

inferior es reducido, los registros del pasado demuestran que el desarrollo del acuífero inferior es algo difícil.

Sin embargo, la prueba de perforación ejecutada en este Estudio ha revelado que la producción de pozo desde el acuífero inferior no es insignificante, oscilando entre 10 y 30 litros/seg. En otras palabras, es factible el desarrollo del acuífero inferior, si el sitio de perforación fuera localizado adecuadamente, de acuerdo con los resultados de la investigación hidrogeológica debidamente conducida.

#### 7.2.2 Estructura Hidrogeológica Local y Características del Acuífero

##### (1) Características hidrogeológicas locales

La interpretación de las fotografías aéreas, el reconocimiento geológico en campo y el análisis de calidad de agua en las fuentes existentes fueron ejecutados en los 54 municipios. Estas investigaciones fueron enfocadas en los siguientes tópicos.

- a) Clasificación de litofacies y de las características hidrogeológicas de las rocas de basamento, rocas volcánicas terciarias, cuaternarias y de los sedimentos
- b) Confirmación o discriminación de las características hidrogeológicas de las fallas (lineamientos), zonas de fractura, zonas de desgaste y estructura de las cuencas observadas en las fotografías aéreas
- c) Confirmación de las distintas informaciones obtenidas de datos geológicos existentes

- d) Confirmación de las condiciones actuales de las fuentes de agua existentes, incluyendo los manantiales y pozos.  
Estimación del potencial de desarrollo de los recursos hídricos subterráneos en los términos de calidad y cantidad

En base a toda la información hidrogeológica obtenida a través de las investigaciones mencionadas, se prepararon los mapas hidrogeológicos a escala 1.50,000, para categorizar las cuencas o sub-cuencas de aguas subterráneas, así como para evaluar el potencial de desarrollo según área y según municipio. Los resultados de estas investigaciones fueron resumidos en el Cuadro 7.2.2.

Se preparó un mapa hidrogeológico final impreso para cada unidad de las cuencas hidrogeológicas, donde se localizan los municipios prioritarios a escala 1.50,000. Se anexan los mapas hidrogeológicos en las Figuras 7.2.1 (1)-(5). A continuación se resumen los resultados del reconocimiento hidrogeológico en cada área municipal.

1) Area de rocas de basamento

Está situada al norte del Area de Estudio y consiste principalmente de rocas de basamento, tales como rocas metamórficas, formaciones Cretáceas, y rocas intrusivas que yacen de forma parcial y discordante sobre las rocas volcánicas terciarias y cuaternarias. Los municipios de San Raymundo, Chuarrancho, San Pedro Ayampuc, San José del Golfo, San Juan Sacatepéquez y Huitlán están situados en esta área.

En general, ésta se clasifica hidrogeológicamente como un área donde el desarrollo de las aguas subterráneas es difícil debido a sus condiciones geológicas y litológicas. Las áreas de San Raymundo, San Pedro Ayamac y San Juan Sacatepéquez cuentan con

una subcuenca de aguas subterráneas secundaria a escala local, y el acuífero consiste de rocas volcánicas terciarias y cuaternarias, rocas graníticas de desgaste como se muestra en la Fig. 7.2.1 (1). El potencial de desarrollo de las aguas subterráneas en estas áreas ha sido evaluado como de clase "A" o "B" como se muestra en el Cuadro 7.2.2.

## 2) Area de rocas volcánicas terciarias

El área comprende los alrededores de San Bartolomé Milpas Altas, Santa Catarina Palopó, San Antonio Palopó, Santa Catarina Ixtahuacán, San José Poaquil, Momostenango y Palestina de los Altos. Estas áreas están cubiertas, principalmente, por rocas volcánicas terciarias, consistentes de toba soldada, latita dacítica (en la parte inferior), y de los flujos de lava riolítica, andesítica basáltica, flujos piroclásticos, flujos de lodo volcánico y toba (en la parte superior).

Las fuentes de agua existentes en esos municipios son los manantiales provenientes de la zona fracturada y de los acuíferos locales, a excepción de los alrededores de San Bartolomé Milpas Altas y de Palestina de los Altos, donde el suministro de agua para el uso doméstico proviene de dos pozos (6.50-13.89 lit/seg./pozo).

El área de Momostenango y sus alrededores está totalmente compuesta por materiales volcánicos terciarios del subgrupo superior. Es probable que exista una zona de falla y de un acuífero de fractura, de acuerdo a los resultados del reconocimiento hidrogeológico y de los sondeos de resistividad eléctrica. Existe un manantial termal (de 48.1°C, pH 6.5, EC 94  $\mu\text{O}$ ) proveniente de las zonas falladas situadas en el lecho del río Paja, el cual es aprovechado por los habitantes como balneario.

El área de Santa Catarina Ixtahuacán y sus alrededores se ubica en la cuenca fluvial intermontañosa geotectónica. Esta se compone, en la parte superior, de rocas volcánicas terciarias controladas por rocas graníticas intrusivas y del sistema de fallas, como aparece en la Figura 7.2.1(4). Este municipio cuenta con suficientes fuentes; el agua potable es tomada de los manantiales (7.29 lit./seg.), mientras que el agua para el uso doméstico y agrícola se obtiene de los ríos (196 lit./seg.).

Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó se sitúan en una área donde las condiciones topográficas y geológicas son desfavorables para el desarrollo de las aguas subterráneas, tal como aparece en la Figura 7.2.1 (3).

### 3) Área combinada de volcánicos terciarios (Tv) y pleistocénicos (Qp)

Como se mencionó anteriormente, los volcánicos del Pleistoceno (Qp) consisten principalmente de sedimentos de pómez de caída y tipos de flujo piroclástico con capas clásticas. Estos yacen sobre una extensa superficie del Área de Estudio, incluyendo el acuífero superior.

Sin embargo, las áreas compuestas de los volcánicos gruesos del Pleistoceno (Qp) con un alto potencial de desarrollo de las aguas subterráneas se encuentran dentro de los grandes valles de las cuencas intermontañas, tales como el Valle de Guatemala (Graben), la cuenca del Río Pixcayá (Chimaltenango), y la cuenca del Río Salama (Quetzaltenango). Los siguientes nueve municipios candidatos pertenecen a esta área, y la producción de los pozos existentes es relativamente alta (Fig. 7.2.1 (1), (2) y (4)).

- Santa Catarina Pinula (11.04 lit./seg./pozo)
- Chinautla
- Villa Nueva (12.30 lit./seg./pozo)
- El Tejar (10.23 lit./seg./pozo)
- San Andrés Xecul
- Olintepeque (11.13 lit./seg./pozo)
- Cajolá
- San Martín Sacatepéquez
- Almolonga (12.30 lit./seg./pozo)

Los suelos de los siguientes 18 municipios y sus alrededores se componen, principalmente, de los volcánicos terciarios (Tv), intercalado por el "acuífero inferior", y las áreas están extensamente cubiertas por una capa delgada de volcánicos de Pleistoceno (Qv), cuyo espesor oscila de varios metros a 30 metros. La productividad de los pozos existentes en estas áreas es relativamente baja.

- San José Pinula (5.68 lit./seg./pozo)
- Mixco (7.69 lit./seg./pozo)
- San Pedro Sacatepéquez (3.40 lit./seg./pozo)
- Santa Lucía Milpas Altas (4.00 lit./seg./pozo)
- San Juan Comalapa (5.80 lit./seg./pozo)
- San Martín Jilotepeque (6.00 lit./seg./pozo)
- Patzún
- Patzicía
- Zaragoza (3.15 lit./seg./pozo)
- Sololá
- Santa Lucía Utatlán
- Nahualá
- San Andrés Semetabaj
- Santa Clara La Laguna
- San Francisco el Alto

- San Carlos Sija
- Concepción Chiquirichapa
- San Francisco La Unión

4) Areas combinadas de volcánicos terciarios y depósitos aluviales

Las áreas clasificadas en esta categoría corresponden a los alrededores de los siguientes municipios.

- Villa Canales
- Jocotenango (13.13 lit./seg./pozo)
- San Antonio Aguas Calientes (1.70 lit./seg./pozo)
- Santa Catarina Barahona
- Santa Cruz La Laguna
- San Pablo La Laguna
- San Marcos La Laguna

Los cuatro municipios situados en las riberas del Lago Atitlán (Santa Catarina Barahona, Santa Cruz La Laguna, San Pablo La Laguna y San Marcos La Laguna) fueron excluidos de la investigación detallada debido a las malas condiciones de acceso.

Se preparó un mapa hidrogeológico para evaluar el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas, que se anexa como la Fig. 7.2.1(3). Tal como se muestra en esta figura, es posible desarrollar las aguas subterráneas de un acuífero poco profundo de los depósitos aluviales.

5) Volcánicos Holocénicos (Qv)

Las áreas que corresponden a esta categoría son los siguientes municipios y sus alrededores.

- Ciudad Vieja (13.37 lit./seg./pozo)
- Santa María de Jesús (6.00 lit./seg./pozo)
- Génova
- Flores Costa Cuca (9.27 lit./seg./pozo)
- Colomba

El área que circunscribe Ciudad Vieja se localiza sobre una llanura que se extiende en las faldas occidentales del Volcán de Agua, y consiste de flujos piroclásticos y de los flujos de lava basálticas a andesíticas (Qv). La productividad de los 3 pozos existentes es relativamente alta (Fig.7.2.1(2)).

En el siguiente párrafo se describen las características hidrogeológicas locales de las áreas que circunscriben Santa María de Jesús, Génova y Flores Costa Cuca, en base a los resultados del sondeo de resistividad eléctrica, así como las pruebas de perforación y de bombeo.

El área municipal de Colomba se compone de flujos de lodo volcánico y de los flujos piroclásticos originados del Volcán Chicabal, y el área muestra un alto potencial de desarrollo de nuevas fuentes tanto de las aguas subterráneas como de manantiales, tal como se muestra en la Fig 7.2.1(5). Actualmente, existen en este municipio 2 manantiales con una productividad total de 17.37 litros/seg.

## (2) Prospección geofísica

En el presente Estudio, se ejecutó el sondeo de resistividad eléctrica en 3 a 5 puntos seleccionados previamente en los 15 municipios prioritarios. En esta prospección se utilizó el medidor de resistividad tipo McOHM y de 4 electrodos de intervalos iguales. Los resultados de dichos trabajos en

terreno en las Fases I y II se detallan en el Cuadro 7.2.3.

Los puntos estudiados fueron seleccionados de acuerdo con las informaciones sobre las condiciones topográficas e hidrogeológicas obtenidas del reconocimiento geológico y de la interpretación de fotografías aéreas. Los principales objetivos de esta prospección eléctrica fueron los siguientes.

- Investigar las estructuras hidrogeológicas en las 15 áreas prioritarias
- Identificar la ubicación de los 10 sitios de prueba de perforación en los 10 municipios para ejecutar el estudio de factibilidad en la Fase II del presente Estudio
- Determinar la profundidad de perforación de los pozos de prueba

Los datos de la prospección eléctrica fueron sometidos al análisis hidrogeológico y los valores aparentes de resistividad eléctrica fueron correlacionados con litofacies, tal como se muestran en las Figuras 7.2.2 a 7.2.16.

Tal como se puede observar en estas figuras, las áreas que circunscriben los municipios prioritarios se componen, principalmente, de las rocas volcánicas terciarias (Tv) y cuaternarias (Qv). La productividad de los pozos existentes en estas áreas, sin embargo, es generalmente baja, con una descarga que oscila entre 3.40 y 6.00 litros/seg., lo cual indica la importancia de seleccionar apropiadamente los sitios exploratorios de los pozos. Los pozos exploratorios construidos en estas áreas producen un volumen mayor que los pozos existentes, debido a que ellos fueron ubicados debidamente en base a los resultados del sondeo de resistividad.

En ninguno de los municipios de Sololá, Santa Lucía Utatlán, Momostenango y San Francisco La Unión se había desarrollado anteriormente las aguas subterráneas, lo que explica la ausencia de pozos profundos.

Por lo tanto, los sitios de perforación y la profundidad de los pozos de prueba serán determinados, principalmente, en base a los resultados de sondeo de resistividad. Los resultados serán comparados unos con los otros para seleccionar el sitios más adecuados.

### (3) Trabajos de perforación de pozos de prueba

#### 1) Perforación de pozos de prueba

Después de completar las investigaciones hidrogeológicas durante las Fases I y II, se seleccionaron los sitios de perforación de pozos de prueba, en los puntos indicados en las Figuras 7.2.1 (1) a 7.2.1 (5). Los objetivos de dicha tarea fueron.

- Confirmar la existencia de las aguas subterráneas y las características del acuífero, y evaluar el potencial de desarrollo en las áreas de los 10 municipios prioritarios
- Examinar la calidad de los recursos hídricos subterráneos como agua potable, y estudiar el mecanismo de flujo de las aguas subterráneas comparando los componentes químicos de las mismas en diferentes acuíferos en cuencas de aguas subterráneas o subcuencas
- Formular el plan de desarrollo de las aguas subterráneas considerando la modalidad de ejecución del proyecto

La construcción de los pozos de prueba fue seguida por la prueba

de bombeo desde el 22 de agosto de 1994 hasta el 16 de diciembre del mismo año. La profundidad de perforación acumulada de los 10 pozos de prueba fue de 1,950 metros. Los resultados están resumidos en el Cuadro 7.2.4 y en las Figuras 7.2.2 a 7.2.11. Asimismo, los registros detallados de perforación y las anotaciones sobre los pozos se presentan en el Informe Suplementario y en el Libro de Datos.

A continuación se presentan las principales características de los pozos de prueba.

#### A. Pozo de prueba de San José Pinula

El sitio se localiza en la cuenca de aguas subterráneas tipo graben, que es una de las subcuencas situadas aguas arriba de la cuenca del Río Plátanos. Este pozo de prueba fue perforado a fin de investigar la existencia de las aguas subterráneas y confirmar las características del acuífero en la subcuenca mencionada.

Según las informaciones geológicas disponibles, es probable que la subcuenca esté compuesta por los sedimentos de pómez del Pleistoceno como el acuífero superior, y por rocas volcánicas terciarias consistentes principalmente de tobas soldadas riolíticas como el acuífero inferior. Sin embargo, este pozo de prueba reveló que el acuífero inferior está compuesto por lavas aglomeradas basálticas a riolíticas y capas de grava con arena cuarzosa.

En la Figura 7.2.2 se presenta la estructura hidrogeológica de esta área, deducida de los resultados del sondeo de resistividad eléctrica y de los pozos de prueba. Las características del acuífero inferior, verificadas a través de la prueba de perforación son las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 72 metros
- Descarga: 2,698 m<sup>3</sup>/día (495 GPM)
- Nivel estático de agua: 6.84 metros B.G.L.
- Abatimiento: 11.90 metros a una tasa de bombeo de 1,874 litros/min.
- Capacidad específica: 227 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 223 m<sup>2</sup>/día

#### B. Pozo de prueba en san Pedro Sacatepéquez

El sitio se ubica dentro de una cuenca intermontañosa geotectónica que consiste de las rocas volcánicas terciarias y sedimentos de pómez pleistocénicos, controlados por fallas. Existen numerosos pero pequeños manantiales que se descargan desde los sedimentos de pómez pleistocénicos, y constituyen fuentes importantes de agua en esta área para fines domésticos y agrícolas. Este pozo de prueba fue perforado con el fin de investigar la existencia de las aguas subterráneas y las características del acuífero en las rocas volcánicas terciarias (acuífero inferior) cubiertas discordantemente por los sedimentos de pómez pleistocénicos (acuífero superior).

A continuación se presentan las características del pozo de prueba, mientras que en la Figura 7.2.3 se ilustran las estructuras geológicas observadas.

- (a) El espesor de los sedimentos de pómez pleistocénicos es de unos 30 metros, y con mezcla de los materiales arcillosos a una profundidad de 12 a 15 metros y de 21 a 25 metros. Su parte basal consiste de capas de arena y grava de 3 metros de espesor.

(b) Se observó un pequeño flujo artesiano de 10 lit./min. a una profundidad perforada de entre 13.5 y 24 metros, y después el nivel freático se redujo hasta 11.5 metros B.G.L. (debajo del nivel del suelo).

(c) Las rocas volcánicas terciarias en este sitio se componen de aglomeración de tobas basálticas con lavas delgadas (30-134 metros) y flujos de lava andesítica fracturada con aglomeración de tobas basálticas delgadas (138-219 metros), y se acompañan de los siguientes materiales.

- Proyectiles volcánicos arcillosos y erosionados (suelo fósil pardo, a una profundidad de 84-90, 140-146 y 219-228 metros)
- Arenisca tobácea gruesa con toba de color verde apagado (a 228-250 metros)
- Materiales arcillosos de color gris blancuzco (probablemente, arcilla fallada, a 134-140 metros)

(d) El nivel estático de aguas en las rocas volcánicas terciarias es de 41 metros debajo del nivel del suelo. El nivel de agua en el pozo se reduce gradualmente desde 11.5 a 41 metros debajo del nivel del suelo, durante la perforación entre 33 y 123 metros. Por lo tanto, las rocas volcánicas terciarias entre 30 y 41 metros de profundidad parecen estar formadas por una zona seca no saturada, mientras que los estratos ubicados entre 41 y 123 metros de profundidad parecen ser una zona de baja permeabilidad.

(e) A consecuencia de las condiciones litológicas mencionadas, así como la variación del nivel de agua en el pozo, se deduce que el acuífero principal en las rocas volcánicas

terciarias en esta área existe en los tramos de tobas conglomeradas basálticas con lavas delgadas (123-134 metros), flujos de lava andesítica fracturada (138-219 metros) y areniscas tobáceas gruesas (228-250 metros).

(f) Las características del acuífero observadas en este pozo de prueba son las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 61 metros
- Descarga: 1,744 m<sup>3</sup>/día
- Nivel estático de agua: 41.56 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 67.29 metros a una tasa de bombeo de 1,211 litros/min.
- Capacidad específica: 26 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 46 m<sup>2</sup>/día

#### C. Pozo de prueba en Santa María de Jesús

Tal como se muestran en las Figuras 7.2.1(2) y 7.2.4, el sitio se localiza sobre una llanura (Sabana Grande) circunscrita por montañas con pendientes acentuadas compuestas de rocas volcánicas terciarias, y la parte de la cuenca se compone de las rocas volcánicas cuaternarias originadas del Volcán de Agua, y de los depósitos aluviales. Estas características topográficas y geológicas indican que la cuenca fue antiguamente un lago crateriforme (Figura 7.2.4). Este pozo de prueba fue perforado a fin de investigar la existencia de las aguas subterráneas y las características del acuífero en la cuenca.

(1) Las características litológicas en este pozo son las siguientes.

- 0-49 m: Depósitos aluviales compuestos principalmente por los fragmentos de las rocas volcánicas (Qv y Tv) y arena con mezcla de arcilla
- 49-72 m: Flujo de lava basáltica porosa de color negro (Qv)
- 72-86 m: Flujo piroclástico basáltico de color gris oscuro (Qv)
- 72-83 m: Flujo de lodo volcánico arcilloso
- 83-86 m: Flujo de escoria volcánica
- 86-116 m: Flujo de lava andesítica fracturada de color gris oscuro (Qv)
- 116-152 m: Flujos de lava basáltica porosa fracturada de color gris oscuro (Qv)
- 152-165 m: Flujo piroclástico de color gris oscuro con escoria (Qv)
- 165-200 m: Flujo piroclástico de colores gris pardusco y gris oscuro con escoria y depósitos clásticos (arena y arcilla) (Qv)
- 200-210 m: Lavas delgadas basálticas a andesíticas de color gris oscuro con escoria (Qv)
- 200-212 m: Suelos arcillosos pardos con cenizas volcánicas

(b) La Figura 7.2.17 muestra la fluctuación del nivel máximo del lodo de perforación. Cuando la profundidad de perforación alcanzó los 116 metros, el nivel de agua en el pozo se redujo repentinamente, resultando en la eliminación completa del lodo desde el agujero del pozo. Luego, se continuó perforando mediante repetición de cementación y relleno de lodo. El nivel final de agua en el agujero perforado fue de 163 metros debajo del nivel del suelo.

(c) De acuerdo con las características litológicas y la fluctuación del nivel freático mencionado, se llegaron a las siguientes conclusiones (Figura 7.2.4).

- Los flujos de lava basáltica y andesítica que yacen entre los 49 y 116 metros de profundidad forman el acuífero superior libre, que es recargado principalmente desde el área del Volcán de Agua.
- Los flujos de lava basáltica fracturada y porosa que yacen entre los 116 y 152 metros de profundidad forman una zona seca no saturada.
- Los flujos piroclásticos con escoria volcánica (152-165 metros), los flujos piroclásticos con escoria y depósitos clásticos como arena y arcilla (165 -200 metros) y las lavas delgadas basálticas y andesíticas con escoria forman el acuífero inferior semicerrado.

(d) Las características del acuífero inferior son las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 49 metros
- Descarga: 1,537 m<sup>3</sup>/día (282 GPM)
- Nivel estático de agua: 163.16 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 3.53 metros a una tasa de bombeo de 1,067 litros/min.
- Capacidad específica: 435 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 567 m<sup>2</sup>/día

#### D. Pozo de prueba en San Martín Jilotepeque

El sitio se ubica dentro de la cuenca intermontañosa del Río Pixcayá, formada principalmente por las rocas volcánicas terciarias. El pozo de prueba fue perforado a fin de investigar la existencia de las aguas subterráneas y las características del acuífero en esta cuenca.

A continuación se presentan las características observadas en este pozo de prueba (Figura 7.2.5).

(a) Las características litológicas del pozo de prueba son las siguientes.

0-6 m:	Suelo pardo oscuro
6-24 m:	Areniscas tobáceas erosionadas y tobas arenosas (Tv)
24-36 m:	Tobas de pómez de color gris blancuzco (Tv)
36-58 m:	Tobas conglomeradas basálticas de color negro con areniscas tobáceas (Tv)
58-64 m:	Tobas de color pardo oscuro con suelo fósil (Tv)
64-110 m:	Tobas de pómez de color gris pardusco a gris blancuzco con areniscas tobáceas (91-98 m.) (Tv)
110-113 m:	Toba de color pardo con suelo fósil (Tv)
113-130 m:	Lavas andesíticas y basálticas duras de color gris oscuro a gris morado (fracturadas parcialmente) (Tv)
130-181 m:	Lavas andesíticas y basálticas de color gris oscuro a pardo rojizo (Tv)
181-196 m:	Lavas andesíticas y basálticas duras de color gris oscuro (fracturadas parcialmente) (Tv)

- (b) De acuerdo con las condiciones litológicas mencionadas, se deduce que las rocas volcánicas terciarias se dividen en 2 subgrupos: el subgrupo inferior consiste de lavas andesíticas y basálticas fracturadas y autobrechadas. Mientras tanto, el subgrupo superior está formado por los sedimentos volcánicos con materiales clásticos.
- (c) De acuerdo con los resultados del estudio geofísico y de perforación de prueba, se comprobó que el acuífero principal del sitio está formado por lavas andesíticas y basálticas fracturadas y autobrechadas del grupo inferior, y los sedimentos volcánicos del grupo superior forman un acuífero poco permeable con excepción de tobas de pómez de color gris pardusco con areniscas tobáceas entre 85 y 110 metros de profundidad.
- (d) Las características del acuífero observadas en este pozo de prueba fueron las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 82 metros
- Descarga: 2,185 m<sup>3</sup>/día (282 GPM)
- Nivel estático de agua. 80.25 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 9.63 metros a una tasa de bombeo de 1,517 litros/min.
- Capacidad específica: 227 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 559 m<sup>2</sup>/día

#### E. Pozo de prueba en San Juan Comalapa

El sitio se ubica dentro de la cuenca intermontañosa del Río Pixcayá, que se compone principalmente de los sedimentos de

pómez pleistocénico y de rocas volcánicas terciarias. Este pozo de prueba fue perforado a fin de investigar la existencia de las aguas subterráneas y las características del acuífero en las rocas volcánicas terciarias de la cuenca.

(a) Las características litológicas del sitio son las siguientes.

- 0-18 m: Sedimentos de pómez de color gris blancuzco (Qp)
- 18-26 m: Sedimentos de pómez de color gris blancuzco pardusco con arcilla y arena (Qp)
- 26-32 m: Sedimentos de pómez de color gris blancuzco pardusco (Qp)
- 32-215 m: Toba soldada fracturada parcialmente de color gris a gris blancuzco con fragmentos de rocas andesíticas y basálticas (Tv)

(b) Existen dos acuíferos en esta área, tal como se muestra en la Figura 7.2.6. El mayor es el acuífero inferior de tobas soldadas fracturadas terciarias (Tv).

(c) Las características del acuífero inferior son las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 100 metros
- Descarga: 1,363 m<sup>3</sup>/día (250 GPM)
- Nivel estático de agua: 28.94 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 156.4 metros a una tasa de bombeo de 947 litros/min.
- Capacidad específica: 8.70 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 6.05 m<sup>2</sup>/día

#### F. Pozo de prueba de Sololá

La ciudad de Sololá y sus alrededores se ubican sobre un altiplano formado de los sedimentos de pómez pleistocénico y de las rocas volcánicas terciarias. Dado que el área urbana está formada por las tobas soldadas terciarias poco permeables y delgadas, como se observa en el muro de caldera septentrional del Lago Atitlán, el sitio de perforación fue seleccionado en el altiplano, a unos 2 km. al norte de la ciudad, de acuerdo con los resultados del estudio geológico y del sondeo de resistividad eléctrica (Figura 7.2.7). Este pozo de prueba fue perforado a fin de conocer la estructura geológica, existencia de las aguas subterráneas y las características del acuífero en las rocas volcánicas terciarias del altiplano.

(a) Las condiciones litológicas en este sitio son las siguientes.

- 0-9 m: Depósitos piroclásticos de color pardo (Qp)
- 9-104 m: Flujo piroclástico de color gris a gris oscuro con lavas basálticas delgadas (Tv)
- 104-107 m: Suelo fósil de color pardo (Tv)
- 107-120 m: Flujo de lava basáltica autobrechada de color gris rojizo oscuro (Tv)
- 120-146 m: Flujos piroclásticos (dacíticos) de color gris blancuzco a gris pardusco (Tv)
- 146-157 m: Toba arcillosa de color pardo (suelo fósil ) (Tv)
- 157-171 m: Areniscas tobáceas gruesas de color pardo a gris pardusco (Tv)

(b) Si bien en un principio se había proyectado perforar el pozo hasta una profundidad de 200 metros, el trabajo fue suspendido cuando llegó a perforarse 171 metros, debido a la presencia de algunos limitantes como la formación inestable y la pérdida de lodo.

(c) El acuífero principal en esta área está formado por el flujo de lava basáltica autobrechada (107-120 metros) y por la capa de areniscas tobáceas gruesas granuladas (157-171 metros).

(d) Las características del acuífero son las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 48 metros
- Descarga: 2,125 m<sup>3</sup>/día (390 GPM)
- Nivel estático de agua: 71.63 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 54.86 metros a una tasa de bombeo de 1,476 litros/min.
- Capacidad específica: 38.7 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 28.55 m<sup>2</sup>/día

#### G. Pozo de prueba en Santa Lucía Utatlán

La ciudad y sus alrededores se ubican sobre una meseta dentro de la cuenca intermontañosa del Río Quiscab, y están formadas principalmente por las rocas volcánicas terciarias cubiertas discordantemente por los sedimentos delgados de pómez del Pleistoceno. El sitio de perforación fue localizado en una zona fracturada a lo largo del lineamiento en dirección NE-SO, que controla las direcciones del flujo de los ríos (Figura 7.2.1(3) y 7.2.8), a 1.5 km. al noroeste de la ciudad. Este pozo de prueba fue perforado a fin de conocer las estructuras geológicas

y la existencia de las aguas subterráneas en esta área.

(a) Las características litológicas del área son las siguientes.

0-26 m: Dacita de color gris pardusco (Tv)  
26-79 m: Dacita de color gris verdoso pálido (Tv)  
79-175 m: Dacita autobrechiada de color rojo morado a gris rojizo  
175-210 m: Dacita fracturada de color gris verdoso pálido a gris

(b) Ocurrieron tres veces la pérdida de barro en las siguientes profundidades (véase también la Figura 7.2.12).

119 m : 19 m<sup>3</sup>  
157 m : no fue posible efectuar la medición  
174 m : 220 lit./min.

Dado que el nivel freático final en el pozo perforado fue de 131.54 metros debajo del nivel del suelo, se deduce que la porción entre los 26 a 131.54 metros sea una zona seca no saturada.

(c) El acuífero del sitio está formado por las rocas dacíticas autobrechiadas y fracturadas a una profundidad entre 146 y 195 metros, que probablemente sean rocas dacíticas intrusivas.

(d) Las características del acuífero con las siguientes.

- Descarga: 883 m<sup>3</sup>/día (162 GPM)
- Nivel estático de agua: 131.54 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 9.13 metros a una tasa de bombeo de 613 litros/min.
- Capacidad específica: 96.7 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 375 m<sup>2</sup>/día

#### H. Pozo de prueba en Momostenango

La ciudad y sus alrededores se sitúan sobre el altiplano intermontañoso formado por las rocas volcánicas terciarias. El sitio de perforación fue localizado a la orilla del río, a unos 700 metros hacia el oeste de la ciudad, donde la corriente fluvial está controlada por la falla en dirección NE-SO (Figura 7.2.1 (4)).

Las aguas termales (48.1°C, pH 6.5, Ec 94  $\mu$ s/cm.) se descargan del lecho del río, las que comúnmente son utilizadas por los habitantes locales como aguas de baño. Este pozo de prueba fue perforado para conocer el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas para el consumo humano en esta área geotérmica.

Los resultados del estudio son los siguientes (Figura 7.2.9).

(1) Las características litológicas del área son las siguientes.

- 0-3 m: Suelo pardo
- 3-9 m: Toba ácida de color gris pardusco blancuzco (Tv)

- 9-29 m: Toba acídica compacta de color gris blancuzco verdoso pálido a gris blancuzco morado (fracturada parcialmente) (Tv)
- 29-79 m: Toba acídica compacta de color gris pálido verdoso blancuzco a gris blancuzco morado (fracturada parcialmente) (Tv)
- 79-81 m: Arcilla parda (suelo fósil)
- 81-104 m: Lava dacítica fracturada de color gris a gris oscuro (Tv)
- 104-110 m: Toba arcillosa de color pardo (suelo fósil) (Tv)
- 110-156 m: Toba arcillosa de color gris pardusco (Tv)
- 126-133 m: Areniscas tobáceas gruesas de color gris (Tv)
- 133-134 m: Toba arcillosa de color gris (Tv)
- 134-158 m: Areniscas tobáceas gruesas de color gris con grava fina (Tv)
- 158-165 m: Toba arcillosa de color gris verdoso (Tv)
- 165-169 m: Lava andesítica fracturada de color gris oscuro (Tv)
- 169-178 m: Toba arcillosa de color gris verdoso (Tv)
- 178-183 m: Areniscas tobáceas gruesas de color gris (Tv)

(b) Los acuíferos principales del área están formados por las lavas dacíticas y andesíticas fracturadas (81-104 m, 165-169 m.) y areniscas tobáceas gruesas (126-133 m., 134-158 m. y 178-183 m.).

(c) Los registros geotérmicos ejecutados en este pozo de prueba indican una temperatura constante de 18.5°C desde 10 m. hasta 180 m. de profundidad, lo cual pone de manifiesto que se puede obtener agua potable aún en el área geotérmica.

(d) Las características del acuífero observadas en este pozo de prueba fueron las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 59 metros
- Descarga: 1,090 m<sup>3</sup>/día (200 GPM)
- Nivel estático de agua: 63.5 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 70.3 metros a una tasa de bombeo de 757 litros/min.
- Capacidad específica: 15.50 m<sup>3</sup>/día/m.
- Transmisibilidad: 10.41 m<sup>2</sup>/día

#### I. Pozo de prueba de San Francisco La Unión

El área se sitúa en una cuenca intermontañosa del Río Samalá, formada por los sedimentos de pómez pleistocénico y por las rocas volcánicas terciarias. Todas las fuentes existentes de agua consisten en pozos poco profundos, con bombas manuales y manantiales en los sedimentos de pómez pleistocénico (acuífero superior). Este pozo de prueba fue perforado a fin de conocer el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas en las rocas volcánicas terciarias (acuífero inferior) en esta área (Figura 7.2.10.).

El pozo de prueba fue perforado hasta una profundidad de 190 metros. Sin embargo, la perforación del pozo no pudo ser terminada, debido a pérdidas frecuentes de la circulación de lodo. Tampoco se pudo confirmar litofacies después de 79 m. de profundidad. Las condiciones de perforación fueron las siguientes.

(a) Cuando la profundidad de la perforación alcanzó los 52

metros, el nivel de agua se redujo repentinamente, resultando en una pérdida completa del lodo del pozo perforado. Luego, se continuó la perforación mediante repetición de cementación y relleno de lodo, hasta una profundidad de 79 metros, pero la pérdida de lodo no fue recuperada completamente. El nivel freático en el pozo fue de 73 metros de profundidad.

(b) Las características litológicas (los detritos de sondeo) entre el nivel del suelo y 79 metros de profundidad fueron las siguientes.

- |          |  |
|----------|--|
| 0-9 m.   | Sedimentos de pómez de color gris blanquizco (Qp)  |
| 9-34 m.  | Lava andesítica fuertemente erosionada y fracturada de color gris oscuro pardusco (Tv)   |
| 34-38 m. | Pérdida total de circulación (los detritos de sondeo no pudieron ser recuperados, pero el nivel de lodo fue de 12 metros B.G.S.) |
| 38-52 m. | Lava andesítica fracturada de color gris oscuro pardusco (Tv)  |
| 52-79 m. | Pérdida total de lodo y de detritos del agujero (nivel de lodo fue de 73 metros B.G.S.)  |

(c) De los fundamentos anteriores, (a) y (b), se deduce que la lava andesítica fuertemente erosionada y fracturada (12-38 m.) sea el acuífero local en las rocas volcánicas terciarias (Tv). Asimismo, se estima que las litofacies entre 52 y 73 metros están constituidas por lava andesítica muy porosa y fracturada que forman una zona seca no saturada.

(d) Después de cementar completamente el tramo comprendido entre los 38 y 79 metros de profundidad, la perforación fue reiniciada. Sin embargo, después de perforar a través del tramo cementado, ocurrió nuevamente la pérdida del lodo.

(e) El nivel de lodo en el pozo fue finalmente de 73 metros debajo del nivel del suelo. Las litofacies entre los 79 y 190 metros no han podido ser confirmadas debido a que no hubo retorno de lodo con los detritos de sondeo. Se colocaron las rejillas en el tramo entre 88 y 186 metros, deduciendo que las litofacies están formadas por los flujos de lava andesítica de acuerdo con los resultados de sondeo de resistividad eléctrica.

A pesar de continuar efectuando la limpieza del pozo, mediante el elevador de agua por aire y el achicador durante 30 horas, el nivel de agua en el pozo se reducía, llegando a tocar frecuentemente el fondo. Es así como no se completó la perforación del pozo.

#### J. Pozo de prueba en Génova

El área se sitúa sobre el altiplano al pie de los volcanes cuaternarios, y está formada por las rocas piroclásticas con lavas delgadas y flujos de lodo volcánico. El pozo fue perforado con el fin de conocer el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas del área.

A continuación se presentan las informaciones recogidas en este pozo de prueba (Figura 7.2.11).

(a) Las características litológicas son las siguientes.

0-6 m:	Suelo pardo
6-21 m:	Toba andesítica de color gris oscuro pardusco (Qv)
21-38 m:	Toba andesítica de color gris oscuro (Qv)

38-49 m: Toba aglomerada andesítica de color gris oscuro (Qv)

49-85 m: Toba andesítica de color gris oscuro (Qv)

85-88 m: Toba aglomerada andesítica de color gris oscuro (Qv)

88-104 m: Lava andesítica fracturada de color gris oscuro (Qv)

La descarga de unos 200 GPM fue confirmada mediante la elevación por aire, y el método de perforación fue reemplazado de la perforación por golpe de ariete por el de la circulación de lodo, a una profundidad de 89 metros.

104-134 m: Toba aglomerada andesítica de color gris oscuro (Qv)

134- 150 m: Toba aglomerada andesítica de color gris oscuro a gris oscuro morado con lavas aglomeradas delgadas (Qv)

(b) El acuífero principal del sitio está formado por la lava andesítica fracturada (88-104 metros) y por la toba aglomerada andesítica con lavas aglomeradas delgadas (134-150 metros), y sus características son las siguientes.

- Espesor estimado del acuífero: 52 metros
- Descarga: 1,096 m<sup>3</sup>/día (201 GPM)
- Nivel estático de agua: 27.85 B.G.L.-metros
- Abatimiento: 88.36 metros a una tasa de bombeo de 761 litros/min.
- Capacidad específica: 12.40 m<sup>3</sup>/día/m
- Transmisibilidad: 11.90 m<sup>2</sup>/día

## 2) Medición del nivel de agua durante la perforación

El nivel estático de agua (nivel de lodo de perforación) del pozo fue medida todos los días con el uso del indicador de nivel de agua durante todo el período de los trabajos de perforación. Esta medición fue efectuada dos veces al día: antes de comenzar el trabajo de perforación y al finalizarlo, con el fin de obtener las siguientes informaciones.

- Fluctuación del nivel de agua en relación con las características del acuífero (libre o cerrado)
- Profundidad de la pérdida parcial de circulación, que indica la existencia de un buen acuífero para colocar la rejilla
- Profundidad de la pérdida total de circulación que sugiere la existencia de una zona inestable

En la Figura 7.2.17 se presentan los resultados de la medición del nivel de lodo de perforación.

## 3) Sondeo geofísico

Previo a la instalación del encamisado y la rejilla en el pozo, se llevaron a cabo los siguientes 4 tipos de sondeo, a fin de determinar la mejor posición de la rejilla.

- Sondeo de resistividad eléctrica
- Sondeo de potencial espontáneo
- Sondeo de radioactividad
- Sondeo de temperatura

Los datos geofísicos obtenidos fueron correlacionados con las litofacies.

(4) Prueba de bombeo

Las pruebas de bombeo escalonado, a caudal y de recuperación fueron efectuadas en los 9 de los 10 pozos perforados, utilizando bombas motorizadas sumergibles, con el fin de evaluar las propiedades del acuífero.

El número de los pasos de descenso, la duración del bombeo y las demás condiciones de bombeo son los siguientes.

(a) Prueba de bombeo escalonado

Se realizaron pruebas de bombeo escalonado en 5 pasos con el fin de estimar la descarga óptima, la pérdida de formación y la pérdida del pozo en cada uno de los pozos. Durante la prueba, la tasa de bombeo fue incrementada gradualmente en 5 pasos a un intervalo regular. Esta tasa de bombeo en cada intervalo fue determinada en base a los resultados de la prueba de bombeo preliminar. La duración del bombeo en cada paso fue determinada en 2 horas.

(b) Prueba de bombeo a caudal

Esta prueba fue efectuada después de la prueba de bombeo escalonado, al momento en que el nivel de agua ha recuperado el nivel estático original. El caudal constante de bombeo fue determinado en base a los resultados de la prueba de bombeo escalonado. La duración de bombeo fue de 48 horas.

### (c) Prueba de recuperación

El período de recuperación del nivel de agua fue de 24 horas, inmediatamente después de terminar la prueba de bombeo a caudal constante.

Los resultados de las pruebas de bombeo escalonado y de recuperación con tiempo fueron restituidos en papeles gráficos log-log y semi-log, con el fin de calcular la transmisibilidad, permeabilidad y los coeficientes de almacenamiento. Los métodos de análisis utilizados en este estudio fueron Theis y Jabobs, aplicables a los acuíferos confinados en las condiciones inestables.

Los resultados detallados de las pruebas de bombeo se presentan en el Informe Suplementario y en el Libro de Datos, mientras que en el Cuadro 7.2.5 se muestran los parámetros del acuífero.

Las características principales del acuífero en los 9 municipios fueron descritos en la sección anterior, "Perforación de Pozos de Prueba".

#### 7.2.3 Análisis de Componentes Iónicos de las Aguas Subterráneas

Se llevó a cabo el análisis de calidad de agua con el fin de evaluar el mecanismo de flujo de aguas subterráneas (ej.. análisis de los componentes químicos contenidos en las aguas subterráneas).

Las muestras de agua fueron tomadas de los 9 pozos exploratorios y de los siguientes 10 puntos.

Ubicación	Tipo y número
San José Pinula	Manantiales 4
	Pozo poco profundo 1
Comalapa	Manantiales 2 (Un pequeño manantial a 1 km. desde la ciudad en camino a Panabajal, en el cruce con Quebrada de Xetonex)
	Manantial 1 (Aguas de manantial tomadas en tanque existente) Cascada (Cascada en camino a Panajachel)
San Pedro Sacatepéquez	Manantial 1 (Manantial utilizado para el riego en Vista Hermosa)

En el Cuadro 7.2.6 se muestran los resultados del análisis. La Figura 7.2.19, por su lado, es el diagrama trilineal de los componentes iónicos de las muestras. De (1) al (9) corresponden a las muestras de los pozos exploratorios, mientras que de (a) a (j) son muestras de agua extraídas de los manantiales y los pozos poco profundos.

La mayoría de los puntos se distribuyen en las áreas con alta concentración de (Ca+Mg) y (CO<sub>3</sub>+HO<sub>3</sub>). Las muestras de los pozos exploratorios muestran una mayor concentración de (CO<sub>3</sub>+HO<sub>3</sub>), en comparación con las que fueron tomadas de los manantiales. La diferencia radica en la variación del origen de agua; el agua del acuífero inferior es más antigua que el agua del acuífero superior, y los componentes sufren un cambio por los efectos geológicos.