7.2 Hidrogeología

7.2.1 Características Hidrogeológicas Generales del Area de Estudio

Las capas de aguas subterráneas del Area de Estudio se clasifican en acuíferos superior e inferior. El acuífero superior se compone, principalmente de rocas volcánicas cuaternarias, tales como los sedimentos de pómez del Pleistoceno y flujos de lava del Holoceno, y a veces, de depósitos aluviales. El acuífero inferior, por su lado, consiste básicamente de latitas, tobas soldadas dacíticas y andesíticas, y por flujos de lava basálticas andesíticas del Terciario, localmente fracturados. Sin embargo, este acuífero es poco conocido, y por ende, poco explotado, por lo que es muy importante que los sitios de perforación de los pozos sean seleccionados cuidadosamente en base a las investigaciones hidrogeológicas detalladas.

Hidrogeológicamente, el grupo de basamento consiste de rocas metamórficas de la formación Cretácea y las rocas intrusivas conforman las cuencas de agua subterránea. Sin embargo, las calizas falladas y fracturadas de la formación Cretácea forman un acuífero local similar al acuífero inferior del Volcánico Terciario.

El Area de Estudio se divide en 9 principales cuencas intermontañosas correspondiendo, aproximadamente, a las cuencas subterráneas. Estas cuencas se clasifican en los 3 grupos siguientes desde el punto de vista topográfico y geológico.

Tipo Graben

- Cuenca del Río Las Vacas y del Lago Amatitlán (Valle de Guatemala)

Graben local tipo compuesto

- Cuenca del Río los Plátanos (Guatemala)
- Cuenca del Río Samalá (Quetzaltenango)
- Cuenca del Río Aguacapa (Guatemala)
- Cuenca del Río Pixcayá (Chimaltenango-Guatemala)

Cuenca tipo río

- Cuenca del Río Chixoy o Negro (Totonicapán)
- Cuenca del Río Coyolate (Sacatepéquez)
- Cuenca del Río Guacalate (Sacatepéquez)
- Cuenca del Lago Atitlán (Sololá)

Entre las cuencas subterráneas mencionadas, los acuíferos superiores del río Las Vacas y Lago Amatitlán y las cuencas de los ríos Samalá y Guacalate han sido relativamente bien explotadas.

En el Cuadro 7.2.1. se resumen las características de los acuíferos, aunque las informaciones no son completas como para poder revisar y analizarlas. (Los registros originales del pozo se presentan en el inventario de pozo del Informe Suplementario).

El espesor del acuífero superior, compuesto por el volcánico pleistocénico (Qp) varía desde varios metros en los bordes hasta 250 metros en el centro. Las condiciones litológicas son altamente variables. El nivel freático de este acuífero muestra grandes variaciones estacionales y, por lo tanto, se considera como un acuífero no confinado. A continuación se resume la capacidad de producción medida en diferentes sitios.

Cuenca	Producción por pozo (lit./seg.)	Producción media por pozo (lit./seg.)
Río Las Vacas/Lago Amatitlán	1.58 - 22.67	14.23
Río Samalá	3.15 - 68.81	20.86
Río Guacalate	3.78 - 17.70	9.84

A diferencia del acuífero superior, el inferior del volcánico terciario incluye calizas altamente fracturadas de la formación Cretácea y es relativamente desconocido, y por consiguiente, el número de pozos perforados hacia el acuífero inferior es muy poco. Además, los registros de los pozos existentes no diferencian la formación geológica para los acuíferos superior e inferior.

A continuación se presenta un cuadro preparado por INFOM en 1987, donde se resumen los registros de la producción media de las fuentes de cada departamento. Casi todos los pozos que presentan un promedio grande de producción en los departamentos de Quetzaltenango y Guatemala bombean el agua del acuífero superior, y algunos pozos con una producción menor en los tres departamentos restantes toman el agua del acuífero inferior.

Departamentos	Manantiales			Aguas subterráneas		
	Núm.	Q.(l/s.)	Q/N(l/s)	Núm.	Q.(l/s.)	Q/N(l/s)
Quetzaltenango	54	369.47	6.84	30	578.48	19.28
Totonicapán	18	42.88	2.38	3	19.06	6.35
Sololá	41	74.04	1.81	-	-	-
Chimaltenango	50	253.58	5.07	3	19.65	6.55
Sacatepéquez	35	125.53	3.48	14	153.58	10.98
Guatemala	24	75.47	3.14	21	278.59	13.26

A pesar de que el número de pozos perforados en el acuífero

inferior es bajo, 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

En 54 municipios fueron ejecutados la interpretación de las fotografías aéreas, el reconocimiento geológico de campo y el análisis de calidad de agua en las fuentes existentes. 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 términos de calidad y cantidad

En base a toda la información hidrogeológica obtenida a través de las investigaciones mencionadas, se prepararon los borradores de 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 impreso para cada unidad de las cuencas hidrogeológicas, donde se localizaron los municipios prioritarios a escala 1:50,000. Se anexan los mapas hidrogeológicos reducidos en las Figuras 7.2.1 (1)-(4).

(2) Prospección geofísica

En el presente Estudio, se ejecutó el sondeo de resistividad eléctrica en 3 a 5 puntos en cada uno de los 15 municipios prioritarios. En esta prospección se utilizó el medidor de resistividad tipo McOHM de 4 electrodos de intervalos iguales. Los resultados de dichos trabajos en las Fase I y II se detallan en el Cuadro 7.2.3.

Los sitios de perforación y la profundidad de los pozos de prueba fueron determinados, principalmente, en base a los resultados de sondeo de resistividad.

(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. 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.

Paralelamente a la construcción de los pozos de prueba, se inició la prueba de bombeo 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, mientras que los estudios de las pruebas de bombeo en el Cuadro 7.2.5.

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 de prueba y de los 10 locales que se especifican en el siguiente cuadro. Asimismo, los resultados del análisis están resumidos en el Cuadro 7.2.6.

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

7.2.4 Inventario de Pozos

Se llevó a cabo un estudio sobre la condición actual de los pozos poco profundos y manantiales ubicados en la cercanía de los sitios de perforación propuestos. Los tópicos estudiados fueron los siguientes:

- Número de pozos poco profundos y manantiales en las proximidades de los sitios de perforación propuestos.
- Derecho de utilización de agua de las respectivas fuentes
- Condiciones hidrogeológicas como las características de los acuíferos, nivel freático y calidad de agua en las respectivas fuentes

Los resultados están resumidos en el Cuadro 7.2.7. Tal como se puede observar en dicho cuadro, en esta área existen numerosos pozos poco profundos y manantiales, que son utilizados con fines domésticos y agrícolas. Sin embargo, la construcción de pozos profundos no ocasionará impactos sobre estas fuentes por las siguientes razones hidrogeológicas:

(a) Las aguas de los pozos poco profundos y de los manantiales existentes en el área provienen del acuífero poco profundo (superior) formado en los depósitos aluviales (Qa), sedimentos de pómez (Qp) y el estrato superior erosionado de las rocas volcánicas terciarias.

(b) Las rejillas en los pozos profundos serán instaladas en el acuífero inferior formado en el estrato de las rocas volcánicas terciarias (Qv), y que es abierto o semicerrado.

(c) Los acuíferos superior e inferior están separados por una zona seca no saturada.

(d) La infiltración de las aguas subterráneas desde el acuífero superior hacia el inferior atravesando la zona seca no saturada podrá ser controlada mediante cementación.

Cuadro 7.2.1 Registros de los Pozos Existentes

Groundwater Basin	Aquifer	Discharge(Q= ℓ /s) Average	Maximum	Minimum	Number of Wells	Remarks : Sc(m²/day/m) of Existing Data
Rio Platanos Basin ①	Tv : Tertiary Volcanics	4.44	9.46	0.76	4	
Rio Acuacapa Basin ②	Tv : Tertiary Volcanics	0.95	0.95	0.95	1	Sc(m²/day/m): 1.34
Rio Las Vacas & Lago de Amatitlan Basin ③	Qa : Alluvial Sediments	31.62	61.00	20.50	5	Sc(m²/day/m):233.05—483.84
	Qp : Pleistocene Volcanics	14.23	22.67	1.58	26	Sc(m²/day/m): 2.18—893.95
	Tv : Tertiary Volcanics	13.39	36.09	1.73	10	Sc(m²/day/m): 11.41-4980.00
	Qp/Tv:Ple./Tertiary Volcanics	14.27	28.01	5.80	12	Sc(m²/day/m): 4.24—357.89
	Br : Basement Rocks	3.41	3.41	3.41	1	Sc(m²/day/m): 3.00
Rio Pixcaya Basin ④	Tv : Tertiary Volcanics	7.52	15.14	0.32	7	
	Qp/Tv:Ple./Tertiary Volcanics	8.53	15.77	1.89	9	Sc(m²/day/m): 4.87— 78.52
Rio Guacalate Basin ⑤	Qa : Alluvial Sediments	14.24	31.55	6.62	9	Sc(m²/day/m): 55.78—544.89
	Qv : Holocene Volcanics	13.81	31.54	6.00	7	Sc(m²/day/m): 27.39— 88.09
	Tv : Tertiary Volcanics	7.89	15.14	1.70	6	Sc(m²/day/m): 2.57—817.34
	Qp/Tv:Ple./Tertiary Volcanics	9.84	17.70	3.78	4	Sc(m²/day/m): 54.11—490.32
Lago de Atitlan Basin ⑦	Qa : Alluvial Sediments	27.13	27.13	27.13	1	Sc(m²/day/m):200.34
Rio Samala Basin ⑨	Qp : Pleistocene Volcanics	20.86	68.81	3.15	32	Sc(m²/day/m): 25.18—726.91
Others	Tv : Tertiary Volcanics	7.89	17.41	1.89	7	
	Qv : Holocene Volcanics	9.27	9.27	9.27	1	
	Qp : Pleistocene Volcanics	14.51	14.51	14.51	1	
	Br : Basement Rocks	4.20	10.09	1.13	3	

Cuadro 7.2.2 Resultados del Estudio Hidrogeológico en cada Municipio (1)

Hydrogeological Conditions

GUATEMALA

No.	Municipality	Water Sources (l/s)			Water Quality		Hydrogeological Conditions				Class
		N	P	R	PH	Ec (25°C)	Productivity of Existing Well (l/s)		Lithofacies	Geological Structure	
1	Santa Catarina Pinula	8.67	20.51	-	6.0	140	11.04	a	a(Qp)>b	a	A
2	San Jose Pinula	-	17.78	-	6.2	92	5.68	b	b>a(Qp)	c	B
3	San Jose del Golfo	0.31	5.46	-	6.2	320	5.93	b	b·c	b	B
4	Palencia										
5	Chinautla	0.05	1.72	-	7.0	410			a(Qp)>b	a	A
6	San Pedro Ayampuc	2.03	5.18	-	7.6	587	2.59	c	b	b·c	B
7	Mixco	5.79	30.75	-	7.0	180	7.69	b	b>a(Qp)	b·c	B
8	San Pedro Sacatepequez	4.24	3.40	-	6.3	149	3.40	c	b>a(Qp)	b·c	B
9	San Juan Sacatepequez	10.00	12.00	-	7.0	509	12.00	a	b>a(Qp)	b·c	A
10	San Raymundo	-	22.08	-	7.5	305	11.04	a	a(Qp)·b·c	a·b	A
11	Chuarrancho	0.01	-	11.11	6.5	550			c	c	C
12	Fraijanes										
13	Amatitlan										
14	Villa Nueva	4.98	61.51	-	7.0	308	12.30	a	a(Qp)>b	a	A
15	Villa Canales	45.00	128.70	-	7.0	265	64.35	a	a(Qa>Qp)	a	A
16	San Miguel Petapa										

Hydrogeological Conditions

SACATEPEQUEZ

No.	Municipality	Water Sources (l/s)			Water Quality		Hydrogeological Conditions				Class
		N	P	R	PH	Ec (25°C)	Productivity of Existing Well (l/s)		Lithofacies	Geological Structure	
1	Antigua Guatemala										
2	Jocotenango	-	39.40	-	6.5	284	13.13	a	a(Qa)	a	A
3	Pastores										
4	Sumpango										
5	Sto. Domingo Xenacoj										
6	Santiago Sacatepequez										
7	San Bartolome M. Altas	0.40	13.00	-	7.0	143	6.50	b	b	b	B
8	San Lucas Sacatepequez										
9	Santa Lucia M. Altas	-	8.00	-	6.5	238	4.00	c	b>a(Qp)	c	C
10	Magdalena Milpas Altas	0.81	9.40	-	6.5	173	9.40	b	b>a(Qp)	b	B
11	Santa Maria de Jesus	1.50	6.00	-	7.0	328	6.00	b	a(Qa·Qv)	c	B
12	Ciudad Vieja	0.55	40.12	-	6.5	270	13.37	a	a(Qv)	a	A
13	San Miguel Duenas										
14	San Juan Alotenango										
15	San Antonio Aguas Cal.	8.45	1.70	-			1.70	c	b>a(Qa)	b·c	B
16	Santa Catarina Barahona	17.58	-	-					b>a(Qa)	b·c	B

1. Productivity of Existing Well
   a:More then 10 l/sec
   b: 5-10 l/sec
   c:Less then 5 l/sec

2. Lithofacies
   a:Upper Aquifer(Qa·Qp·Qv)
   b:Lower Aquifer(Tv)
   c:Basement Rocks

3. Geological Structure
   a:Basin Structure
   b:Fractured Zone
   Deep Weathered Zone
   c:Local Basin / Weathering

4. Class:Availability of Groundwater in Terms of Quantity/Quality
   A:High
   B:Medium
   C:Low

Cuadro 7.2.2 Resultados del Estudio Hidrogeológico en cada Municipio (2)

Hydrogeological Conditions

CHIMALTENANGO

No.	Municipality	Water Sources (l/s)			Water Quality		Hydrogeological Conditions				Class
		N	P	R	PH	Ec (25°C)	Productivity of Existing Well (l/s)		Lithofacies	Geological Structure	
1	Chimaltenango										
2	San Jose Poaquil	0.93	-	2.15	6.3	91			b·c(Lim)	b	B
3	San Martin Jilotepeque	-	18.90	-	7.0	167	18.90	a	a(Qp)>b	a	A
4	San Juan Comalapa	34.00	5.80	-	6.3	140	5.80	b	a(Qp)·b	c	B
5	Santa Apolonia										
6	Tecpan Guatemala										
7	Patzun	16.90	-	-	6.5	511			a(Qp)·b	c	B
8	San Miguel Pochuta										
9	Patzicia	8.58	(10.00)	-	6.5	149			b>a(Qp)	b·c	B
10	Santa Cruz Balanya										
11	Acatenango										
12	San Pedro Yepocapa										
13	San Andres Itzapa										
14	Parramos										
15	Zaragoza	10.42	3.15	-	6.0	155	3.15	c	b>a(Qp)	b·c	B
16	El Tejar	-	30.70	-	6.5	223	10.23	a	a(Qp)·b	a	A

Hydrogeological Conditions

SOLOLA

No.	Municipality	Water Sources (l/s)			Water Quality		Hydrogeological Conditions				Class
		N	P	R	PH	Ec (25°C)	Productivity of Existing Well (l/s)		Lithofacies	Geological Structure	
1	Solola	30.4	-	-	6.0	106			a(Qp)·b	b·c	B
2	San Jose Chacaya										
3	Santa Maria Visitacion										
4	Santa Lucia Utatlan	1.88	-	-	6.0	82			b>a(Qp)	b·c	B
5	Nahuala	3.47	-	-	-	-			b·a(Qp)	b·c	B
6	Sta.Catarina Ixtahuacan	7.29	-	-	6.5	125			b>a(Qp)	b	B
7	Santa Clara la Laguna										
8	Concepcion										
9	San Andres Semetabaj	0.95	-	-	-	-			b	c	C
10	Panajachel										
11	Sta. Catarina Palopo	3.12	-	-	7.0	238			b>a(Qa)	c	C
12	San Antonio Palopo	0.42	-	-	6.5	181			b>a(Qa)	c	C
13	San Lucas Toliman										
14	Santa Cruz la Laguna										
15	San Pablo la Laguna										
16	San Marcos la Laguna										
17	San Juan la Laguna										
18	San Pedro la Laguna										
19	Santiago Atitlan										

1. Productivity of Existing Well
   a:More than 10 l/sec
   b: 5-10 l/sec
   c:Less than 5 l/sec

2. Lithofacies
   a:Upper Aquifer(Qa·Qp·Qv)
   b:Lower Aquifer(Tv)
   c:Basement Rocks

3. Geological Structure
   a:Basin Structure
   b:Fractured Zone
   Deep Weathered Zone
   c:Local Basin / Weathering

4. Class:Availability of Groundwater in Terms of Quantity/Quality
   A:High
   B:Medium
   C:Low

Cuadro 7.2.2 Resultados del Estudio Hidrogeológico en cada Municipio (3)

Hydrogeological Conditions

TOTONICAPAN

No.	Municipality	Water Sources (l/s)			Water Quality		Hydrogeological Conditions				Class
		N	P	R	PH	Ec (25°C)	Productivity of Existing Well (l/s)		Lithofacies	Geological Structure	
1	Totonicapan										
2	San Cristobal Totonic.										
3	San Francisco el Alto	6.7	-	-	6.5	68			b>a(Qa)	b	C
4	San Andres Xecul	2.3	-	-	6.0	104			b·a(Qp)	a	A
5	Momostenango	14.2	-	-	6.5	94			b	b	B
6	Santa Maria Chiquimula										
7	Santa Lucia la Reforma										
8	San Bartolo Aguas Cal.										

Hydrogeological Conditions

QUETZALTENANGO

No.	Municipality	Water Sources (l/s)			Water Quality		Hydrogeological Conditions				Class
		N	P	R	PH	Ec (25°C)	Productivity of Existing Well (l/s)		Lithofacies	Geological Structure	
1	Quetzaltenango										
2	Salcaja										
3	Olintepeque	0.94	11.13	-	6.5	207	11.13	a	a(Qp)	a·b	A
4	San Carlos Sija	2.80	-	-	6.2	100			b>a(Qp)	b·c	B
5	Sibilia										
6	Cabrican										
7	Cajola	1.84	-	-	6.0	62			a(Qa)·b	a	A
8	San Miguel Siguila										
9	San Juan Ostuncalco										
10	San Mateo										
11	Cpcion. Chiquirichapa	11.57	-	-	6.0	220			b>a(Qp)	b·c	B
12	San M. Sacatepequez	3.15	-	-					a(Qv)·b	a	A
13	Almolonga	23.87	36.90	-	6.5	356	12.30	a	b>a(Qa·Qv)	a	A
14	Cantel										
15	Huitan	0.91	-	-	-	-			b>c	c	C
16	Zunil										
17	Colomba								a(Qv)	a	A
18	San Francisco la Union	0.59	-	-	6.5	127			a(Qp)b	b·c	B
19	El Palmar										
20	Coatepeque										
21	Genova	3.03	-	-	6.0	89			a(Qv)	c	B
22	Flores Costa Cuca	2.25	(9.27)	-	6.5	98	9.27	b	a(Qv)	c	B
23	La Esperanza										
24	Palestina	-	13.89	-	6.5	146	13.89	a	b	b	B

1. Productivity of Existing Well
   a:More than 10 l/sec
   b: 5-10 l/sec
   c:Less than 5 l/sec

2. Lithofacies
   a:Upper Aquifer(Qa·Qp·Qv)
   b:Lower Aquifer(Tv)
   c:Basement Rocks

3. Geological Structure
   a:Basin Structure
   b:Fractured Zone
   Deep Weathered Zone
   c:Local Basin / Weathering

4. Class:Availability of Groundwater in Terms of Quantity/Quality
   A:High
   B:Medium
   C:Low

Cuadro 7.2.3 Resultados del Sondeo de Resistividad Eléctrica (realizado en la Fase I)

No.	Municipality	Number & Depth of E/R Sounding		Main Aquifer Characteristics			Recommended Site & Depth for Test Well		Productivity of existing Well
		Number	Depth	Lithofacies	Apparent Resistivity	Thickness	Site	Depth	
		(points)	(GL-m)		(Ωm)	(m)		(m)	(l/sec)
Gu 2	San Jose Pinula	5	180~300	Upper rhyolitic welded tuff with thin lava flows (Tv)	32~312	120	About 300ms. South of E-2 (Fig 2.1.2)	150~(200)	5.68
Gu 8	San Pedro Sacatepequez	3	360~380	Pumice sediments (Qp) and pyroclastic rocks with lava flows and waterlain sediments (Tv)	7~140	70~90	Between E-2 and E-3 (Fig 2.1.3)	200	3.40
				Andesitic/Basaltic fractured lava flow (Tv)	532~600	250±			—
Sa11	Santa Maria de Jesus	8	180~340	Andesitic/Basaltic fractured lava flow with pyroclastic rocks (Qv)	700~1,460	200±	E-3 point (Fig 2.1.4)	150~(200)	6.00
Ch 3	San Martin Jilotepeque	4	260~320	Tuffaceous sandstone/ Sandstone with tuffbreccia and tuff (Miocene)	26~504	70~90	About 100ms. S.W.of E-2 (Fig 2.1.5)	200	18.90
Ch 4	San Juan Comalapa	5	260~320	Dacitic/Andesitic tuffbreccia with lava flows and tuffs(Tv)	116~675	300±	About 140ms. South of E-2 (Fig 2.1.6)	200	5.80
So 1	Solola	8	260~360	Dacitic/Andesitic/Basaltic fractured lava flow with pyroclastic rocks (Tv)	405~1,125	90~200	E-4 point (Fig 2.1.7)	200	—
So 4	Santa Lucia Utatlan	5	260~360	Dacitic/Andesitic lava flow with pyroclastic rocks (Tv)	410~720	260	Between E-1 and E-3 (Fig 2.1.8)	200	—
To 5	Momostenango	2	300~340	Andesitic/Basaltic fractured lava flow with pyroclastic rocks (Tv)	568~1,530	200±	About 500ms. N.E.of E-1 (Fig 2.1.9)	(200)~250	—
Qu18	San Francisco la Union	6	340~400	Andesitic/Basaltic fractured lava flow with pyroclastic rocks (Tv)	448~1,600	250±	About 350ms. East of E-2 (Fig 2.1.10)	(200)~250	—

Cuadro 7.2.3 Resultados del Sondeo de Resistividad Eléctrica (realizado en la Fase II)

No.	Municipality	Number & Depth of E/R Sounding		Main Aquifer Characteristics		Recommended Drilling Depth
		Number	Depth	Lithofacies	Apparent Resistivity	
		(points)	(GL-m)		(Ωm)	(m)
Gu 3	San Jose del Golfo	3	200~240	Pyroclastic rocks with lava flow (Tv)	56~416	150
So 5	Nahuala	3	140~180	Pyroclastic rocks with lava flow (Tv)	23~700	200
Qu 4	San Carlos Sija	3	300	Andesitic lava flow (Tv)	53~700	200
Qu 7	Cajola	3	320~340	Pumice sediments(Qp) and Andesitic lava flow (Tv)	840~1,500	200
Qu21	Genova	3	200~300	Pyroclastic(Volcanimud) flow (Qv)	20~140	180
Qu22	Flores Costa Cuca	4	140~300	Pyroclastic(Volcanimud) flow (Qv)	63~344	180
To 5	Momostenango	1	160	Andesitic lava flows with Pyroclastics	68~1,080	150

Cuadro 7.2.4 Resultados de la Prueba de Perforación

Nobre de Pozo (Well Name)	San Jose Pinula	San Pedoro Sacatepequez	Santa Maria de Jesus	San Martin Jilotepeque	San Juan Comalapa	Solola	Santa Lucia Utatlan	Momostenango	San Fransisco la Union	Genova
1. Profundidad (Well depth) (m)	180	250	212	198	215	170	199	183	190	152
2. Latitud (North Latitude) Longitud (West Longitude)	14° 32′ 29″ 90° 25′ 10″	14° 41″ 05″ 90° 39′ 08″	14°29′10″ 90°41′45″	14° 47′ 05″ 90° 47′ 10″	14° 44′ 44″ 90° 53′ 14″	14° 47′ 35″ 91° 10′ 58″	14° 48′ 40″ 91° 18′ 40″	15° 02′ 49″ 91° 25′ 28″	14° 55′ 15″ 91° 32′ 37″	14° 37′ 17″ 91° 49′ 58″
3. Elevacion (Elevation) (m)	1728	2090	1880	1760	2090	2370	2408	2216	2714	388
4. Diametro del ademe (Diameter of Casing Pipes)	8″	8″	8″	8″	8″	8″	8″	8″	8″	8″
5. Perforado por (Drilled by)	JICA Study Team									
6. Pecha de inic.y final de la perfor (Biginning and Completion Date of Drilling)	Aug.24 ~Sep.30 1994	Aug.22 ~ Sep.22 1994	Sep. 3 ~Oct.11 1994	Sep. 1 ~Oct. 3 1994	Oct.16 ~Nov.28 1994	Oct.13 ~Nov. 9 1994	Oct.18 ~Nov.12 1994	Nov.18 ~Dec. 4 1994	Nov.14 ~Dec.16 1994	Nov.15 ~Dec. 4 1994
7. Tiempo que tomo (Spent days)	38	38	39	33	36	28	28	17	33	20
8. Posicion de rejilla (Screen Position) 1) Tipo Puente (Bridge Type) (Nivel de tierra : -m) (Ground Level : -m)	33.5~ 39.6 42.7~ 54.9 91.4~ 97.5 103.6~109.7 140.2~146.3	182.0~189.0 213.4~219.5 231.6~237.7	140.2~146.3 182.9~189.0 201.2~207.3	115.8~121.9 134.1~146.3 164.6~182.9	109.7~121.9 128.0~140.2 152.4~158.5 176.8~189.0	152.4~170.2	115.8~121.9 152.4~164.6 182.9~198.2	85.3~103.6 126.5~132.6 134.1~140.2 146.3~158.5	79.2~103.6 115.8~152.4	103.6~121.9 134.1~146.3
2) Tipo Johnson (Johnson Type)	21.3~ 27.4 79.3~ 85.4 115.8~121.9	164.6~182.9	152.4~164.6	88.4~ 91.5 103.6~109.7 146.3~152.4	164.6~170.7		170.7~182.9	164.6~170.7 176.8~179.8	103.81~15.82 152.41~76.78 182.91~85.9	91.4~103.6 146.4~149.4
3) Ranurado (Slot Type)	97.5~103.6 125.0~131.1 134.1~140.2 158.5~164.6	109.7~115.8 121.9~128.0 195.1~201.2 237.7~244.7	82.3~ 94.5 137.2~142.6 146.3~152.4 164.6~167.6 170.7~182.9 189.0~201.1	97.5~103.6 121.9~134.1 152.4~164.6	30.4~36.8 73.1~85.3 91.4~103.6 146.3~152.4 189.0~201.2 210.3~213.4	109.7~131.1 140.2~143.3 149.4~152.4	146.3~152.4			85.4~91.5
9. Longitud de rejilla (Screen Length) 1) Tipo Puente (Bridge Type) (m) 2) Tipo Johnson (Johnson Type) (m) 3) Ranurado (Slot Type) (m)	36.6 18.3 21.3	18.3 18.3 18.3	18.3 12.2 48.6	36.6 15.2 30.5	42.7 6.1 51.9	17.8 0 27.5	25.6 12.2 6.1	42.7 9.1 0	61.0 39.6 0	30.5 15.1 6.1
10. Componente quimico de Agua (Water quality) ① pH ② Temperatura de agua : ℃) (Temperature of Water : ℃) ③ Conductividad (μs/cm) (Conductivity : μs/cm)	7.0 20.0 263.0	6.8 23.4 198.3	7.0 19.8 298.0	7.2 20.3 563.0	6.7 19.8 92.0	7.2 21.2 191.2	7.0 16.6 154.7	7.0 20.0 53.0	- - -	8.0 21.5 182.0

Cuadro 7.2.5 Resultados de la Prueba de Bombeo

Nobre de Pozo (Well Name)	San Jose Pinula	S.P.Saca-tepequez	S.Maria de Jesus	S.M.Jilo-tepeque	San Juan Comalapa	Solola	Santa Lu. Utatlan	Momoste-naogo	S.F.la Union	Genova
1. Profundidad (Well depth) (m)	180	250	212	196	215	170	199	183	190	152
2. Longitud de rejilla (Total Screen Length) (m)	79.27	60.97	81.68	82.32	100.6	48.78	43.91	59.9	100.5	51.82
3. Formation del Aquifero principal (Formation of Main Aquifer)	Tv	Tv	Qv	Tv	Tv	Tv	Tv	Tv	Tv	Qv
4. Fecha de Bombeo (Pumping Test Date)	Oct. 5 1994	Oct. 7 1994	Nov. 2 1994	Oct.28 1994	Nov.30 1994	Nov.19 1994	Nov.25 1994	Dec. 8 1994	—	Dec.11 1994
5. Nivel estatico de Agua (Static Water Level) (G.L.-m)	6.84	43.71	163.16	80.35	28.94	71.63	131.54	53.50	—	29.85
6. Caudal (GPM)	495	320	282	401	250	390	162	200		201
(Pumping Rate) (m³/day)	2698	1744	1537	2185	1363	2125	883	1090		1096
7. Abatimiento (Drawdown) (m)	11.9	67.29	3.53	9.63	156.4	54.86	9.13	70.3	—	88.36
8. Capacidad Especifica : C.F. (Specific Capacity : Sc)(m³/day/m)	227	26	435	227	8.7	39.7	96.7	15.5	—	12.4
9. Transmisibilidad (Transmissivity) (m²/day) a. Theis	299	33	150	510	5.51	25.22	228	15.43	—	10.74
b. Jacob	180	37	612	333	5.31	25.09	359	7.12	—	9.55
c. Recuperacion (Recovery)	190	68	937	834	7.34	35.35	538	8.67	—	15.42
Promedio(Average)	223	46	567	559	6.05	28.55	375	10.41	—	11.99

Cuadro 7.2.6 Resultados del Análisis de Componentes de Ión

Location	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	Alcalinity pH 8.3	Alcalinity pH 4
TEST DRILLING WELLS								
1 S.P.SACATEPEQUEZ	16.29	6.94	21.8	8.67	8.37	0	0	97.7
2 S.J.PINULA	52.12	24.5	11.36	12.12	18.83	0	0	146.55
3 S.M. DE JESUS	44.79	20.33	17.11	6.18	9.76	0	0	140.91
4 S.M.JILOTEPEQUE	22.8	9.82	17.1	7.92	8.37	0	0	112.73
5 S.J.COMALAPA	14.66	6.35	9.16	3.11	7.67	0	0	74.09
6 SOLOLA	16.29	7.93	16.23	7.21	8.37	0	0	111.13
7 S.L.UTITLAN	20.36	8.43	12.32	4.16	6.28	0	0	76.15
8 MOMOSTENANGO	13.03	2.28	7.92	5.66	4.88	0	0	53.51
9 S.F. LA UNION								
10 GENOVA	19.55	12.6	22.36	16.11	13.25	0	12.35	158.47
OTHERS								
S.J.PINULA								
SPRING NO.1	13.03	5.75	5.13	0.86	8.37	0	0	48.85
SPRING NO.2	42.35	20.44	15.1	11.03	36.26	0	0	84.55
SPRING NO.3	19.55	8.63	12	12.3	22.32	0	0	46.97
SPRING NO.4	16.29	8.43	11.1	1.35	11.16	0	0	56.36
DUG WELL	50.49	31.81	18.7	3.9	65.55	0	0	92.06
COMALAPA								
SPRING NO.1	17.92	8.53	6.46	4.58	9.07	0	0	61.74
SPRING NO.2	13.85	5.06	13.7	4.92	10.46	0	0	74.09
SOLOLA								
EXISTING TANK	30.95	1.88	6.74	3.11	9.76	0	0	59.68
WATER FALL	30.95	11.11	16.6	5.11	9.76	36.92	0	92.61
S.P. SACATEPEQUEZ								
SPRING	21.28	13.69	5.97	2.31	22.32	0	0	100.84

Cuadro 7.2.7 Pozos poco Profundos y Manantiales Existentes

Municipality	Shallow wells						Springs			
	Number	W/Level (GL-m)	Well depth (m)	W/Quality	W/Right	Water Use	Number	W/Quality	W/Right	Water Use
S. J. Pinula	3	3-25	-	Poor	Private	Agriculture-1 Bathing and washing-2	8	Poor	Public	Bathing & washing
S. P. Sacatepéquez	10	1-10	2.6-9	Good	Private	Agriculture-2 Domestic use-8	10	Good-7 Poor-3	Public-5 Private-5	W/S for city-5 Agriculture-3 Domestic use-2
S. M. de Jesús	0	-	-	-	-	-	0 *-1	-	-	-
S. M. Jilotepeque	3	3-20	6-22	Good-2 Poor-1	Private	Domestic use-2 Stand by-1	5	Good	Public-4 Private-1	Domestic use
S. J. Comalapa	26	3.6-10	4-12	Quite-good	Private	Agriculture-2 Domestic use-24	1	Quite-good	Public & private	Washing Drinking & domestic use
Sololá	3 *-3	0.6-26	1.6-28	Quite-good	Private	Aguriculture-1 Drinking & domestic use-1 Washing, bathing & cleaning-1	3	Quite-good	Public-3	Drinking & domestic use Agriculture
S. L. Utatlán	4	8.5-14.5	10-17	Good-1 *-4 Quite-good-3	Private	Drinking & domestic use-4	2	Good-2	Public-1 Private-1	Drinking Washing & domestic use
Momostenango	15<	3-16	6.5-18	Good & quite-good	Private	Drinking & domestic use	1	Quite-good	Public	Drinking
S. F. la Unión	8	5-18	9-22	Quite-good	Private-8 Public-1	Drinking & domestic use Only drinking	2	Quite-good	Public	Drinking, washing & domestic use
Génova	200	5-10	7-15	Quite-good	Private	Drinking & domestic use	0	-	-	-

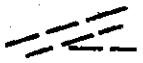
*-1: One spring existed, but it has already dried.
*-2: People drink raw water - good, boiled water - quite-good and do not use for drinking - poor
*-3: One was used until 1993, but it has alredy dried.
*-4: However, 2 % of population have stomach problems every month, and ca. 25 children/month have diarrhea.

LEYENDA (LEGEND)

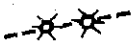
A. Estratigrafia y Litologia (Stratigraphy and Lithology)

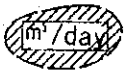
Edad Geologica (Geologic Age)	Unidades Hidrogeologicas (Hydrogeologic Units)			Litologia (Lithology)
Cuaternario (Quaternary)	Acuifero Super (Upper Aquifer)	Qa	Sedimentos Aluviales (Alluvial Sediments)	Sedimentos secundarios de materiales volcanicos (Secondary sediments of volcanic materials)
		Qv	Volcanicos Holocenicos (Holocene Volcanics)	Flujos de lava, lodo, tobas y cenizas (Lava flows, mud flows, tuffs and ashes)
		Qp	Volcanicos Pleistocenicos (Pleistocene Volcanics)	Sedimentos de Pomez con depositos lacustres (Pumice sediments with lake deposits)
Terciario (Tertiary)	Acuifero Infer (Lower Aquifer)	Tv	Volcanicos Terciarios (Tertiary Volcanics)	Flujos de lava y materiales piroclasticos (Lava flows and pyroclastic materials)
				Latita / Dacita y toba soldada (Latitic / Dacitic welded tuffs)
Cretacico (Cretaceous)	Rocas de Basamento (Basement Rocks)		Rocas Intrusivas (Intrusive Rocks)	Graniodiorita, cuarzo diorito etc. (Granodiorite, quartz diorite, etc.)
		Kc	Serie Cretacico (Cretaceous Series)	Rocas calcareas y rocas volcanicas (Calcareous rocks and volcanic rocks)
Paleozoico (Paleozoic)		Pm	Rocas Metamorficas (Metamorphic Rocks)	Pilita y Esquisto (Phyllite and schists)

B. Estructura Geologica (Geological Structure)


Sistema de falla, lineamientos y zonas de fractura.
(Faults, lineaments and fractured zone)

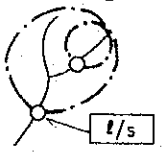
Paredes de calderas y crateres
(Caldera and crater walls)


Conos y cadenas volcanicas
(Volcanic cones and chains)



Cuenca de agua subterránea usada pará la evaluación tentativa : Potencial presumido
(Groundwater basin used for the tentative evaluation : Presumed potential)

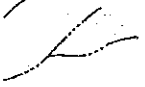
C. Ocurrencia de Agua Superficial (Occurrencia of Surface water)



Cuenca y sub-cuenca de rio
(River basin and sub-basin)

Descarga en estacion seca (1994)
(Discharge in dry season)

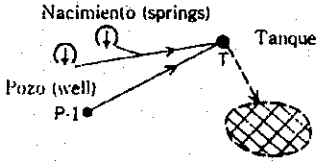
Corriente perenne
(Perenial stream)


Corriente estacional
(Seasonal stream)

Area humeda o pantanosa
(Marsh or swampy area)

Manantial : Descarga en la estacion seca 1994
(Spring Discharge in dry season)

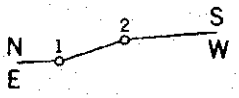
D. Instalaciones de abastecimiento de agua existentes (Existing water supply facilities)



Tanque de distribucion (Distribution tank)

Area de la Ciudad (City area)

E. Otros (Others)



Puntos de Sondeos de Resistividad y Seccion transversal hidrologica
(Electrical resistivity sounding points and hydrological cross section)

Perforación Exploratoria de JICA
(JICA test drilling well)

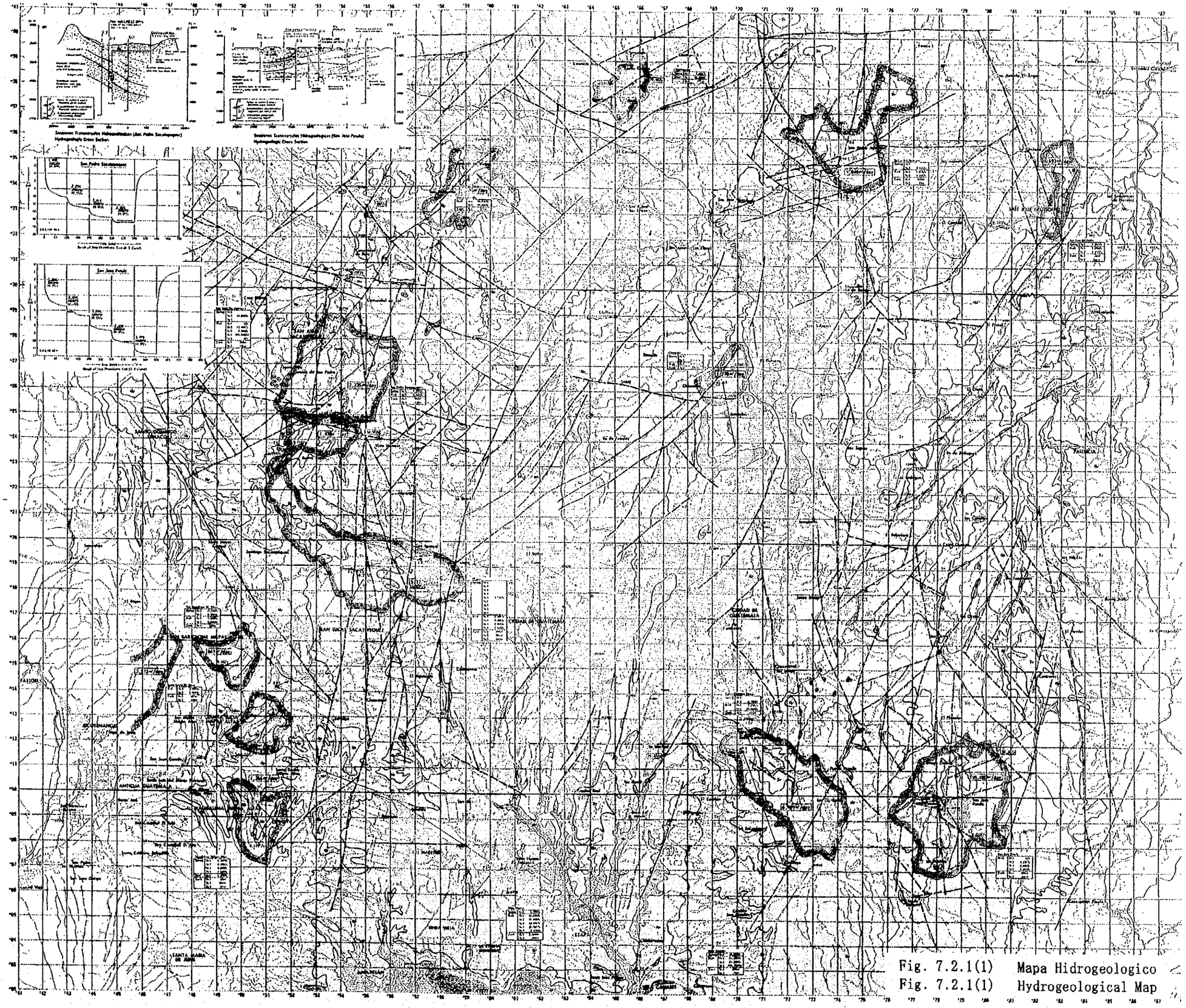


Fig. 7.2.1(1) Mapa Hidrogeologico
Fig. 7.2.1(1) Hydrogeological Map

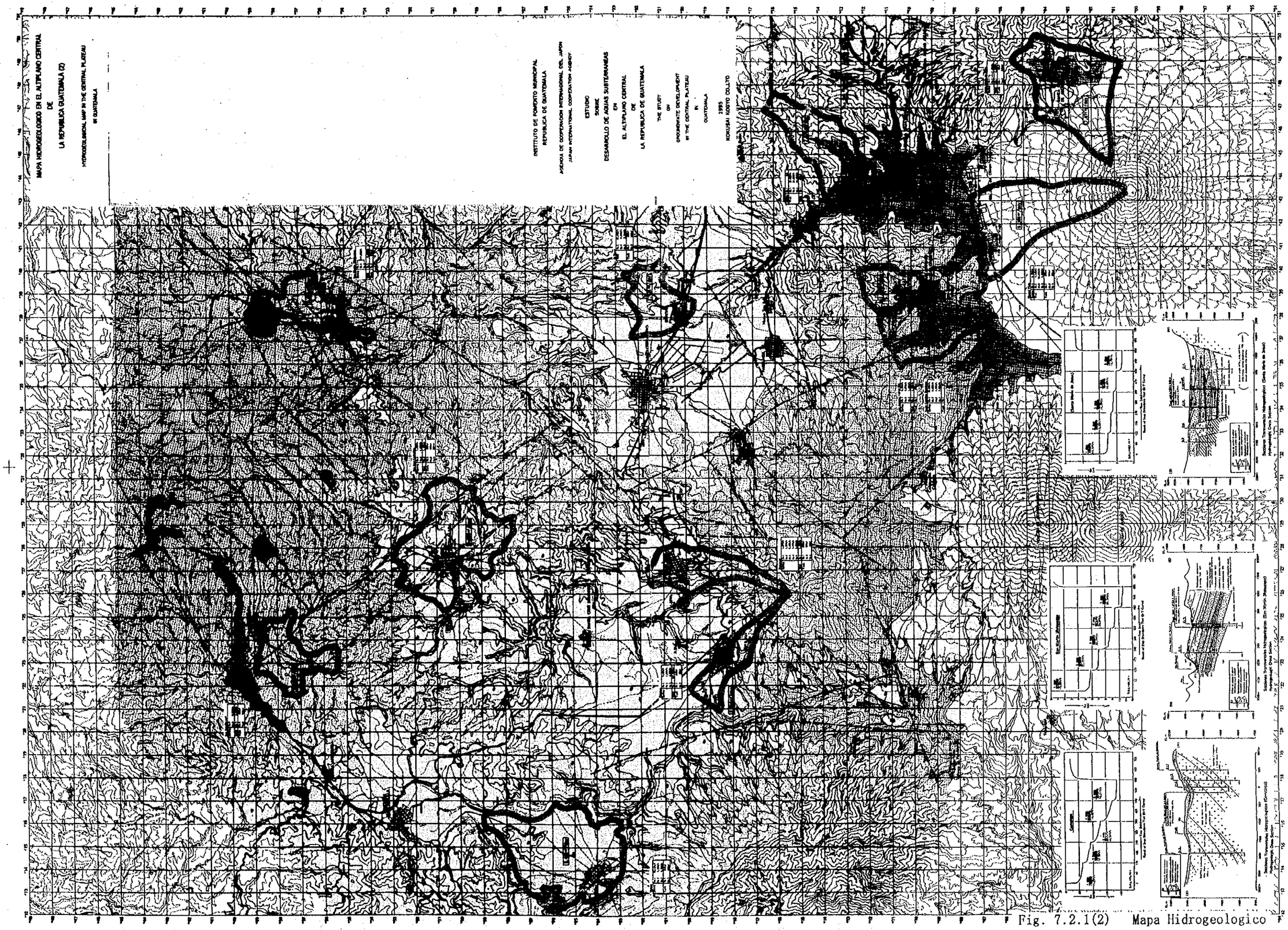


Fig. 7.2.1(2) Mapa Hidrogeologico

Fig. 7.2.1(2) Hydrogeological Map

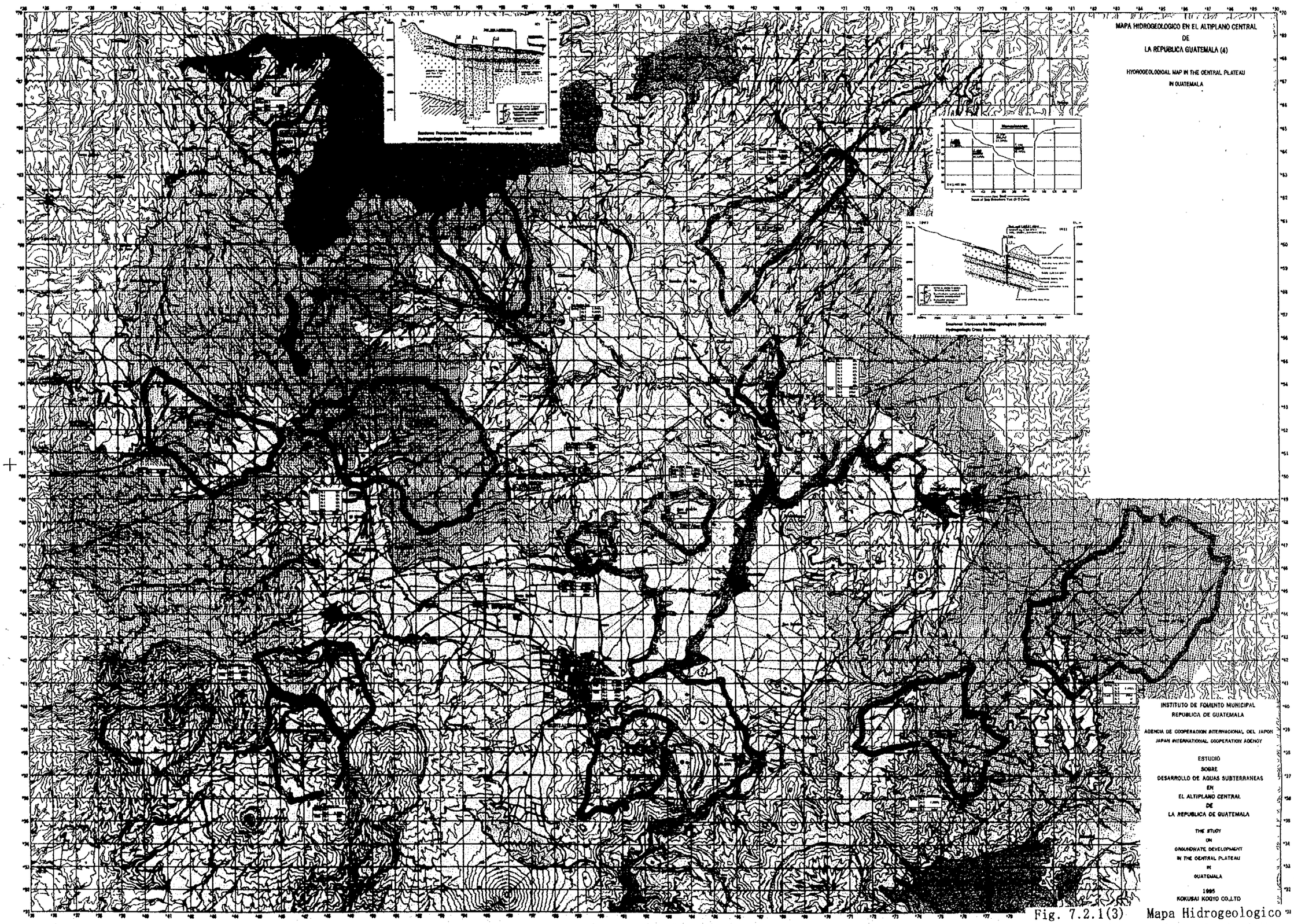


Fig. 7.2.1(3) Mapa Hidrogeologico

Fig. 7.2.1(3) Hydrogeological Map

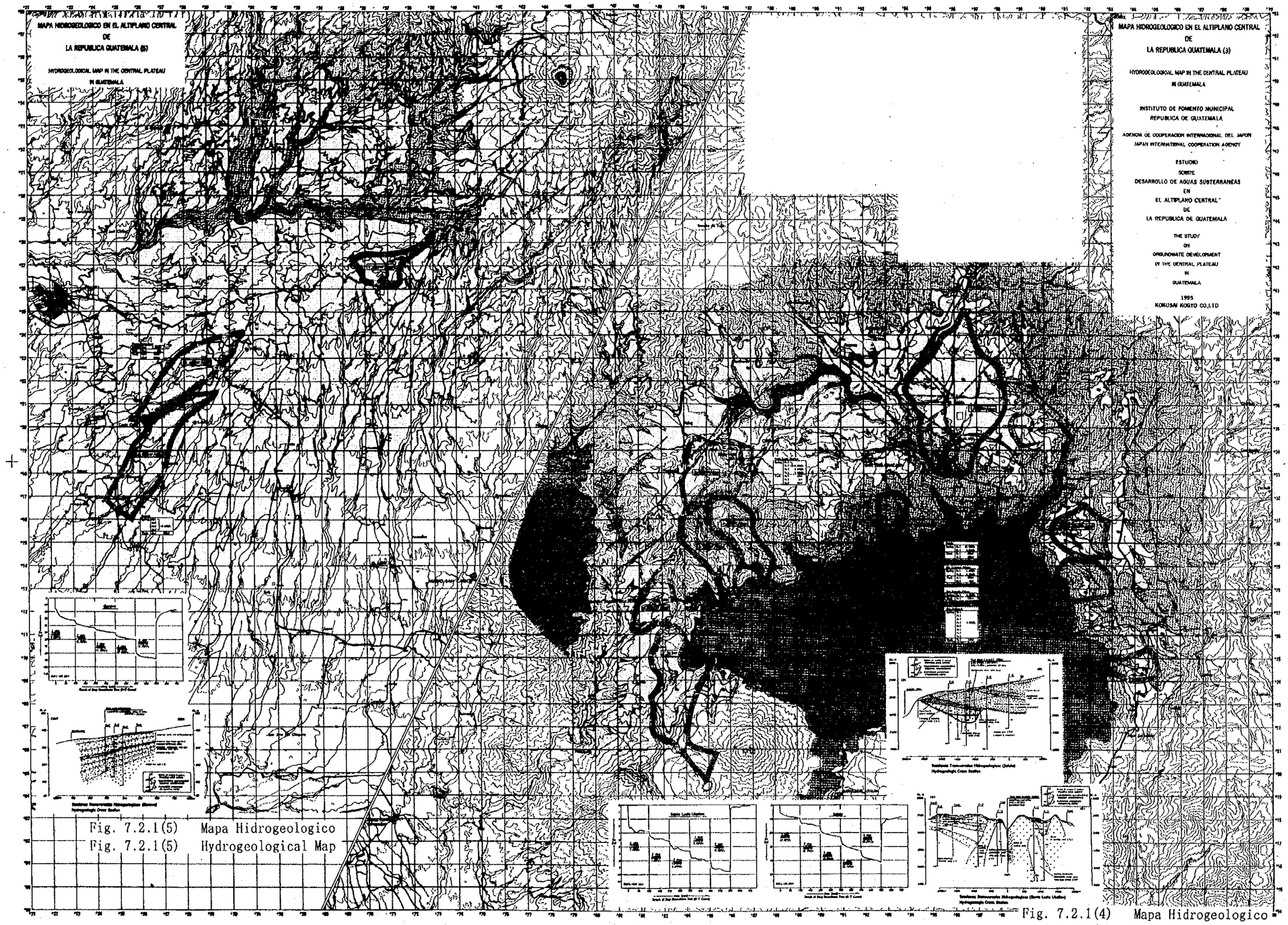


Fig. 7.2.1(5) Mapa Hidrogeologico
Fig. 7.2.1(5) Hydrogeological Map

Fig. 7.2.1(4) Mapa Hidrogeologico
Fig. 7.2.1(4) Hydrogeological Map

7.3 Potencial de Desarrollo de Aguas Subterráneas

7.3.1 Estimación del Potencial de Desarrollo de Aguas Subterráneas

Muy pocas informaciones sobre el desarrollo de las aguas subterráneas se disponen en el Area de Estudio, y por lo tanto, existen pocos datos hidrogeológicos incluyendo los registros de perforación, pruebas de bombeo y monitoreo contínuo del nivel de aguas subterráneas y de precipitación. Esta situación constituye un factor limitante para evaluar detalladamente la escala de desarrollo.

El desarrollo de las aguas subterráneas en el Area de Estudio se basará en los acuíferos superiores e inferiores en los volcánicos plesitocénicos y terciarios.

El acuífero en el volcánico pleistocénico es de alta productividad, aunque su espesor es insuficiente para la producción estable de agua. Por lo tanto, el desarrollo del acuífero en el volcánico terciario será el principal eje para el desarrollo de las nuevas fuentes de agua en el futuro.

Como una evaluación tentativa del potencial, se aplicaron dos métodos, a saber: estimación de la tasa de infiltración en el acuífero por las condiciones geológicas, y el caudal intrínseco en la época seca.

(1) Estimación de la tasa de infiltración

Se estimó la precipitación anual en cada uno de los municipios a partir de los registros disponibles. En el caso de un municipio que no cuenta con una estación meteorológica, se seleccionó la estación más cercana a fin de analizar sus informaciones.

Cada área de recarga fue demarcada sobre un mapa topográfico de escala 1:50,000. Esta área fue utilizada para calcular el potencial de aguas subterráneas. Mientras tanto, las cuencas fluviales fueron consideradas, básicamente, como áreas de recarga. Sin embargo, cuando la cuenca sea demasiado extensa, como son los casos de Villa Canales y Villa Nueva, se aplicó el valor de 50 km2 como el límite superior.

Para el cálculo del potencial de aguas subterráneas se aplicó el factor de infiltración. Este factor indica la proporción de las aguas de lluvia que llegan al acuífero. Los valores adoptados como dicho factor están resumidos en el Informe "Plan Maestro de Riego y Drenaje, Caracterización Hidroclimática e Hidrogeológica" del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación publicado en 1990. La recarga del acuífero estimado de la precipitación anual por geología es la siguiente:

- Roca madre 2%
- Rocas volcánicas terciarias (Tv) 10%
- Rocas volcánicas plesitocénicas (Qp) 15%
- Depósitos aluviales (Qa) 10%
- Rocas volcánicas holocénicas (Qv) 15%

El potencial anual de aguas subterráneas fue calculado mediante la siguiente expresión:

Potencial anual de aguas subterráneas =
Precipitación anual x área de recarga x factor de infiltración

(2) Estimación por flujo del caudal intrínseco

El valor del flujo del caudal intrínseco en la época seca es, generalmente, considerado como la recarga del acuífero. Por lo

tanto, el potencial de aguas subterráneas puede ser calculado sencillamente con este valor y el área de recarga.

En base a los resultados de los registros de descarga durante el período 1960/1980 y los resultados de la medición en abril-mayo de 1994, la descarga específica del flujo intrínseco se estima en alrededor de 5 lit/seg./km2 en la mayoría del Area de Estudio, donde la precipitación anual es de 1,000 mm. Pero el mismo valor sería de 10 lit./seg./km2 hacia el sur de Quetzaltenango donde la precipitación anual es de 3,000 mm. aproximadamente.

Potencial anual de aguas subterráneas=
Flujo intrínseco x Area de recarga

En el Cuadro 7.3.1 se muestran los resultados de ambos cálculos. Estos valores representan una evaluación tentativa, y los valores obtenidos por la infiltración se muestran en el mapa hidrogeológico (Fig. 7.2.1). Este potencial debería ser revisado con los datos de monitoreo indicados en la Sección 7.3.3.

Dicho potencial fue calculado para el área de recarga de cada municipio, y corresponde a la producción total del área.

La capacidad de producción de un pozo se estima en aproximadamente 5 lit./seg., al igual que el valor del flujo intrínseco, debido a que 1 km2 es considerado, generalmente, como una unidad del área de recarga de un pozo, y esta capacidad corresponde a los registros de los pozos existentes.

Sin embargo, los resultados de la perforación de prueba del Estudio muestran que un pozo tiene una capacidad que excede este valor, como se describió en la Sección 7.2, debido a las características hidrogeológicas peculiares del área, en especial del sistema de fallas.

En la siguiente sección se describe con más destalle el potencial de desarrollo de aguas subterráneas en los 10 municipios incluidos en el Estudio de Factibilidad.

7.3.2 Estrategia de Desarrollo de Aguas Subterráneas en los 10 Municipios

De acuerdo con el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas, así como con los resultados de prueba de perforación realizada en los 10 municipios, se formuló la estrategia de desarrollo para cada uno de estos municipios, cuyos resultados aparecen en el Cuadro 7.3.2.

7.3.3 Nivel Freático y Plan de Monitoreo

(1) Objetivos del monitoreo

El desarrollo de las fuentes de aguas subterráneas en el Area de Estudio se halla aún en la fase inicial, por lo que no existe aún el sistema de monitoreo en ninguno de los municipios candidatos.

Los objetivos del monitoreo de las aguas subterráneas requeridos en el Area de Estudio son los siguientes:

- Recoger los datos hidrogeológico básicos necesarios para analizar el balance hídrico en la cuenca hidrogeológica, y evaluar el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas del futuro.

- Recoger los datos hidrogeológicos básicos y datos sobre la calidad de agua, así como sus variaciones temporales, que

son necesarios para el manejo racional de las cuencas de los ríos.

(2) Instalación de los registros de nivel de aguas freáticas y precipitación

Los registros automáticos de precipitación y del nivel freático fueron instalados en los pozos de tres municipios San José Pinula, San Pedro Sacatepéquez y Comalapa.

Cuadro 7.3.1 Evaluación Tentativa del Potencial de Desarrollo de las Aguas Subterráneas (1/2)

No.	Department	Municipality	A.RAIN (mm)	P.Area (km2)	Geology Type	Percentage BR	Tv	Qv	Qp	Qa	Potential (m3/day) by filtration	by base flow
1	Guatemala	Chinautla	1135	3	TVQP	10	-	-	90	-	1278	1296
2		Chuarrancho	1063	4	BR	-	-	-	-	-	-	-
3		Mixco	1197	16	TVQP2	-	80	-	20	-	5772	6912
4		San José del Golfo	1063	3.5	BR	40	60	-	-	-	693	1512
5		San José Pinula	1650	16	TVQP2	-	10	-	90	-	10488	6912
6		San Juan Sacatepéquez	1032	14	BR	70	-	-	30	-	2335	6048
7		San Raymundo	1122	7	BR	10	30	-	60	-	2626	3024
8		Santa Catarina Pinula	1343	12	TVQP	-	10	-	90	-	6400	5184
9		Villa Canales	1524	50	TVAL	-	60	-	40	-	25052	21600
10		Villa Nueva	1213	50	TVQP	-	-	-	100	-	24925	21600
11		San Pedro Ayampuc	1063	10	BR	80	20	-	-	-	1048	4320
12		San Pedro Sacatepéquez	1032	4	TVQP2	-	40	-	60	-	1470	1728
13	Sacatepéquez	Ciudad Vieja	992	15	QV	-	30	40	-	40	5300	6480
14		Jocotenango	1031	11.5	TVAL	-	80	-	20	-	3573	4968
15		Magdalena Milpas Altas	1031	4		-	60	-	40	-	1356	1728
16		San Antonio Aguas C.	992	5	TVAL	-	90	-	-	10	1359	2160
17		San Bartolome M. Altas	1031	3	TV	-	100	-	-	-	847	1296
18		Santa Lucía M. Altas	1031	2.5	TVQP2	-	20	-	80	-	989	1080
19		Santa María de Jesus	1229	14	QV	-	-	100	-	-	7071	6048
20		Santa Catarina Barahona	992	3	TVAL	-	70	-	-	30	815	1296
21	Chimaltenango	Comalapa	1414	16	TVQP2	-	40	-	60	-	8058	6912
22		El Tejar	1234	6	TVQP	-	60	-	40	-	2434	2592
23		Patzicia	1283	5.5	TVQP2	-	30	-	70	-	2610	2376
24		Patzun	1283	18	TVQP2	-	-	-	100	-	9491	7776
25		San Jose Poaquil	1272	6.5	TV	-	100	-	-	-	2265	2808
26		San Martín Jilotepeque	1272	7		-	-	-	100	-	3659	3024
27		Zaragoza	1283	7	TVQP2	-	60	-	40	-	2953	3024

Cuadro 7.3.1 Evaluación Tentativa del Potencial de Desarrollo de las Aguas Subterráneas (2/2)

No.	Department	Municipality	A.RAIN (mm)	P.Area (km2)	Geology Type	Percentage BR	Tv	Qv	Qp	Qa	Potential (m3/day) by filtration	by base flow
28	Sololá	Sololá	1081	18.5	TVQP2	-	10	-	90	-	7945	7992
29		Nahualá	1341	41	TVQP2	-	90	-	10	-	15816	17712
30		San Andres Semetabaj	1010	4	TVQP2	-	50	-	50	-	1384	1728
31		San Antonio Palopo	1010	2.5	TV	-	70	-	30	-	796	1080
32		San Juan la Laguna	1010	13		-	50	-	40	10	4317	5616
33		San Marcos la Laguna	1010	6	TVAL	-	90	-	-	10	1660	2592
34		San Pablo la Laguna	1010	6	TVAL	-	90	-	-	10	1660	2592
35		Santa Catarina Ixtahuaca	1341	16	TV	-	70	-	30	-	6760	6912
36		Santa Catarina Palopo	1010	3.5	TV	-	90	-	10	-	1017	1512
37		Santa Clara la Laguna	1010	3	TVQP2	-	10	-	90	-	1204	1296
38		Santa Cruz la Laguna	1010	2	TVAL	-	5	-	95	-	816	864
39		Santa Lucia Utatlán	1341	5	TVQP2	-	30	-	70	-	2480	2160
40	Totonicapán	Momostenango	1341	18	TV	-	100	-	-	-	6613	7776
41		San Andres Xecul	843	6	TVQP	-	50	-	50	-	1732	2592
42		San Francisco el Alto	1341	4.5	TVQP2	-	50	-	50	-	2067	1944
43	Quezaltenango	Almolonga	1594	11	TVQP	-	70	-	30	-	5524	4752
44		Colomba	3423	5	QV	-	-	100	-	-	7034	2160
45		Concepcion Chiquirichapa	2100	10.5	TVQP2	-	70	-	30	-	6947	4536
46		Cajola	1057	34	TVQP	-	95	-	5	-	10092	14688
47		Flores Costa Cuca	3640	9	QV	-	-	100	-	-	13463	3888
48		Génova	3640	10	QV	-	-	100	-	-	14959	4320
49		Huitan	936	5.5	BR	50	50	-	-	-	846	2376
50		Olintepeque	843	3.5	TVQP	-	70	-	30	-	930	1512
51		Palestina de los Altos	1027	17	TV	-	70	-	30	-	5501	7344
52		San Carlos Sija	1027	18	TVQP2	30	30	-	40	-	4862	7776
53		San Francisco la Union	843	6	TVQP2	-	30	-	70	-	1871	2592
54		San M. Sacatepéquez	2100	10	TVQP	-	80	-	20	-	6329	4320

Cuadro 7.3.2 Estrategia de Desarrollo de Aguas Subterráneas en los 10 Municipios

Municipality	Groundwater Development Potential (m³/day)	Water Demand in 2010 / Supply Shortage (m³/day)	Outline of Test Drilling and Pumping Test Results: Geological Composition of the Major Aquifer	Static Water Level (m – G.L)	Pumping Rate (m³/day)	Drawdown	Groundwater Development Strategy	Remaining Potential (m³/day)
San José Pinula (Gu 2)	10,488	3,095 / 2,277	Basaltic to rhyolitic fractured lava (Tv), and gravel beds with quartz sand	6.84	2,696	11.90	Pumping of 2,277 m³/day from the well formerly used as a test well	7,393
San Pedro Sacatepéquez (Gu 8)	1,470 – 1,728	1,572 / 1,278	Partially fractured basaltic to andesitic lava (Tv)	41.56	1,744	67.29	Pumping of 1,278 m³/day from the well formerly used as a test well	–290 (–32)
Santa María de Jesus (Sa 11)	7,071	2,308 / 1,617	Volcanic rocks (Qv) and lake deposits (Qa) which fill up the crater. Basement is impermeable (Tv).	163.16	(3,041) 1,537	(11.84) 3.53	Pumping of 1,617 m³/day from the well formerly used as a test well	4,763
San Martín Jilotepeque (Ch 4)	3,659	1,855 / 1,337	Fractured and auto–brecciated andesitic to basaltic lava (Tv)	82.00	2,163	9.63	Pumping of 1,337 m³–day from the well formerly used as a test well	2,109
San Juan Comalapa (Ch 4)	8,058	2,493 / 1,954	Partially fractured welded tuff (Tv)	28.94	1,363	156.40	Pumping of 1,000 m³/day each from the well to be constructed and the well formerly used as a test well	4,265
Sololá (So 1)	7,945	4,799 / 2,172	Partially fractured welded tuff (Tv)	71.63	2,125	54.86	Pumping of 1,100 m³/day each from the well to be constructed and the well formerly used as a test well	1,885
Santa Lucía Utatlán (So 4)	2,480	506 / 344	Fractured and auto–brecciated dacitic rocks (Tv)	131.45	883	9.13	Pumping of 344 m³/day from the well formerly used as a test well	1,974
Momostenango (To 5)	6,613	2,595 / 1,955	Fractured dacitic and andesitic lava (Tv), and tuffaceous sandstone	63.50	1,090	70.30	Pumping of 1,000 m³/day each from the test well and the new well	3,431
San Francisco la Unión (Qu 21)	1,871	271 / 271	Upper aquifer: Pumice sediments (Qp), Lower aquifer: Fractured andesite (Tv)	–	–	–	Produce 271 m³/day from 2 dug wells (new), or from 1 borehole well (new)	1,600
Génova (Qu 21)	14,959	770 / 770	Pyroclastic rocks, volcanic mudflow, andesitic tuffbreccia (Tv)	27.85	1,096	88.36	Pumping of 770 m³/day from the well formerly used as a test well	14,189

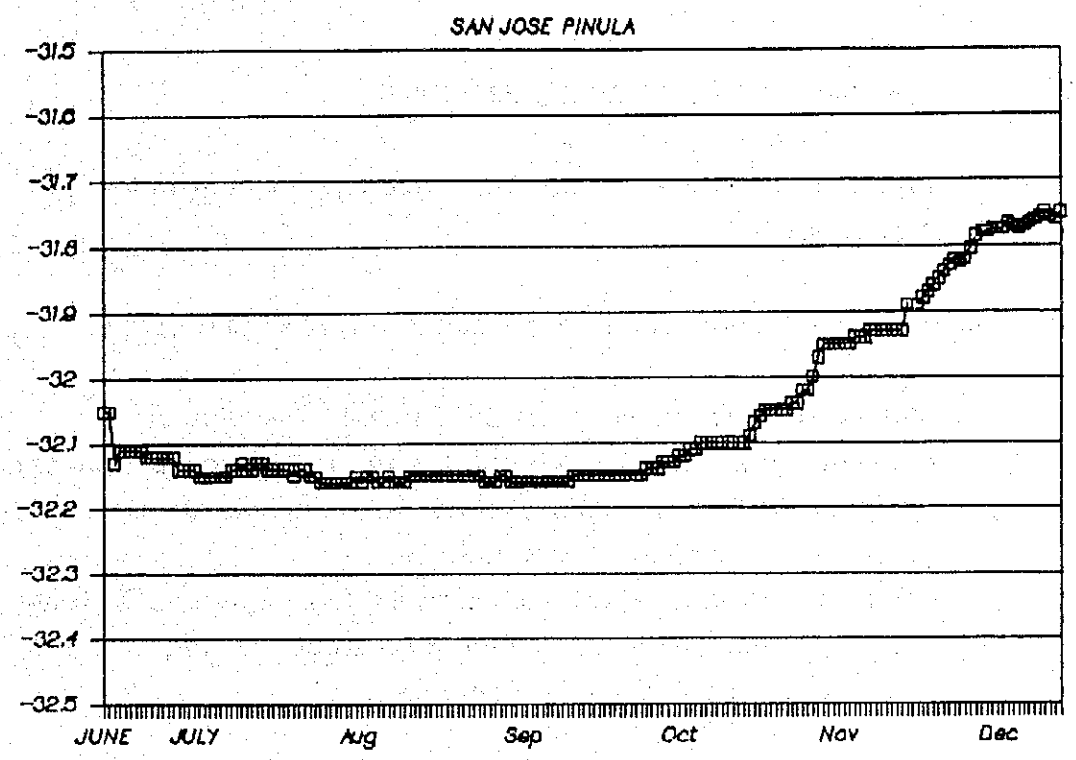


Figura 7.3.1 Nivel Freático Diario en San José Pinula

8. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

8.1 Impactos Provocados por los Pozos poco Profundos y Manantiales

Los tópicos estudiados según área fueron los siguientes:

- Número de los pozos poco profundos y manantiales existentes en las proximidades de los pozos propuestos
- Derecho de uso de agua y modalidad actual de uso de los pozos poco profundos y manantiales
- Condiciones hidrogeológicas como las características del acuífero, nivel de agua y calidad de agua de los pozos poco profundos y manantiales.

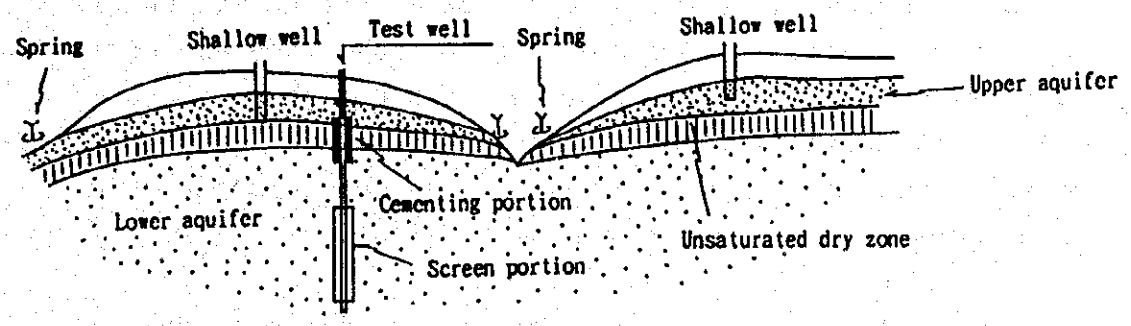
Los resultados fueron resumidos en el Cuadro 8.3.2, según el cual existen numerosos pozos de poca profundidad y manantiales en las áreas que son aprovechados para fines domésticos y agrícolas. Sin embargo, la construcción de los pozos profundos no provocarán impactos sobre los pozos y manantiales existentes, debido a las siguientes condiciones hidrogeológicas:

(a) Los pozos y manantiales existentes en las áreas toman las aguas del acuífero superior formado en los depósitos aluviales (Qa) y sedimentos de pómez (Qp), y se localizan sobre el estrato superior erosionado de las rocas volcánicas terciarias.

(b) Las rejillas de los pozos profundos serán instaladas en los acuíferos inferiores que pertenecen a la formación de las rocas volcánicas terciarias (Tv). Estos acuíferos inferiores son abiertos o semicerrados.

(c) Una zona seca no saturada separa el acuífero inferior del superior.

(d) La infiltración de las aguas subterráneas desde el acuífero superior hacia el inferior a través de la zona seca no saturada podrá ser controlada mediante cementación, como se muestra en la siguiente figura:



8.2 Impacto Provocado por las Aguas Servidas Domésticas

Se estudió la condición de las aguas servidas domésticas en los diez municipios mediante encuestas, con el fin de evaluar el impacto del proyecto sobre la calidad y el volumen de las aguas servidas.

(1) Sistema actual de alcantarillado

Un buen porcentaje de las viviendas en 9 de los 10 municipios está conectado con los sistemas de alcantarillado (de 50 a 100%), excepto en S. F. La Unión.

Estos sistemas pueden ser agrupados en tres tipos siguientes:

Tipo 1: Sistema que colecta las aguas cloacales y servidas
Tipo 2: Sistema combinado de aguas pluviales y servidas
Tipo 3: Sistema separado para aguas cloacales/servidas y pluviales.

El sistema Tipo 3 sólo se halla construido en S. P. Sacatepéquez (Cuadro 8.3.3).

Se desconoce el número exacto de las viviendas equipadas de retretes de agua corriente y tampoco se sabe si el sistema utiliza el agua suministrada o almacenada para el lavado. Sin embargo, debido a que los baños están equipados generalmente de ducha y retrete en un mismo local, se deduce que el número de las viviendas con ducha corresponde al número de viviendas con retretes de agua corriente. Génova, sin embargo, es una excepción, debido a que el 25% de las viviendas están equipadas de los retretes de agua corrientes, que generalmente están conectados con el sistema de alcantarillado.

Excepto en S. J. Comalapa y Sololá, estos sistemas de alcantarillado no están dotados de las plantas de tratamiento, y las aguas servidas colectadas son directamente descargadas a las quebradas, ríos y lagos, ocasionando contaminación de las aguas superficiales.

(2) Calidad y volumen de las aguas servidas

Las informaciones sobre la calidad de las aguas servidas obtenidas mediante la entrevista fueron la composición de las aguas servidas (% de viviendas y población en las cabeceras municipales), generalmente, provenientes de los retretes, cocinas, baños y lavaderos privados y públicos.

Un buen porcentaje de las aguas servidas se compone de las aguas provenientes de las cocinas y lavaderos públicos y privados (56-100%). El sistema de alcantarillado de algunos municipios colectan también las aguas de lluvia, además de las aguas servidas.

S. F. la Unión no dispone del sistema de alcantarillado, por lo que los efluentes provenientes de las cocinas, lavaderos y baños

drenan naturalmente hacia los ríos o se infiltran en los terrenos. Sin embargo, las aguas servidas no contienen la excreta humana puesto que los residentes de estos municipios utilizan todavía las letrinas.

Supuestamente, el volumen de las aguas servidas equivale al volumen de agua utilizada con fines domésticos. Sin embargo, no se disponen de registros sobre el volumen de uso de agua, debido a que no se tienen instalados los medidores de agua, y la tarifa del servicio se basa en el número de chorros de cada vivienda.

El volumen de suministro y las aguas servidas colectadas a través de los sistemas de alcantarillados se estiman entre 50 y 100%, dependiendo principalmente del tipo de los baños. En los municipios sin sistemas de alcantarillado, el porcentaje fue considerado como nulo. En los Cuadros 8.3.6 y 8.3.7 se describen el volumen actual de las aguas servidas y el volumen incrementado, respectivamente. El volumen de aguas servidas después de incrementar el volumen de suministro fue estimado utilizando los mismos factores aplicados para la estimación del volumen actual de aguas servidas. En este cálculo, la población, el porcentaje de viviendas conectadas al sistema de alcantarillado y otros factores fueron determinados en base a los resultados de las entrevistas.

Se efectuó el mismo cálculo para el año 2010, asumiendo una tasa de crecimiento poblacional igual en todos los municipios equipados del sistema de alcantarillados.

La mayoría de los ríos y quebradas próximos a las áreas urbanas de los diez municipios se encuentra seriamente contaminada debido a la descarga directa de las aguas servidas sin previo tratamiento.

El volumen descargado de las alcantarillas incrementaría en concordancia con el incremento del volumen de suministro, aún cuando el porcentaje de las viviendas con retretes de agua corriente se mantenga igual que ahora. El volumen descargado aumentaría en 1.1 y 4.6 veces en S.M. Jilotepeque y S.M. de Jesús, respectivamente, en el caso de incrementar el volumen de suministro.

Las estimaciones para el año 2010 muestran que el volumen se vería aumentado en 1.5 y 12.3 veces en S.M. Jilotepeque y S.M. de Jesús, respectivamente, frente al volumen actual.

Por consiguiente, las aguas servidas constituirán el mayor factor contaminante en el futuro, aunque se observó que la carga no aumentaría en la misma proporción a la condición real.

La carga de contaminación fue obtenida multiplicando el volumen de las aguas servidas por la concentración de los diferentes parámetros. Así, se supo que el incremento del volumen de suministro no tendrá una incidencia importante en la carga de contaminación.

El incremento de la población, sin embargo, podría influir considerablemente en la carga de contaminación.

8.3 Impacto Provocado por Ruidos, Vibración, etc. de Construcción

Los efectos de los ruidos de perforación y del flujo de lodo en las áreas pobladas fueron determinados a través de las entrevistas a los residentes que viven en la cercanía de los sitios de perforación en San José Pinula, San Martín Jilotepeque, San Francisco La Unión y Génova. Los sitios de perforación se localizan en las calles de los municipios

mencionados.

Ninguno de los residentes reclamaron por las actividades de perforación, incluyendo los trabajos nocturnos utilizando generadores de motor diesel. Tampoco hubo reclamo sobre el lodo del pozo, debido a que éste circulaba casi completamente dentro de un sistema cerrado entre la fosa de lodo y el pozo, sin drenarse ningún excedente hacia afuera.

El único reclamo expresado por los residentes fue el derroche de agua durante los trabajos de perforación y prueba de bombeo.

Por lo tanto, el presente proyecto de desarrollo de las aguas subterráneas no provocará ningún efecto adverso al medio ambiente, dado que los trabajos de perforación no traerán consigo serios impactos.

Tampoco ocurrirá el hundimiento que puede resultar normalmente por el exceso de bombeo, puesto que casi la mayoría de los pozos será perforada en las áreas geológicas de formaciones volcánicas sin estratos delgados de arcilla. El hundimiento de las tierras sólo ocurre al desarrollar las aguas subterráneas en áreas donde depósitos aluviales, especialmente de materiales arcillosos, constituyen un estrto de gran grosor y cubren una gran extensión.

9. PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA EN LOS DIEZ MUNICIPIOS

9.1 Formulación del Proyecto en los 10 Municipios

9.1.1 Plan de Desarrollo de Aguas Subterráneas como Fuentes Complementarias

De acuerdo con los resultados del Estudio sobre el potencial de desarrollo de las aguas subterráneas en los 10 municipios y sus alrededores descritos en el Capítulo 7, y la proyección de la demanda de agua descrita en el Capítulo 4, se formuló un plan de desarrollo de las aguas subterráneas como fuentes complementarias de agua.

El plan de desarrollo del volumen necesario de producción fue elaborado con los siguientes criterios básicos.

a. El año meta se estableció en 2010.

b. El volumen a ser desarrollado en cada municipio es básicamente la diferencia entre la demanda en 2010 y el volumen suministrado en 1994, como se muestra en el Cuadro 9.1.1, salvo en los casos correspondientes a los siguientes ítems "c", "d" y "e".

c. Se reemplazarán por las aguas subterráneas las fuentes existentes en los lugares donde la calidad de las aguas crudas suministradas se ve deteriorada por la contaminación acelerada en los últimos años. En este caso, el volumen de las fuentes existentes no será incluido en el cálculo (San Martín Jilotepeque).

d. Se construirán nuevos pozos para reemplazar los pozos de producción existentes que se encuentran deteriorados. En tal

caso, el volumen de los pozos existentes no será incluido en el cálculo (San Francisco La Unión).

e. En los lugares donde los manantiales existentes no habían sido completamente desarrollados debido al costo elevado de la energía de bombeo, se considerará aumentar el volumen de toma de estas fuentes, además de desarrollar las aguas subterráneas (San Juan Comalapa). Esta consideración se basa, también, en el hecho de que el desarrollo de un gran volumen de las aguas subterráneas no resulta efectivo al considerar sus costos.

El desarrollo de las aguas subterráneas en los 10 municipios será ejecutado tomando las debidas consideraciones del potencial estimado para cada área, a modo de asegurar el bombeo a largo plazo.

9.1.2 Plan de Construcción de Sistemas de Suministro

El alcance de los trabajos de construcción de los sistemas de suministro de agua en los 10 municipios fue inicialmente limitado en los siguientes puntos:

a. Perforación de pozos e instalación de bombas

b. Construcción de un sistema de conducción que conecta los pozos perforados con los tanques de distribución existentes

El estudio detallado de las instalaciones existentes, sin embargo, puso de manifiesto que el contenido mencionado no resulta suficiente para mejorar el nivel de servicio actual en algunos municipios, aún cuando sean desarrolladas nuevas fuentes. Esto se debe, principalmente, a la capacidad limitada del tanque de distribución actual. Por lo tanto, se decidió

incluir la construcción de tanques de distribución de gran capacidad, a fin de aumentar efectivamente el volumen de suministro.

Se construirán reservorios además, de los tanques existentes en 8 municipios, con capacidad suficiente para asegurar el suministro por 8 horas (los tanques existentes en 2 municipios ya están dotados de suficiente capacidad).

El número de pozos, inicialmente propuesto, fue reducido en vista de que los pozos de prueba eran más productivas de lo que se había esperado. El uso efectivo de estos pozos de prueba permitirá satisfacer la demanda de 7 municipios en 2010.

Se debe construir un pozo en cada uno de los siguientes municipios: San Juan Comalapa, Sololá y Momostenango, además de utilizar los pozos de prueba. También sería necesario construir otro pozo en San Francisco la Unión, puesto que el pozo de prueba no resultó productivo.

En el Cuadro 9.1.2 se detallan las instalaciones propuestas en los 10 municipios.

9.1.3 Costo de Construcción de Sistemas

El costo total de construcción de las instalaciones propuestas en los 10 municipios se estima en unos US$ 4.0 millones. Al incluir los gastos administrativos y de ingeniería, así como la contingencia de 10%, el costo del proyecto sumaría un total de US$ 4.8 millones, como se muestra en el siguiente Cuadro.

Costo Total del Proyecto

Rubros	Moneda extranjera	Moneda nacional	Total
Construcción	2,564,005	1,430,333	3,994,338
Administración e Ingeniería	230,760	128,729	359,489
Sub-total	2,794,765	1,559,062	4,353,827
Contingencias	153,840	286,066	439,906
Total	2,948,605	1,845,128	4,793,733

El costo del proyecto por municipio se detalla en el siguiente cuadro.

Costo de Proyecto en los 10 Municipios

	Moneda extranjera	Moneda nacional	Total
S. J. Pinula	167,335	150,513	317,848
S.P. Sacatepéquez	153,398	30,375	183,773
S. M. de Jesús	176,775	243,100	419,875
S. M. Jilotepeque	166,145	32,137	198,282
San Juan Comalapa	1,014,225	365,844	1,380,069
Sololá	465,109	544,262	1,009,371
Santa Lucía Utatlán	167,380	109,773	277,153
Momostenango	301,311	168,276	469,587
S. F. la Unión	127,205	104,850	232,055
Génova	209,723	95,997	305,720
Total	2,948,606	1,845,127	4,793,733

Las bases del cálculo son las siguientes:

a. Fecha del cálculo: diciembre de 1994
b. Tipo de cambio: US$1.00=Q.5.75
c. La estimación de costs fue efectuada tanto en dólares

estadounidenses como en moneda nacional

Moneda extranjera

- Motor sumergible, bombas y otros accesorios
- Paneles de control
- Rejillas y encamisados
- Tubos dúctiles de hierro fundido
- Costo de ingeniería de los consultores extranjeros (servicio de consultoría extranjera)

Moneda nacional

- Perforación de los pozos
- Mano de obra
- Hormigón, arena y grava
- Barra de refuerzo
- Combustible, aceite, etc.
- Costo de ingeniería (servicio de consultoría nacional)

d. Contingencia de 8% para moneda extranjera, y de 20% para el moneda nacional considerando la variación del tipo de cambio

Cuadro 9.1.1 Producción de Agua en 1994 y Volumen Faltante en 2010

No.	Municipality	Population in 2010	Planned daily Supply Per Capita (l/c/d)	Water Demand in 2010 (m3/day)	Water Production in 1994				Max. Cap. of Existing Sources in 2010				Production Shortage in 2010 (m3/day)	Capacity of New Well (m3/day)	Number of Required Well *
					Natural Flow Spring	Pumped up Spring Water	Wells	Total (m3/day)	Natural Flow Spring	8-hour Pumping from Spring	24-hour Pumping from Wells	Total (m3/day)			
Gu 2	San Jose Pinula	19,970	155	3,095	-	-	821	821	-	-	818	818	-2,277	2,920	1 (0)
Gu 8	San Pedro Sacatepequez	10,140	155	1,572	-	122	98	220	-	-	294	294	-1,278	1,745	1 (0)
Sa11	Santa Maria de Jesus	14,890	155	2,308	-	-	173	173	-	-	691	691	-1,617	3,041	1 (0)
Ch 3	San Martin Jilotepeque	11,968	155	1,855	605	-	259	864	-	-	518	518	-1,337	2,186	1 (0)
Ch 4	San Juan Comalapa	19,408	155	3,008	371	27	112	510	371	144	539	1,054	-1,954	985	2 (1)
So 1	Solola	30,960	155	4,799	2,627	-	-	2,627	2,627	-	-	2,627	-2,172	1,909	2 (1)
So 4	Santa Lucia Utatlan	4,773	106	506	162	-	-	162	162	-	-	162	-344	821	1 (0)
To 5	Momostenango	16,740	155	2,595	346	294	-	640	346	294	-	640	-1,955	1,089	2 (1)
Qu18	San Francisco la Union	2,561	106	271	-	4	-	4	-	-	-	0	-271	821	1 (1)
Qu21	Genova	7,267	106	770	267	-	-	267	-	-	-	0	-770	1,365	1 (0)

* ( ) shows actual required number of well

Cuadro 9.1.2 Instalaciones del Proyecto

No.	Municipality	Well: Pumping Rate l/s	Well: Pumping Rate GPM	Well: Pumping Level m	Transmission Pipe: Elevation Difference m	Transmission Pipe: Pipe Diameter mm	Transmission Pipe: * Distance m	Transmission Pipe: Head Loss m	Transmission Pipe: Flow Velocity m/s	Specified Pump Head (A)+(B)+(C) m	Distribution pipe: Pipe Diameter mm	Distribution pipe: Distance m	Distribution pipe: Head Loss m	Distribution pipe: Flow Velocity m/s	Required Additional Tank Vol. m3
Gu 2	San Jose Pinula	26.4	420	25	80	150	1.200	31.13	1.490	136.13	-	-	-	-	300
Gu 8	San Pedro Sacatepequez	14.8	230	60	40	150	1.200	10.66	0.840	110.66	-	-	-	-	-
Sa11	Santa Maria de Jesus	18.7	300	175	120	150	1.000	13.70	1.060	308.70	-	-	-	-	540
Ch 3	San Martin Jilotepeque	15.5	250	95	50	150	1.300	12.58	0.880	157.58	-	-	-	-	-
Ch 4	San Juan Comalapa No. 1	11.3	180	105	60	150	1.100	5.93	0.640	170.93	150	3.315	-	-	-
	San Juan Comalapa No. 2	11.3	180	105	80	150	1.200	6.47	0.640	191.47	100	4.455	-	-	270
So 1	Solola No. 1	12.6	200	100	0	150	30	0.20	0.710	100.20	150	2.500	59.50	1.430	1.040
	Solola No. 2	12.6	200	100	-20	150	1.100	7.25	0.710	87.25	-	-	-	-	-
So 4	Santa Lucia Utatlan	4.0	60	140	80	100	900	5.11	0.510	225.11	100	1.000	20.49	1.020	169
To 5	Momostenango No. 1	11.3	180	140	80	150	800	4.31	0.640	224.31	-	-	-	-	-
	Momostenango No. 2	11.3	180	140	80	150	1.200	6.47	0.640	226.47	-	-	-	-	180
Qu18	San Francisco la Union	3.1	50	180	100	100	1.000	3.54	0.390	283.54	-	-	-	-	90
Qu21	Genova	8.9	140	120	50	150	1.000	3.46	0.500	173.46	100	800	19.97	2.270	130

* Distance from well to distribution tank

9.2 Operación y Mantenimiento de las Instalaciones de Suministro

9.2.1 Plan de Operación y Mantenimiento

Las nuevas instalaciones de suministro en cada uno de los 10 municipios serán operadas y mantenidas por un operador debidamente capacitado y un asistente. El operador será responsable de la operación diaria de las instalaciones de bombeo y de la inspección periódica de todo el sistema, incluyendo las labores de ajuste, reparación y cambio. El asistente, por su lado, además de asistir al operador, será también responsable de reforzar el sistema de contabilidad y recaudación de tarifa facturada.

INFOM será responsable de impartir capacitación al personal asignado para realizar dichas tareas.

9.2.2 Costos de Operación y Mantenimiento

El costo de operación consiste principalmente del costo de la energía eléctrica para la operación de bombas y de los gastos de cloro y del personal. Por otro lado, el costo de mantenimiento incluye los gastos para la reparación y cambio del equipo de bombeo, y ocasionalmente para la renovación de los tubos de distribución. El costo de electricidad fue calculado a partir del costo unitario de Q.0.6 por 1 KWH y de acuerdo con la potencia requerida para cada sistema según municipio.

El costo de mantenimiento fue determinado en 10 % del costo del equipo de bombeo. En el siguiente cuadro se presenta el costo total de operación y mantenimiento según municipio:

Costos de Operación y Mantenimiento en los 10 Municipios

No.	Municipios	Operación			Mante-	Total	
		Elect.	Cloro	Pers.	nim.	Q/mes	Q.año
Gu 2	S. J. Pinula	18,922	279	2,000	1,374	22,296	267,552
Gu 8	S.P. Sacatepéquez	10,092	141	2,000	886	12,987	155,736
Sa11	S. M. de Jesús	31,536	208	2,000	2,452	35,988	431,856
Ch 3	S. M. Jilotepeque	10,092	140	2,000	959	13,051	156,612
Ch 4	San Juan Comalapa	10,092	271	2,000	1,044	13,136	157,632
So 1	Sololá	7,569	432	2,000	1,005	10,574	126,888
So 4	Santa Lucía Utatlán	5,046	46	2,000	944	7,990	95,880
To 5	Momostenango	12,614	234	2,000	1,063	15,677	188,124
Qu18	S. F. la Unión	5,046	24	2,000	918	7,964	95,568
Qu21	Génova	10,092	69	2,000	1,018	13,110	157,320
	TOTAL	119,257	1,844	20,000	11,663	152,764	1,833,168