Ωm, la cual se interpreta como el acuífero profundo bajo el área de estudio, el cual, en base a la geología local, se encuentra contenido en una capa de rocas Calizas fracturadas.

Tabla No. 7 Resumen de resistividades y espesor de estratos geo eléctricos, SEV 01.

# de capa	Resistividad (Ωm)	Espesor (m)	Profundidad (m)	Interpretación geológica
1	206.2	0.4	0 – 0.4	Suelo superficial limo-arenoso de origen orgánico
2	45.41	1.8	0.4 – 2.2	Suelo residual limo-arenoso producto de la meteorización de sedimentos aluviales
3	19.95	2.5	2.3 – 4.8	Sedimentos aluviales del tamaño de limos.
4	127.98	5	4.8 – 9.7	Depósito de sedimentos aluviales del tamaño de arenas (entre 0.06 y 2 mm)
5	22.76	17.4	9.7 – 27.1	Acuífero somero, contenido en depósito aluviales del tamaño de limos y arenas (entre 0.2 y 2 mm)
6	2,430.6	110.5	27.1 – 137.6	Rocas sedimentarias carbonáticas, Calizas
7	63.1	¿?	137.6 – ¿?	Acuífero profundo contenido en rocas sedimentarias carbonáticas, Calizas fracturadas

7.7.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS SEV 01

El Sondeo tuvo una abertura máxima de electrodos de corriente de 1,000 metros, con esta separación se obtuvo una profundidad teórica de exploración de alrededor de 500 metros, siendo menor en la práctica, de alrededor del 30% de la abertura A-B.

En los resultados del sondeo eléctrico vertical se identifican 7 estratos geoeléctricos distintos, los cuales en base a su resistividad y la geología local se interpretan de la siguiente manera:

El primer estrato con una resistividad de 191.36 Ωm y un espesor de 0.4 metros se interpreta como la capa superficial de suelo de origen orgánico, conformado por arenas y gravas.

El segundo estrato con un espesor de alrededor de 1.8 metros y una resistividad aparente de 45.41 Ωm se interpreta como un estrato de suelo residual limo-arenoso, producto de la meteorización de sedimentos aluviales. Este estrato 2 se extiende desde los 0.4 metros de profundidad hasta alrededor de 2.2 metros.

La capa No.3 en base a su resistividad de 19.95 Ωm y a la geología local, se describe como una capa de sedimentos aluviales del tamaño de limos. Esta capa 3 se extiende desde alrededor de 2.3 metros hasta aproximadamente los 4.8 metros de profundidad, con un espesor de alrededor de 2.5 metros.

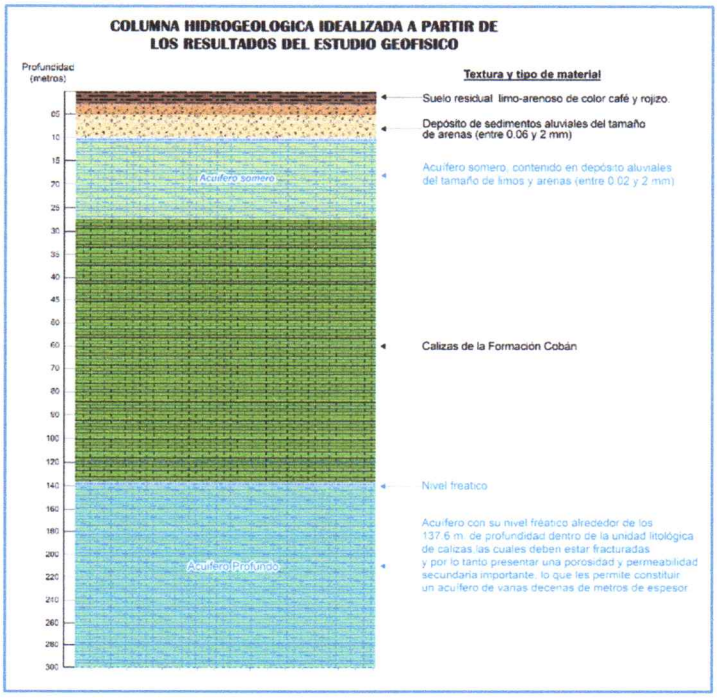
El estrato geoeléctrico No. 4, muestra un valor de resistividad de 127.98 Ωm, por lo que, en base a su resistividad y la geología local, se interpreta que corresponde a un depósito de sedimentos aluviales del tamaño de arenas (entre 0.06 y 2 mm), este estrato se extiende desde aproximadamente los 4.8 metros de profundidad hasta alrededor de los 9.7 metros de profundidad.

El estrato geoeléctrico No. 5 en base a su valor de resistividad de 22.76 Ωm, el cual se encuentra en el rango de las aguas subterráneas, se interpreta como el acuífero somero bajo el área de estudio, el cual de acuerdo a la geología local se encuentra contenido en un depósito aluviales del tamaño de limos y arenas (entre 0.02 y 2 mm). Este acuífero somero es aprovechado por medio de pozos artesanales poco profundos y su recarga depende directamente de la lluvia por lo que disminuye su nivel y producción de agua en época seca, no es una fuente confiable para el suministro de agua.

El estrato geoeléctrico No.6, presenta un valor de resistividad de 2,430.6 Ωm, por lo que, en base a su relativa alta resistividad y la geología local, se interpreta que corresponde a una capa de rocas carbonáticas Calizas, este estrato tiene un espesor de alrededor de los 110 metros y se extiende entre 27.1 y los 137.6 metros de profundidad.

Finalmente, la capa No. 7 en base a su valor de resistividad de 63.1 Ωm, el cual se encuentra en el rango de las aguas subterráneas, se interpreta como el acuífero profundo bajo el área de estudio, el cual de acuerdo a la geología local se encuentra contenido en una capa de rocas carbonáticas Calizas fracturadas, con porosidad y permeabilidad de tipo secundario, asociado al fracturamiento de las rocas, este estrato tiene su nivel freático aproximadamente a los 137.6 metros de profundidad con un espesor desconocido extendiéndose al menos hasta los 300 metros de profundidad que es la profundidad efectiva de exploración de este SEV (30% de A-B). Este acuífero profundo constituye el objetivo de la perforación de un pozo mecánico.

Figura No. 8 Columna hidrogeológica idealizada, a partir de los resultados del SEV y la geología local del área de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Tabla No.8 y 9 Resistividades para distintos tipos de roca, sedimentos y otros materiales.

Rocas sedimentarias	Resistividad (Ω·m)
Arenisca	$8\text{-}4x10^{3}$
Lutita	$20\text{-}2x10^{3}$
Caliza	$100\text{-}5x10^{3}$
Caliza compacta	1000-5000
Caliza blanda	100-300
Caliza fracturada	500-1000
Limonita	$50\text{-}10^{7}$
Dolomita	$3.5x10^{2}\text{-}5x10^{3}$
Margas secas	10^{2}
Margas húmedas	10

Aguas, sedimentos y suelos	Resistividad (Ω·m)
Arenas	30-500
Arena fina	10^{3}
Arena seca	$10^{3}\text{-}10^{4}$
Arena silícea	200-3000
Arenas con agua dulce	50-500
Arenas con agua salada	0.5-5
Arena Petrolífera	$4\text{-}2.2x10^{2}$
Arcilla	1-100
Arcilla seca	30
Arcilla húmeda	10
Limos	10-200
Aluvión	10-800
Gravas	$50\text{-}10^{3}$
Gravas húmedas	$5x10^{2}$
Gravas saturadas	102
Conglomerado	$2x10^{3}\text{-}10^{4}$
Roca salada	$3x10\text{-}10^{13}$
Aguas dulces superficiales	$10\text{-}10^{3}$
Aguas salobres superficiales	2-10
Agua subterránea (no contaminada)	10-100
Agua marina	0.2
Agua de lagos salados	0.1-1

Fuente: Tabla tomada de Urbieta, Tesis Maestría, 2009

8. INVENTARIO DE POZOS

El inventario de pozos es uno de los métodos más útiles y, a la vez más económicos, para obtener información preliminar sobre las características hidrogeológicas de una región. El método al que se hace referencia se basa en la recopilación y análisis de todos los datos relacionados con la hidrogeología subterránea del área de estudio y se realiza recorriendo la zona de interés, obteniendo datos que procedan de la información de los usuarios de los denominados puntos de agua (Lugares donde por la acción de la mano del hombre se tiene un acceso directo o indirecto a un acuífero determinado, como son: pozos, sondeos previos, excavaciones, canteras, manantiales, etc.).

Esta recopilación de datos es quizás el método más idóneo para empezar a reconocer las características hidrogeológicas de zona bajo estudio, previo a la realización de estudios o métodos cuyo costo es más elevado y exigen además un tiempo de realización y materiales bastante grandes; por ejemplo: Excavación de pozos de diámetro reducido y sondeos eléctricos verticales.

Mediante la utilización adecuada de este método se podrán reconocer los datos hidrogeológicos siguientes:

A. Perfil litológico de la perforación (o la situación geológica de la fuente en su caso).
B. Posición del nivel piezométrico.
C. Características químicas del agua extraída.
D. Volúmenes de agua utilizada por unidad de tiempo.
E. Evolución temporal de cualquiera de los datos, B, C, D.

No se obtuvo información de pozos cercanos.

9. CLIMATOLOGIA E HIDROLOGIA LOCAL

El municipio de San Cristóbal Verapaz (Alta Verapaz) cuenta principalmente con las siguientes Zonas de Vida de Holdridge debido a su relieve y variación altitudinal:

a) Bosque húmedo Subtropical (templado) – bh-S (t): Presente en las zonas con elevaciones moderadas del municipio.

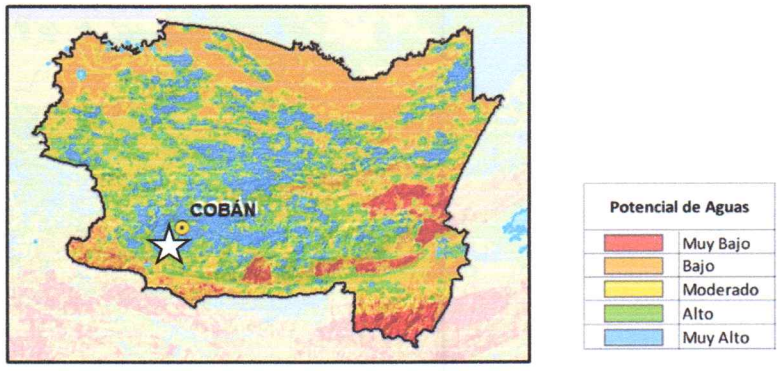
b) Bosque muy húmedo Subtropical (frío) – bmh-S (f): Característico de las regiones más altas y montañosas del municipio, donde predomina la alta humedad, con temperaturas que oscilan entre los 16 °C y 23 °C, y precipitaciones elevadas.

El clima de San Cristóbal Verapaz está influenciado por la topografía y por la proximidad y altura sobre el nivel del mar. Con respecto a la humedad relativa anual decir que es de 87.2%.; y si nos fijamos en la precipitación pluvial anual, vemos que el municipio cuenta con un promedio de 1,646 mm., y aunque existe lluvia durante casi todo el año, los meses de julio y septiembre son los más lluviosos y los de menor precipitación marzo y abril. La cabecera municipal de San Cristóbal Verapaz tiene clima templado.

La temperatura media anual se mantiene alrededor de los 18°C a 20.5°C. Al estar ubicado en Alta Verapaz, la región experimenta lluvias constantes y la famosa neblina o "chipi-chipi.

Es importante mencionar que según se aprecia en el mapa de Potencial de Aguas Subterráneas generado por MAGA en 2022, el área cuenta con potencial alto derivado de su geología.

Mapa No. 6 Potencial de Aguas Subterráneas Alta Verapaz (Cobán)



9.1 BALANCE HIDROLÓGICO

En la tabla No. 9, se puede apreciar que en promedio anual el balance hídrico en la zona es positivo, sumando las entradas tenemos 7,302.2 y de salidas 7,302.1, con un balance positivo de 0.1 millones de metros cúbicos.

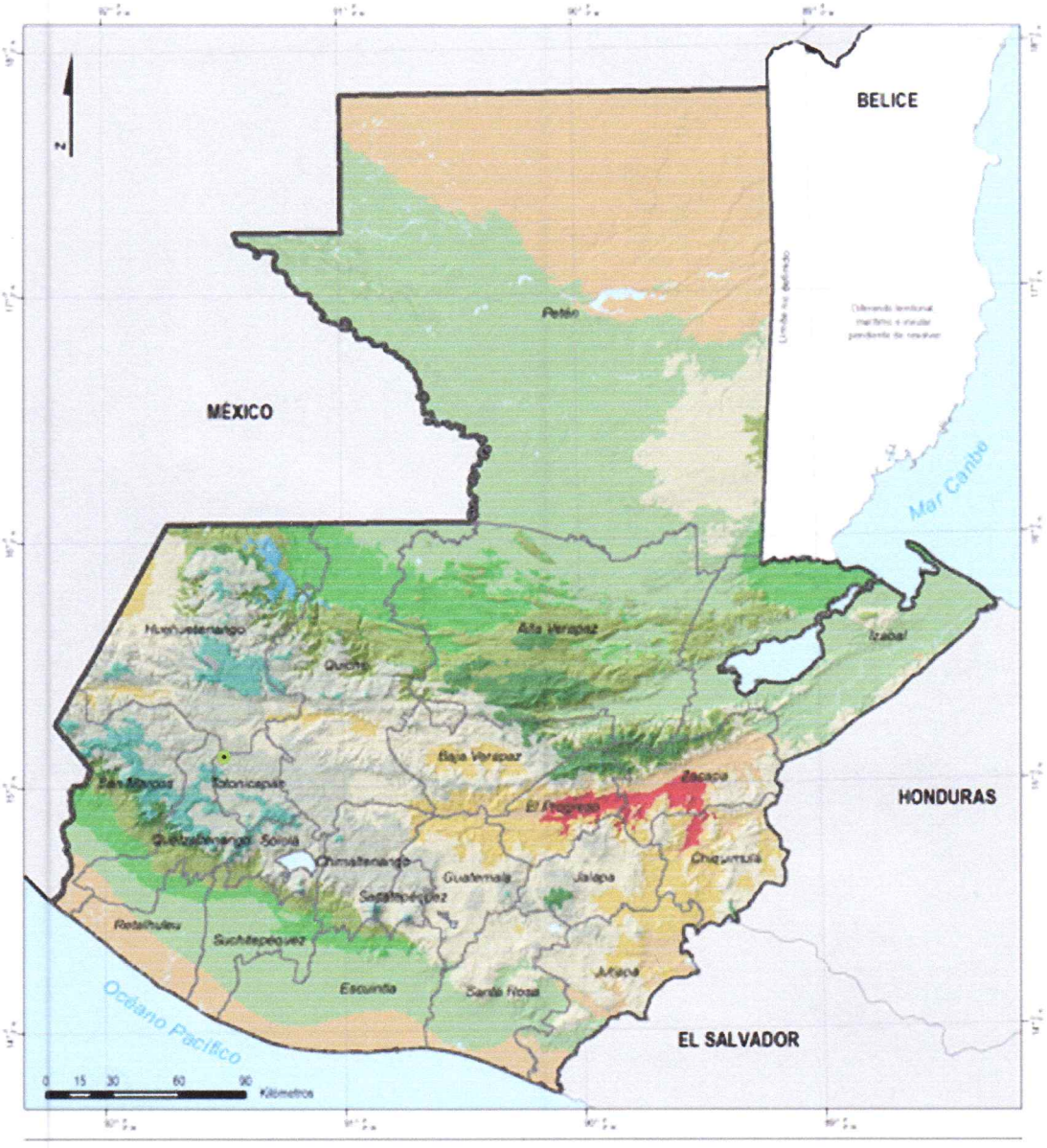
Como se ha mencionado en los numerales anteriores, el periodo seco que comprende los meses de noviembre a abril, se caracteriza por casi nula precipitación y es en este periodo donde los valores de evapotranspiración son elevados; sin embargo, durante la temporada lluviosa, la precipitación pluvial supera a la evapotranspiración, es en estos meses (mayo-octubre) cuando se tienen las mayores probabilidades de infiltración de agua hacia el subsuelo.

Tabla 10. Balance Hidrológico de las subcuencas de Guatemala (millones de m^3)

Vertiente	Cuenca	Subcuenca	Entradas		Salidas				
			Precipitación	Agua almacenada en el suelo el año anterior	Evapotranspiración	Recarga	Almacenamiento de agua en el suelo	Escorrentía subsuperficial	Escorrentía superficial
Golfo de México	La Pasión	Sayaxché	2,268.10	156.4	1,672.40	152.5	156.4	26.9	416.3
		Sebol	6,073.00	186.2	2,555.70	353.7	186.2	62.4	3,101.30
		Subín	3,075.50	373.9	2,468.00	80.9	373.9	14.3	512.4
	Nentón	Nentón	2,298.50	209.4	1,239.50	112.9	209.4	19.9	926.3
	Pojóm	Pojóm	2,636.80	131.6	1,175.60	141.3	131.6	24.9	1,294.80
	San Pedro	San Pedro	18,055.60	1,812.80	14,778.20	333.2	1,812.80	58.8	2,885.50
	Selegua	Selegua	2,327.60	159.5	1,238.80	161.4	159.5	28.5	899
	Usumacinta	Usumacinta	5,579.60	529.3	3,996.40	114.7	529.3	20.2	1,448.10
	Xaclbal	Xaclbal	3,832.30	257	1,712.30	461.5	257	81.4	1,577.20
	Bahía de Amatique	Livingston	256.7	7.7	120.5	14	7.7	2.5	119.6
		Puerto Barrios	1,223.50	59.4	655.7	175.2	59.4	30.9	361.7
	Cahabón	Cahabón	7,078.80	223.4	2,620.50	778.2	223.4	137.3	3,542.70
Caribe	Polochic-Lago Izabal	Izabal	7,061.60	309	3,605.10	394.1	309	69.6	2,992.80
		Polochic	8,066.70	500.4	3,856.40	822.3	500.4	145.1	3,243.20
	Hondo	Hondo	3,808.30	391	3,613.80	81.1	391	14.3	98.8
	Mohó	Mohó	1,202.60	54.5	657.8	19.1	54.5	3.4	522.4
	Mopán	Mopán	7,078.40	663	5,997.60	142.1	663	25.1	913.8
	Motagua	Chuacús	2,157.90	214	1,298.30	264.5	214	46.7	548.4
		El Tambor	838.7	76.6	453.8	100.9	76.6	17.8	266.2

Fuente: Balance hidrológico de las subcuencas de la República de Guatemala **iarna**

Es importante destacar, que esta cuenca está ubicada en áreas urbanas, factor que afecta y lo seguirá haciendo por la demanda del vital recurso.



Mapa 7. Zonas de vida de Guatemala
Basado en el Sistema de Clasificación de Holdridge

Leyenda

Cuerpo de agua

Límite departamental

bh-MBT, bh-PMT, bh-T, bmh-MBT, bmh-MT, bmh-PMT, bmh-T, bms-T, bp-MT, bp-PMT, bp-SAT, bs-PMT, bs-T

10. HIDROGEOLOGÍA

10.1 MARCO HIDROGEOLOGÍA LOCAL

La circulación de las aguas en el subsuelo ocurre a través de las varias formaciones con modalidades distintas con relación ya sea sus características de permeabilidad como a sus estructuras.

Se conoce muy poco sobre la circulación profunda de las aguas, es decir la circulación que ocurre dentro de la parte basal (tobas o piroclastos). Se puede solamente hacer algunas observaciones en base al Sondeo Eléctrico Vertical realizado; en primer lugar se puede presumir que la circulación sea discontinua e irregular en las formaciones volcánicas, caracterizadas por fuertes variaciones laterales de la litología y por tanto de permeabilidad. A demás la tectónica reciente debería de jugar un papel importante en la circulación profunda, originando caminos preferenciales que ocasionarían un fuerte desarrollo del movimiento vertical de las aguas incluso en formaciones escasamente permeables como la unidad de tobas y/o andesitas de alta compactación que se ubicaron a profundidad.

La zona de recarga y la dirección de flujo de las aguas profundas, se puede suponer que la recarga ocurra principalmente a través de las anchas zonas de fallas mantenidas abiertas por la neo-tectónica y secundariamente a través de los afloramientos aislados al norte del área de estudio y por percolación lenta desde los acuíferos superficiales; las aguas fluirían luego hacia el Océano Pacífico, es decir en la misma dirección que las aguas superficiales.

En base a los datos meteorológicos e hidrológicos disponibles, se llevó a cabo un balance hidrogeológico preliminar; este balance ha contado con los datos de termometría y pluviometría de la cuenca y estimaciones de evapotranspiración del INSIVUMEH, para llegar a una evaluación de la infiltración aproximada que puede darse en la zona.

Lo que da como resultado una infiltración de 0.007 cm^3/seg; este valor representa la recarga actual del acuífero en la cuenca. Sin embargo, es claro que la zona de alimentación del acuífero regional no coincide con dicha cuenca, por lo tanto, el valor de infiltración arriba mencionado es indicio de la existencia de una notable recarga desde el acuífero somero hacia

el profundo, pero no cuantifica esta recarga y tanto menos el balance hidrogeológico del acuífero regional (profundo).

De lo anterior, se evidencia que el acuífero profundo está dividido por una capa de roca volcánica compactada hace que la recarga desde la parte alta sea lenta, y es por ello que dicho acuífero normalmente presenta aguas limpias, libres de contaminación, es por ello que se recomienda la perforación del pozo en dicho lugar, ya que el estudio geofísico y los indicios superficiales indican que la infiltración del agua hacia las partes bajas puede darse, lo que forma un acuífero libre para explotar, mismo que se ubica desde los 80 metros hasta los 270 metros de profundidad aproximadamente.

10.2 FORMACIONES PERMEABLES E IMPERMEABLES

Según los resultados del estudio geofísico, por medio del sondeo eléctrico vertical, se logró determinar las posibles zonas permeables e impermeables, mismas que se traducen a unidades hidrológicas como zonas libres y acuitardos.

Una zona libre es aquella que no está confinada por una capa impermeable en el inicio de la misma, en este caso, el acuífero somero o nivel freático de la zona, presenta dichas características.

Un acuitardo, es una zona geológica, poco permeable que conteniendo agua la transmite lentamente, por lo que no es apta para el emplazamiento de captaciones de agua, normalmente en su base se encuentra un acuífero.

10.3 CARACTERISTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LOS ACUIFEROS

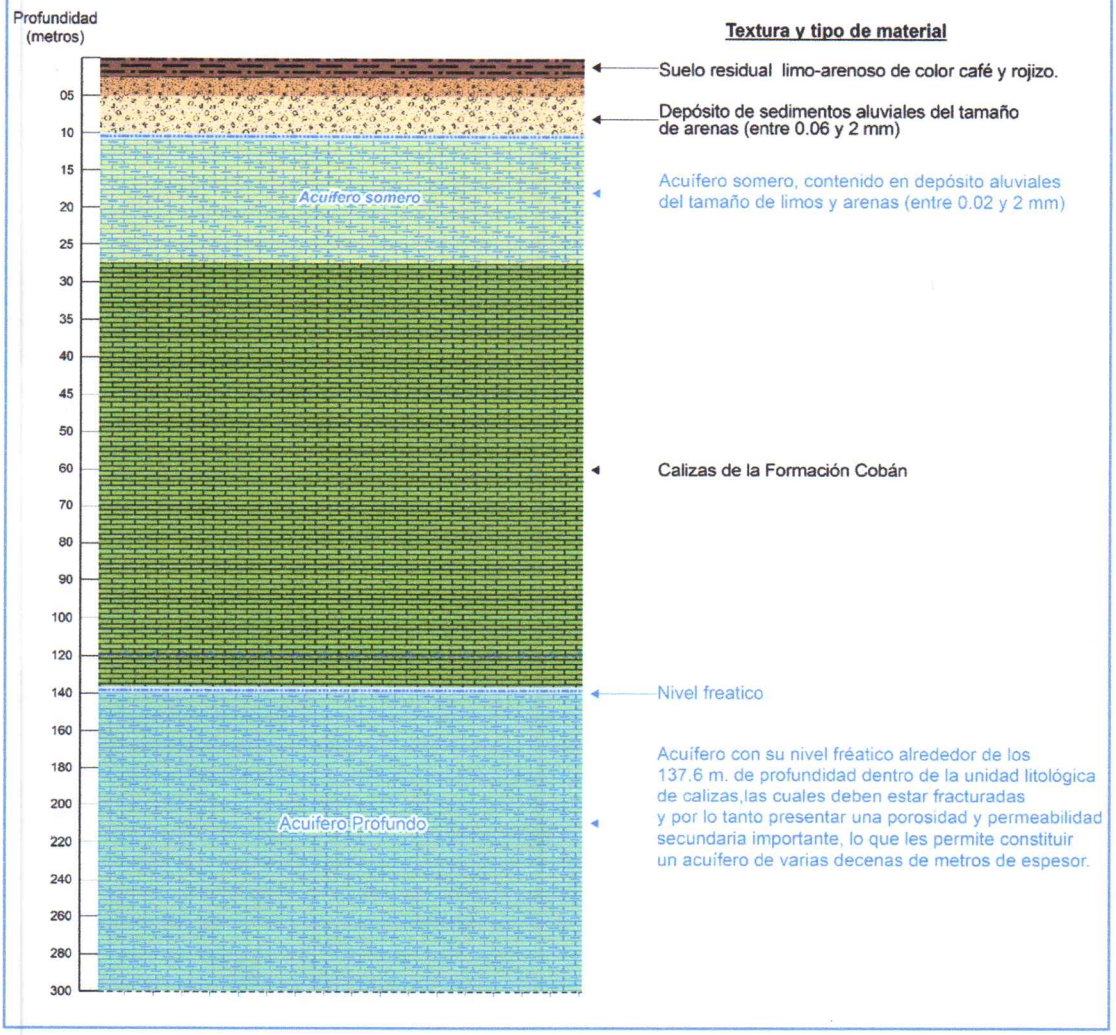
Considerando los resultados geofísicos se consideran dos acuíferos en la zona, que corresponden al acuífero somero o nivel freático local y el acuífero principal o regional, mismos que se traducen por sus características hidrológicas como un acuífero libre y un acuífero semi confinado.

El nivel freático local se considera un acuífero libre, las características que presenta en la parte superior es una capa que permite la infiltración del agua hacia el mismo, lo cual es

típico de un acuífero libre, mismo que este confinado en la parte inferior o una capa impermeable.

Un acuífero confinado posee características de porosidad y permeabilidad que permiten que el agua se infiltre y se almacene, normalmente la capa superior es semipermeable ósea un acuitardo al igual que la inferior, el acuífero principal en la zona presenta dichas características.

COLUMNA HIDROGEOLOGICA IDEALIZADA A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOFISICO



11. CALCULO DE BOMBA

Se deberá de utilizar un motor sumergible los cuales están exclusivamente diseñados para accionar dentro del agua, el motor sumergible es un medio confiable, eficiente y sin problemas para accionar una bomba.

Los requisitos para una vida prolongada del motor son sencillos y son los siguientes:

- Un ambiente de operación aproximado.
- Un suministro de electricidad adecuado.
- Un flujo adecuado de agua refrigerante sobre el motor.
- Una carga apropiada de la bomba.

La bomba sumergible consiste de un motor y un conjunto de tazones y turbina sumergibles diseñados para pozos profundos. A os motores sumergibles se les puede llenar con emulsión de aceite, dieléctrico o agua, y están diseñados para un funcionamiento continuo de inmersión en el agua. El motor esta normalmente suspendido debajo del conjunto de tazones de turbina por un adaptador para motor de bomba. Los componentes rotativos del conjunto de tazones son impulsados desde el fondo, donde el eje de la bomba va conectado al eje del motor por un acople para motor sumergible. La tubería de descarga va roscada y acoplada, generalmente en tramos irregulares, y está sujeta desde arriba por la placa de superficie o el codo de descarga.

La explotación del agua subterránea exige la utilización de equipos especiales de bombeo, debido esencialmente a dos razones:

- El tamaño reducido de los pozos (Usualmente en 4 y 16 pulgadas de diámetro) no permite albergar una bomba de tipo convencional.
- El nivel del agua dentro del pozo con respecto a la superficie supera ampliamente, en la mayoría de los casos, la máxima altura estática de la succión permisible.

Para seleccionar una bomba, primero es necesario calcular el caudal y la presión. La altura de elevación total es la suma de los siguientes factores:

- Nivel estático: nivel del agua subterránea cuando no se está bombeando; o bien, es el nivel después de un tiempo relativamente prolongado, sin extraerle agua al pozo.
- Abatimiento: descenso del agua subterránea cuando se está bombeado.
- Nivel Dinámico: nivel del área subterránea cuando se está bombeando un caudal Q. Este nivel varía de acuerdo con el caudal extraído.

La potencia del equipo de bombeo se describe únicamente para cumplir con los requisitos en este informe, ya que al finalizar el pozo y realizar la prueba de bombeo se podrá determinar la potencia correcta para las condiciones reales de trabajo.

12. CONCLUSIONES

No existen fuentes de aguas superficiales aptas para el consumo humano cercanas al área en estudio, las cuales pueden garantizar el suministro adecuado de agua. Las escasas quebradas presentes en los alrededores no son suficientes, además la mayoría se encuentran contaminadas por aguas negras; por lo que para satisfacer las demandas del agua en CASERÍO VENECIA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA, se hace necesario la perforación y/o adecuación de un pozo mecánico.

Se realizó un sondeo eléctrico vertical, dentro del terreno donde se pretende perforar un pozo mecánico, en el Caserío Venecia, Municipio de San Cristóbal Verapaz, Departamento de Alta Verapaz.

De la correlación de los resultados del sondeo eléctrico vertical con la geología local (mapa geológico), se interpreta que el área donde se desarrolla el proyecto y sus alrededores se encuentra conformada por una capa superficial de suelo residual arenoso de alrededor de 2.2 metro de profundidad, producto de la meteorización de depósitos aluviales. A continuación, en base a la resistividad de los estratos geoeléctrico y la geología local se interpreta que se tienen estratos de rocas carbonáticas Calizas, que constituyen el basamento rocoso bajo el área de estudio.

En el modelo de resistividad para el área de estudio (Figuras No.9 y 10) se muestra en color azul oscuro una capa de baja resistividad de 22.76 Ωm la cual se interpreta como el acuífero somero, contenido en depósito aluviales del tamaño de limos y arenas (entre 0.2 y 2 mm), esta zona se ubica entre los 9.7 y los 27.1 metros.

También en los modelos de las figuras No.9 y 10, se observa a partir de los 216 metros una capa con una resistividad de 63.1 Ωm, la cual se interpreta como el acuífero profundo bajo el área de estudio, el cual, en base a la geología local, se encuentra contenido en una capa de calizas fracturadas, con porosidad y permeabilidad de tipo secundario, asociado al fracturamiento de las rocas, este estrato tiene su nivel freático aproximadamente a los 137.6 metros de profundidad con un espesor desconocido extendiéndose al menos hasta los 300 metros de profundidad que es la profundidad efectiva de exploración de este SEV (30% de A-B).

Este acuífero profundo constituye el objetivo de la perforación de un pozo mecánico.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda perforar en el sitio donde se realizó el sondeo eléctrico vertical (SEV), caserío Venecia, del municipio de San Cristóbal Verapaz, ya que, en base a los resultados obtenidos, se infiere que bajo el área de estudio se tiene un acuífero profundo, el cual puede ser aprovechado por medio de un pozo mecánico.

En base a los resultados del SEV se recomienda perforar el pozo mecánico hasta una profundidad de 900 pies (aproximadamente 274 metros) debido a que, según los resultados obtenidos, hasta esta profundidad se extiende el acuífero profundo.

Se recomienda realizar un inventario de puntos de agua en los alrededores de la zona, el incluya manantiales, pozos artesanales someros y pozos mecánicos profundos, en los alrededores del área de estudio, con el fin de obtener datos sobre la profundidad del nivel freático somero y obtener muestras de agua para análisis fisicoquímico y bacteriológico, para determinar la calidad actual, del agua subterránea en la zona.

Al finalizar la perforación del agujero del pozo y previo al entubado se recomienda elaborar la columna hidrogeológica del pozo en base al análisis de los recortes de perforación y correr un registro eléctrico en el agujero del pozo, para determinar el diseño de entubado final del pozo mecánico.

Si durante la construcción se presentan situaciones o condiciones no previstas en este informe, deberá darse aviso oportuno a esta oficina para estudiar la solución más adecuada.

ANEXO 01

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PERFORACION

RESUMEN

Se requiere la perforación de un agujero de 8" para ser revestido con tubería ciega fabricada de acero al carbón y rejillas fabricadas de acero inoxidable tipo Johnson de 6", ¼" de espesor, con acoplamiento tope a tope, con un porcentaje de área abierta de 29%, lo cual se considera suficiente para lograr caudales de 1800 gpm si las condiciones hidrogeológicas son satisfactorias. Por asuntos de presupuesto se podría utilizar la rejilla tipo canastilla o puente.

La perforación del pozo deberá efectuarse con el método de rotación directa, con fluidos de perforación, dicho fluido deberá ser biodegradable.

Se deberá efectuar el registro eléctrico que incluyan potencial espontaneo, resistividad y rayos gamma. A partir de la interpretación y de la revisión del análisis del conjunto: registro eléctrico, registro de velocidad de perforación, columna geológica y anotaciones del perforador, se elaborará el diseño definitivo del pozo.

Antes de proceder a la instalación del ademado, se revisará la verticalidad y el alineamiento del pozo. Las tuberías ciegas se colocarán frente a las formaciones no productivas y las rejillas, frente a las formaciones acuíferas productivas. En la parte central de los tramos de tuberías ciegas se colocarán centralizadores (opcional) y en el fondo del pozo se pondrá un tapón metálico.

En el espacio anular comprendido entre las paredes naturales del pozo y el revestimiento (ademe o sarta compuesta de tubería ciega y ranurada), desde la profundidad máxima (fondo del pozo) hasta la superficie menos 20 pies se colocará el filtro de grava, desde la superficie hasta los 20 pies se colocará el sello sanitario, este sello es opcional si el uso del agua no es para consumo humano.

Con el fin de remover y extraer todo el material, sino que hubiera quedado alrededor de las rejillas, al pozo se le realizará un proceso de limpieza y desarrollo. El desarrollo será realizado con los métodos usuales (pistoneo comprimido), tendrá una duración máxima de 24 horas y se suspenderá hasta que el agua salga limpia del pozo.

Con el propósito de conocer las características hidráulicas del acuífero alumbrado y determinar el caudal de explotación del pozo, se ejecutarán dos (2) pruebas de bombeo denominadas preliminar y definitiva.

Sobre el sello sanitario, abrazando el revestimiento, se construirá una base de concreto reforzado, que soportará colgado el equipo de bombeo.

Para prevenir que cuerpos extraños entren al pozo, mientras el pozo no se conecte al sistema, la boca del pozo se sellará con un tapón metálico.

A) CONSTRUCCIÓN DEL POZO

A1(PERFORACION

- **MOVILIZACIÓN**

La movilización incluye el transporte de todo personal, equipo, taller, herramienta y material hasta el sitio de obras o un campamento si el Contratista quisiera instalarlo, así como la de instalación y el retiro. Incluye también el montaje y desmontaje de la maquina perforadora en el sitio con todos los trabajos correspondientes.

El sitio de perforación debe de ser accesible, de no serlo, la adecuación de dicho acceso para su uso durante el tiempo de ejecución de los trabajos esta bajo responsabilidad del Contratante, quien también deberá mantener la superficie de los accesos en un estado aceptable evitando cualquier daño a terceros y a propiedades.

Una vez que concluyan las obras de perforación, el contratista deberá restaurar las condiciones del área en su totalidad.

- **SUGERENCIAS TÉCNICAS PARA OPTIMIZAR EL MÉTODO DE PERFORACION SUGERIDO**

Con la finalidad de garantizar la obtención de resultados óptimos, la maquina que se asigne al trabajo, debe tener capacidad adecuada de levante y sostén de carga y suficiencia para alcanzar la profundidad propuesta para el pozo. También, el equipo deberá ser operado por perforadores de mucha habilidad y experiencia.

Durante el proceso de perforación deberá llevarse un control riguroso y estricto de la viscosidad, densidad, pH y contenido de arena de los lodos de perforación; si se presente perdida de circulación, se deberá recuperar la misma sin utilizar cemento o barita, si la perdida persiste, no quedará alternativa que perforar sin circulación, la ausencia de muestras deberá ser compensada por el registro eléctrico.

La velocidad de perforación depende de tres factores fundamentales:

- Capacidad de la máquina de perforación.
- Calidad del fluido de perforación.
- Capacidad de la bomba de lodos.

- **LUGAR Y FRECUENCIA DE MUESTREO, TIPO Y CANTIDAD DE MUESTRA**

La frecuencia de muestreo lo más común es efectuarlo cada 10 pies, o en su defecto como lo indique el supervisor. Es importante tomarla lo mas exacta posible, sobre todo si no tiene acceso al registro eléctrico.

A2) Propiedades, Funciones e índices Tecnológicos del Fluido de Perforación (Lodo)

- **GENERALIDADES**

  El fluido para perforar usado en el sistema de perforación rotativa se llama generalmente "inyección" o fluido para perforar, Este deberá ser lo mas viscoso posible y lo menos denso. La inyección se usa en la perforación para limpiar el trépano y sacar del pozo las partículas del terreno (recortes de perforación), para enfriar el trépano y para reducir la fricción entre barra de perforar y las paredes del pozo y para formar un revoque de protección del mismo, evitando masi la perdida de fluido y los desmoronamientos. Se deberá utilizar viscosificantes en los casos cuando los detritos sean de gran tamaño y se dificulte hacerlos flotar hasta la superficie, los inhibidores de arcillas en los casos de atascamiento por la presencia de arcillas plásticas, lubricantes para la broca, controlador de PH, cuando se requiera.

Se deberá seguir rigurosamente las instrucciones de uso de bentonita y polímeros tal cual, y lo recomienda el fabricante, principalmente si las jornadas de perforación no son continuas, por lo que se Debra mantener en flotación el corte hasta reanudar la perforación al día siguiente. Ya en la superficie,

es esencial que los fragmentos se separen del lodo, conforme el fluido se desplaza, a una velocidad reducida, dentro de la pila (fosa) de sedimentación.

- **PROPIEDADES**

✓ Ser biodegradable
✓ Poseer altas propiedades lubricantes.
✓ Ser químicamente no peligroso, respecto al personal que lo prepara.
✓ Responder a la regla de protección del ambiente.

- **PROPIEDADES TECNÓLOGICAS**

Los índices tecnológicos de perforación y del fluido de perforación aconsejables dependen de las condiciones geológicas y técnicas del pozo, tipo y propiedades del fluido de perforación.

Dada la importancia que tiene el fluido de perforación en el resultado de la perforación y tomando en cuenta que los índices mencionados antes, varían a medida que el fluido de perforación circula dentro del pozo, es recomendable llevar durante la perforación un control riguroso, estricto y continuo de los parámetros enlistados a continuación:

Parámetro	Indices Tecnológicos Aconsejables
Velocidad de rotación del varillaje, en revoluciones por minuto (rpm ó rv/s)	0.5 rv/s (s=30 rpm) -0.6 rv/s
Velocidad ascendente del fluido de perforacion (m/s)	15
Densidad o gravedad específica (se refleja en la presión sobre el fondo y las paredes del pozo), em kg/L ó libras/galón	1.08/11.3
Viscosidad, en seg/qq/galón	35-45
*Plástica	
*Aparente	
*Punto Gel	
pH	8-9.5
Temperatura	
Contenido de arena (cuantificar con ayuda sedimentador), en %	2-5.
Espesor zona de invasión (originada por el lodo de perforacion)	
Índice de infiltración	
Dureza, en ppm	150

- **QUIPO E INSTRUMENTAL MÍNIMO, REQUERIDO PARA CONTROLAR LOS ÍNDICES TECNOLÓGICOS DEL LODO DE PERFORACION**

- Tacómetro
- Balanza y aerómetro o picnómetro para medir densidad.
- Embudo Marsh para viscosidad.
- Reómetro para conocer las viscosidades plásticas y aparentes y el punto gel del fluido de perforación.
- Tiras de papel con reactivos especiales que muestran por medio de colorimetrías, las condiciones presentes de dureza y pH.
- Termómetro
- Tamiz de 200 mesh de ϕ2 ½, embudo y probeta.
- Filtro prensa media área para conocer % de agua que esta presente en el fluido de perforación, así como estimar el espesor que formaría el fluido de perforación en el interior del pozo.

- **ABASTECIMIENTO DE AGUA**

Es esencial tener abastecimiento de agua para preparar el fluido o inyección de perforación. Las condiciones locales, con respecto a fuentes, determinan necesariamente, el tipo de agua para hacer la mezcla del fluido; sin embargo, bajo condiciones generales, el agua que se use debe de estar libre en lo posible de sales disueltas. Algunas sales disueltas en el agua alteran las propiedades del barro para mantener arcilla en suspensión. El agua salada o el agua que tenga alto contenido de cloruros tiende a flocular las partículas de arcilla y destruye las propiedades coloidales del fluido de perforación, que son esenciales en el tratamiento de las paredes del pozo y en el sellado o aislación de formaciones permeables.

Debe añadirse agua de tiempo en tiempo al fluido de perforación a medida que progresa la perforación, para reponer la que se penetra y se pierde a través de las paredes del pozo. La cantidad perdidas depende del contenido de arcilla y de la porosidad de las formaciones atravesadas. En perforaciones

compactas de 10 a 25 litros de agua por pie perforado son suficientes; pero en formaciones sueltas y porosas se pierde mucho más y es necesario tener un abastecimiento relativamente grande.

B) CONTROL Y VERIFICACION DEL POZO

B1) REGISTRO ELÉCTRICO

Tan pronto se alcance la profundidad propuesta para los pozos, se procederá a practicarle al mismo, un registro eléctrico. Con el registro de testificación eléctrica, se obtendrá información del potencial espontaneo, resistividad y rayos gamma.

El registro señalado, se hará con el fin de precisar la estratigrafía, detectar la situación de las capas acuíferas, lograr que las rejillas queden colocadas exactamente frente a las mejores zonas acuíferas; así como para tener una primera evaluación de la calidad del agua subterránea, de la porosidad y permeabilidad de las formaciones acuíferas.

B2) PRUEBA DE VERTICALIDAD Y ALINEAMINETO

Para la prueba de verticalidad se deberá de utilizar un tramo de tubería con una longitud de 40 pies (dos tramos de 20 pies) en el tubo inferior se le deberá colocar dos tambores cilíndricos con un diámetro de 18" y un largo de 12" en cada uno de los extremos, en el tubo superior deberá instalarse el cilindro en el extremo superior del tubo, de este modo los tres cilindros estarán distribuidos de forma equidistantes a lo largo de los 40 pies. El tramo de tubería deberá bajar sin problemas hasta el fondo del pozo.

C) REVESTIMIENTO DEL POZO

C1) REVESTIMIENTO DEFINITIVO

Esta actividad se hará inmediatamente después de haber alcanzado la profundidad propuesta del pozo y haber revisado su verticalidad, su alineamiento y haber efectuado el escariado de las paredes del pozo.

El revestimiento (ademado) será hecho con tramos de tubería ciega acero al carbón, alternando con tramos de rejillas fabricadas de acero inoxidable tipo Johnson con acoplamiento tope a tope, las cuales

tienen un porcentaje de área abierta de 29%. Las uniones de tuberías de acero inoxidable deberán efectuarse con electrodos en acero inoxidable, las uniones entre acero al carbón y acero inoxidable, deberán efectuarse con electrodos en acero inoxidable, las uniones entre tuberías de acero al carbón deberán efectuarse con electrodo 7018, el electrodo en acero inoxidable utilizar el E308L-16 o similar.

La distribución de los tramos de tubería ciega y rejilla serán establecidas por el supervisor después de analizar la columna litológica, revisar los informes de perforación e interpretar el registro eléctrico.

D) EMPAQUE DE GRAVA

El espacio anular comprendido entre las paredes del pozo y el revestimiento, se rellenará con grava de río. La grava de preferencia será silícea, de forma redondeada, limpia de arcilla o limo y no contendrá más de 5% de material calcáreo. Ella se desinfectará antes de introducirla al pozo, con una concentración de cloro menor de 60 ppm.

El tamaño de la grava será de 5-8mm, pero, podría modificarse de acuerdo con los resultados de los análisis granulométricos de las formaciones acuíferas arenosas que se encuentren durante la perforación; por lo que las muestras serán sometidas a análisis granulométricos a partir de los cuales se determinará la granulometría, el tamaño efectivo y el coefisiente de uniformidad de la grava a utilizar.

Se llevará un registro cuidadoso de la cantidad de grava utilizada para rellenar el espacio anular. Si el nivel de grava utilizada para rellenar el espacio anular. Si el nivel de grava desciende durante los procesos de limpieza, desarrollo y pruebas de bombeo, debido al acomodamiento de la grava, se agregará un volumen adicional de grava, hasta recuperar el nivel correcto.

E) DESARROLLO

E1) PROCESO DE LIMPIEZA Y DESARROLLO

Todos los métodos de perforación obstruyen los poros y las fracturas de la formación en las inmediaciones del agujero, en mayor o menor grado; tal obstrucción se observa fácilmente en el método convencional de rotación en el que el lodo que se utiliza en el procedimiento efectivamente

sella la pared del agujero. Los otros métodos de perforación afectan en forma adversa y de una manera. U otra la porosidad y la permeabilidad de la formación.

La perforación causa también cierta obstrucción de las aberturas en las rocas duras. Cualquier material que haya sido obligado a penetrar dentro de las ranuras y fisuras de un acuífero constituido por roca dura deberá ser luego retirado mediante el desarrollo.

El desarrollo tiene que como fin extraer de las formaciones rocosas que rodean al pozo, el material fino (arena fina, limo y arcilla) o remover el material fino que pudo habérsele introducido a las mismas formaciones como consecuencia derivada de los efectos de perforación. Con tal proceso, se busca aumentar la porosidad y la permeabilidad en las inmediaciones del pozo.

En el presente caso se estima que este proceso tendrá una duración de 24 horas, pero, si antes de dicho tiempo el agua sale limpia la actividad mencionada se suspenderá.

Estos procesos podrán realizarse mediante métodos de desarrollo y limpieza convencionales tales como pistoneo, chorro de alta velocidad, retro lavado, sobre bombeo y aire comprimido y packer.

El método de desarrollo, aire comprimido y packer; es considerado el método mas efectivo para lograr un buen desarrollo.

F) PRUEBA DE BOMBEO

Con el propósito de conocer las características hidráulicas del acuífero alumbrado y determinar el caudal de explotación del pozo, se ejecutarán dos (2) pruebas de bombeo denominadas preliminar y definitiva, ambas serán del tipo escalonada (caudal variable o etapa sucesiva).

En la prueba preliminar se probarán dos (2) caudales equivalentes al 50% y 75% del caudal esperado (1800gpm), tales caudales se probarán uno a continuación del otro en forma ascendente. Cada caudal se mantendrá constante durante 1.5 horas. Esta prueba tiene como finalidad confirmar el funcionamiento de la bomba y tener una primera idea del comportamiento del pozo y tendrá una duración total de 3 horas.

En la prueba definitiva se ensayará el caudal de diseño del caudal esperado (1800gpm), esta prueba tendrá una duración de 21 horas.

Al final de cada una de las pruebas antes descritas, se harán medidas de recuperación hasta que se alcance el 70-80% del descenso total registrado.

G) TOMA DE MUESTRA PARA SOMETERLA A ANALISIS FISICO QUIMICO

Durante la prueba de bombeo escalonada definitiva, se tomarán dos muestras de agua; una cuando se tenga 12 horas de bombeo y otra unos minutos antes de suspender el bombeo. Las muestras se enviarán a un laboratorio de Análisis Físico-Químico aprobado por el supervisor.

La muestra tomada será guardada cuidadosamente en recipiente de vidrio o polietileno de un galón de capacidad. El recipiente será marcado o etiquetado mostrando la localización, tiempo y fecha de recolección, conductividad eléctrica, PH, Eh y temperatura. En las determinaciones de compuestos químicos se incluirán el arsénico total, plomo, antimonio y amonio.

H) ACABADO DEL POZO

Con le fin de evitar la contaminación de las aguas subterráneas, por la introducción directa de las aguas superficiales, a través del empaque de grava, se colocará sobre tal empaque una capa de bentonita compactada de 1m de longitud; en cima de la cual se colocará un sello sanitario.

El sello sanitario consistirá en una lechada de cemento, de 6m de longitud y posando sobre la capa de bentonita compactada.

La lechada deberá estar proporcionada con la cantidad mínima de agua (no más de cinco(5) galones por pie cubico de cemento), que es la proporción requerida para dar a la mezcla una consistencia que permita colocarla debidamente. A la lechada se le deberá agregar hasta 8% en peso, del polvo de aluminio o bentonita, para evitar el encogimiento. El proceso del sellado deberá ser hecho en forma continua y de tal manera que provea el llenado completo del espacio anular en una sola operación. Ningún trabajo será permitido en el pozo, dentro de las 72 horas de fraguado.

H2) FACILIDADES PARA MEDIR NIVELES

Siendo una necesidad primordial, llevar un control minucioso de la evolución de los niveles de agua, durante la explotación del pozo; a este, se le instalaran facilidades que permitan introducir los electrodos de una sonda eléctrica y llevar con ello un registro periódico de los niveles de agua

En este caso la facilidad consistirá en un tubo en posición inclinada, que atravesando la base soporte del equipo de bombeo penetra ligeramente el revestimiento del pozo. También puede instalarse una línea de aire.

H3) BASE SOPORTE DEL EQUIPO DE BOMBEO

La base sobre la cual descansará la bomba, consistirá de un bloque de concreto reforzado con 0.90 x0.90 x 0.90 de ancho, largo y profundidad respectivamente, 0.30 m de la base de concreto quedarán enterrados.

El concreto que se emplee consistirá de una mezcla de cemento, arena, piedra triturada (piedrín) y agua con la dosificación 1:2:1. El concreto se elaborara observando lo siguiente: sobre una superficie impermeable (batea, etc.), se extenderán el cemento, la arena y la piedras triturada; luego dichos materiales se mezclaran en seco hasta lograr una mezcla de aspecto (color) uniforme; enseguida, agregar agua de manera dosificada, en pequeñas cantidades hasta obtener un producto homogéneo y trabajable. Se tendrá especial cuidado durante la operación de no mezclar con tierra e impurezas. No se permitirá hacer la mezcla directamente sobre el suelo.

El concreto empleado tendrá un revestimiento minino de 2" y no mayor de 4" la resistencia a la compresión será de 3000lbs/plg2 cuadrada. El cemento a utilizarse en la preparación de la mezcla de hormigón, será portland tipo 1 y deberá cumplir con las especificaciones ASTM-C-150-69.

El cemento deberá llegar al sitio de perforación en sus empaques originales y enteros, ser completamente fresco y no mostrar señales de endurecimiento. Todo cemento dañado o ya endurecido será rechazado por el supervisor. El cemento se almacenará en bodegas secas, sobre tarima de madera, en estibas de no más de diez (10) sacos.

El agua a emplear en la mezcla de concreto deberá ser potable y limpia, y estar libre de grasas y aceites, de materia orgánica, sales, ácidos, álcalis o impurezas que puedan afectar la resistencia y propiedades físicas del concreto o del refuerzo.

La piedra triturada (piedrín) deberá ser limpia, pura y durable, el tamaño máximo permitido de agregado grueso será un quinto (1/5) de la dimensión mínima de la formaleta de los elementos, o de tres cuartos (3/4) del espaciamiento libre entre varillas de refuerzo, según recomendaciones de la norma ACI-211.1.81.

La arena deberá ser limpia, libre de material vegetal, mica, limo, materiales orgánicos, etc. La calidad y granulometría de la arena debe ser tal, que cumpla con los requisitos de las especificaciones ASTM C-33-59 y permita obtener un concreto denso sin exceso de cemento, así como de la resistencia requerida.

H4) PROTECCION DE LA BOCA DEL POZO

La boca del pozo tendrá una tapa metálica.

H5) CONTROLES E INFORMES

El contratista está obligado a llevar par uso un registro diario de todas las actividades de perforación realizadas, copias claras de los registros se deberán entregar al terminar el pozo o antes de concluirlo, según sea requerido.

El "Registro Diario" o BITÁCORA de la perforación, indicará clara y exactamente la profundidad a la que se encuentra los extremos superior e inferior de cada metro de avance, así como reportará la profundidad de cada cambio de formación geológica. También dará la clasificación de los materiales rocosos encontrados, de acuerdo a los términos usuales en perforación de pozos. Igualmente, dará información sobre la dureza relativa de las diferentes formaciones geológicas atravesadas por la perforación; así como, también informará sobre la aparición de las diferentes zonas acuíferas interceptadas y variación de niveles de agua.

Además, el control diario de perforación contendrá información relacionada con operaciones de limpieza, reparación de brocas, maniobras de pesca y otros datos, y los tiempos utilizados para estas actividades.

En los formularios, además se entregará información relacionada con:

- Ubicación del pozo
- Fecha de inicio y terminación del pozo
- Modelo y marca del equipo de perforación.
- Profundidad de los tramos en los cuales se encontraron problemas de derrumbes, perdidas de circulación, indicando la magnitud del problema.
- Color de la pasta.

Al final de la perforación del pozo, se entregará el informe completo del pozo construido, describiendo todos los trabajos efectuados, e indicando los resultados y entregando las recomendaciones para lograr una explotación adecuada del pozo. En el informe se incluirá:

- Formularios del control diario de perforación.
- Registros estratigráficos
- Registros de pruebas de bombeo y recuperación.
- Diseño definitivo y datos de construcción del pozo.
- Análisis granulométrico de la grava instalada.

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente se hace constar que la suscrita ingeniera María Fernanda Barrios Camposeco, participo en la elaboración del ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO para el proyecto: **REHABILITACIÓN SISTEMA DE AGUA CASERÍO VENECIA, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL VERAPAZ, DEPARTAMENTO DE ALTA VERAPAZ**, por lo que se anexa la presente al informe y una copia de Constancia de colegiado Activo.



María Fernanda Barrios Camposeco

Ingeniera Civil – Especialista en Geología

Colegiado 12798