

REPUBLICA DE GUATEMALA
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA)

INFORME FINAL

DEL

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA
EL DESARROLLO DEL
PROYECTO DE AGUA SUBTERRANEA
(PARA EMERGENCIA I)**

VOLUMEN I

TEXTO PRINCIPAL

SEPTIEMBRE 1986

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON
(JICA)

S	D	S
SECRET		
86 - 112		

JICA LIBRARY



1029687[5]

REPUBLICA DE GUATEMALA
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA)

**INFORME FINAL
DEL
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA
EL DESARROLLO DEL
PROYECTO DE AGUA SUBTERRANEA
(PARA EMERGENCIA I)**

**VOLUMEN I
TEXTO PRINCIPAL**

SEPTIEMBRE 1986

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON
(JICA)

国際協力事業団	
受入 月日 '86.10.03	611
登録No. 15450	61.8
	SDS

PREFACIO

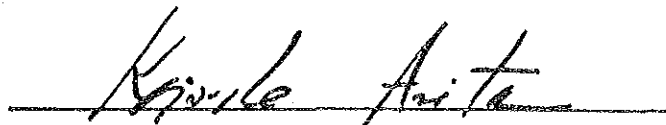
En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Guatemala, el Gobierno del Japón decidió llevar a cabo un estudio de factibilidad sobre el Proyecto de Desarrollo de Agua Subterránea en la Ciudad de Guatemala, y se realizó el estudio a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, la cual envió una misión de estudios encabezada por el Sr. Ikuro Inamori, del Chuo Kaihatsu International S.A., de julio de 1985 a marzo de 1986, y de mayo a julio de 1986.

La misión intercambió opiniones sobre el Proyecto con las autoridades competentes del Gobierno de Guatemala mientras se realizaba un estudio en el área. Después del retorno de la misión al Japón se realizaron estudios adicionales y se ha preparado el presente informe.

Esperamos que este informe sirva para el desarrollo del Proyecto y que contribuya a la promoción de relaciones amistosas entre nuestros países.

Deseamos expresar nuestros más profundos agradecimientos a las autoridades del Gobierno de la República de Guatemala por la estrecha colaboración prestada a la misión.

Setiembre de 1986

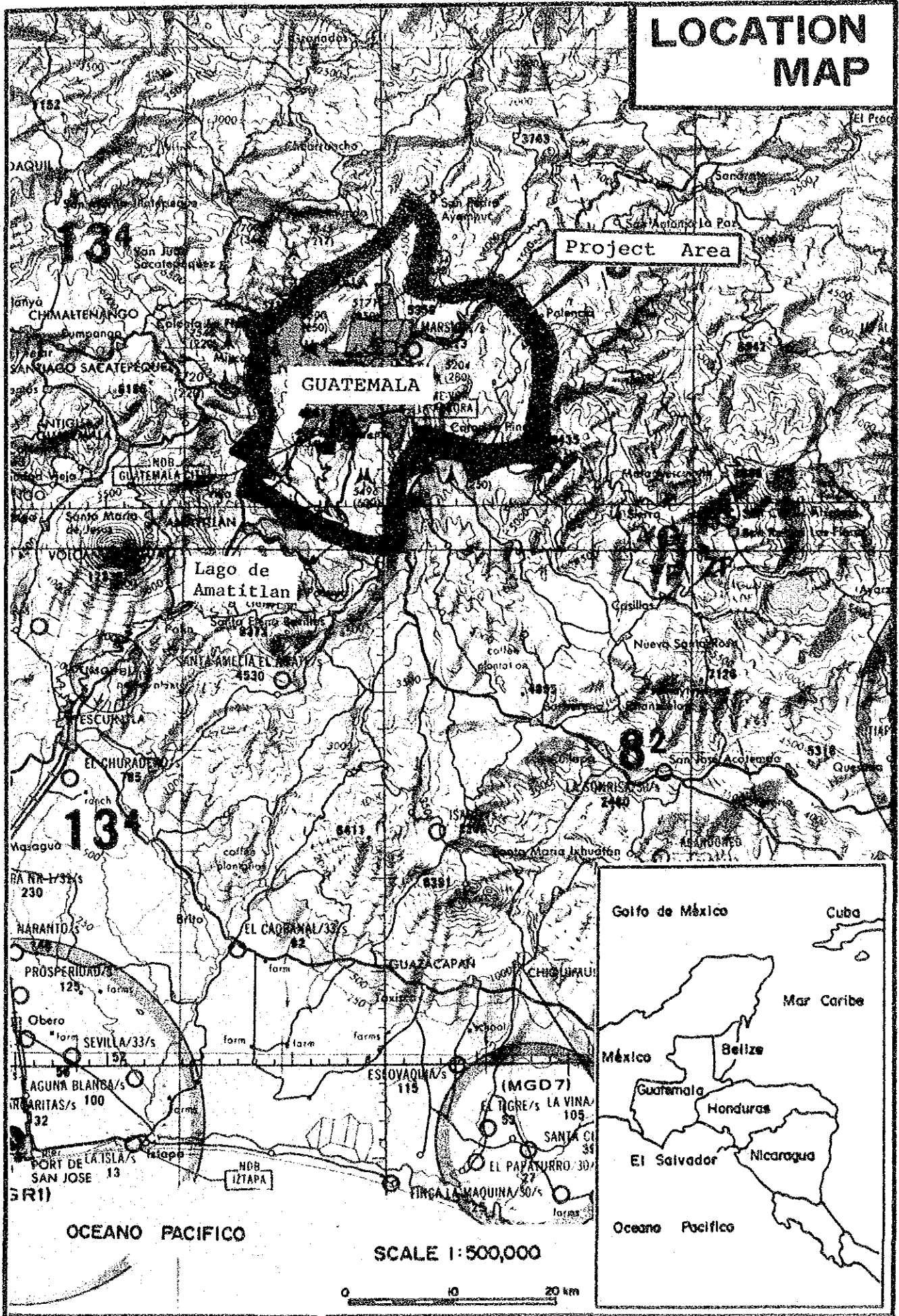
A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Keisuke Arita', is written over a horizontal line.

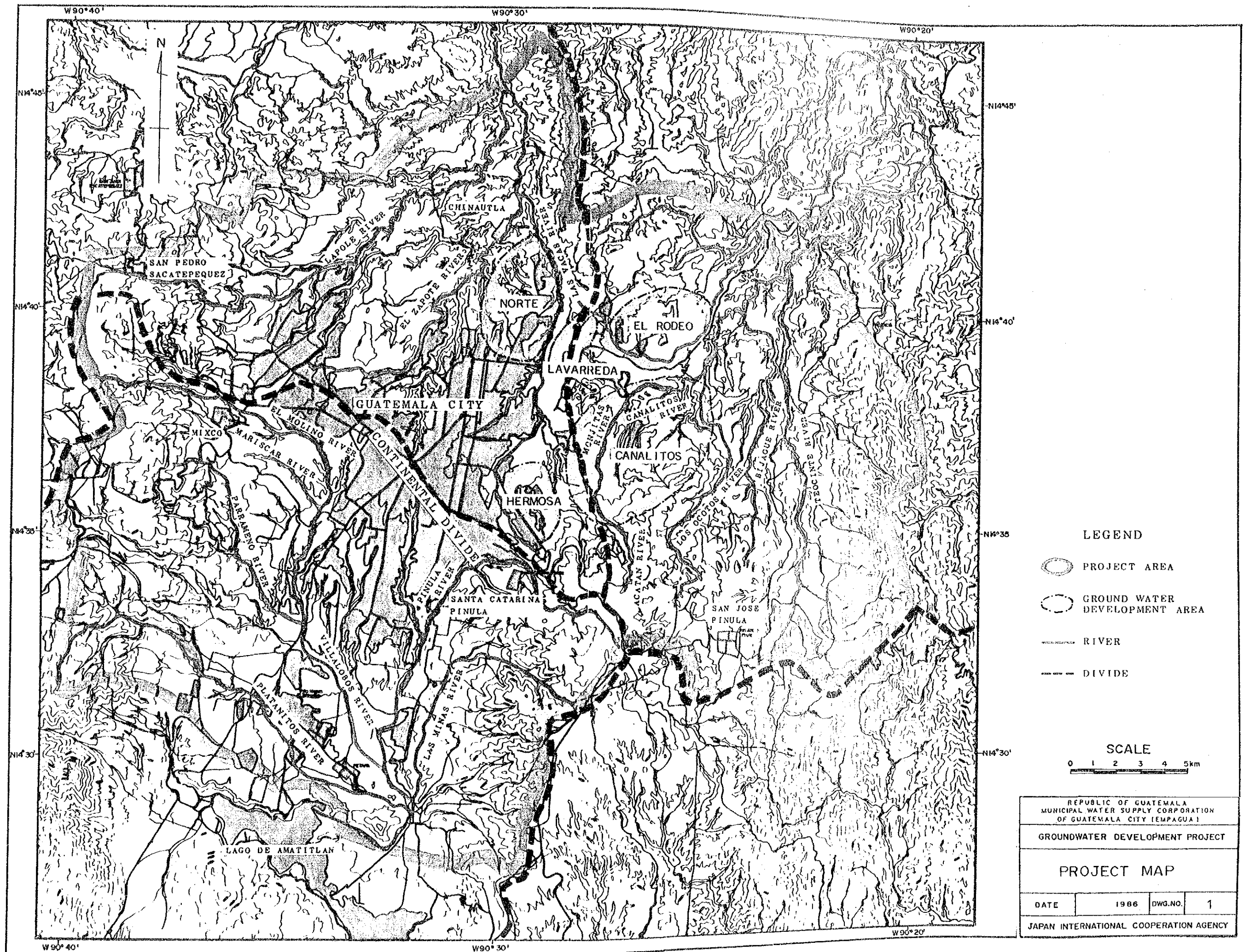
KEISUKE ARITA

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

LOCATION MAP





INDICE

	<u>Pag</u>
Mapa de Ubicación	i
Mapa del Proyecto	ii
Abreviaciones	iii
Unidades	iv
CAPITULO I. INTRODUCCION	
1.1 Autorización	I-1
1.2 Historia del Proyecto	I-1
1.3 Objetivos del Estudio	I-2
1.4 Alcances del Trabajo	I-3
1.4.1 Area del Estudio	I-3
1.4.2 Componentes del Estudio	I-3
1.5 Actividades de la Misión de Estudios	I-4
CAPITULO II ANTECEDENTES DEL PROYECTO	
2.1 Antecedentes Nacionales	II-1
2.1.1 Condiciones Socio-económicas	II-1
2.1.2 Planificación del Desarrollo Nacional	II-3
2.1.3 Marco Institucional	II-5
2.1.4 Cooperación Internacional	II-5
2.2 Antecedentes Regionales	II-6
2.2.1 Metrópoli de Guatemala	II-6
2.2.2 Servicio de Abastecimiento de Agua	II-7
2.2.3 Necesidad del Proyecto de Desarrollo de Recursos de Agua	II-9
2.2.4 PLAMABAG	II-10
2.2.5 Plan de Emergencia I	II-11

2.2.6 Plan de Emergencia II	II-11
---------------------------------------	-------

CAPITULO III EL AREA DEL PROYECTO

3.1 Generalidades	III-1
3.2 Condiciones Físicas	III-2
3.2.1 Orografía	III-2
3.2.2 Geología	III-3
3.2.3 Hidrogeología	III-3
3.2.4 Hidrometeorología	III-5
3.2.5 Fuentes de agua	III-6
3.3 El Agua Subterránea	III-9
3.3.1 El Acuífero	III-9
3.3.2 Circulación del Agua Subterránea	III-10
3.3.3 Nivel del Agua Subterránea	III-11
3.3.4 La Prospección Eléctrica	III-12
3.3.5 Balance del Agua	III-14
3.3.6 Perforaciones de Prueba	III-18
3.4 Características Socio-económicas	III-19
3.4.1 Población	III-19
3.4.2 Socio-economía	III-19
3.4.3 Usos de la Tierra	III-20
3.5 Abastecimiento de Agua	III-21
3.5.1 Instituciones del Servicio de Agua	III-21
3.5.2 Sistema e Instalaciones de Abastecimiento de Agua	III-22
3.6 EMPAGUA	III-25
3.6.1 Generalidades	III-25
3.6.2 Estado Financiero	III-25
3.6.3 Indices Financieros	III-26
3.6.4 Aspectos Institucionales	III-27

3.7	Impacto Ambiental	III-30
3.7.1	Ambiente Natural	III-30
3.7.2	El Ambiente de Vida Diario	III-30
3.7.3	Calidad de Agua	III-32

CAPITULO IV EL PROYECTO PROPUESTO

4.1	Objetivos del Proyecto	IV-1
4.1.1	Concepto Básico del Desarrollo	IV-1
4.1.2	Elementos Componentes	IV-2
4.2	Plan de Desarrollo del Aguas Subterráneas	IV-3
4.2.1	Planteamiento Básico	IV-3
4.2.2	Recursos Hidráulicos Alternativos	IV-9
4.2.3	Bloque de Campos de Pozos Propuestos	IV-10
4.3	Plan de Abastecimiento de Agua	IV-10
4.3.1	Planteamiento Básico	IV-10
4.3.2	Plan de Distribución de Agua	IV-11
4.3.3	Programa de Producción de Agua	IV-15
4.3.4	Rehabilitación	IV-19
4.3.5	Operación y Mantenimiento	IV-22
4.3.6	Sistema de Mantenimiento	IV-27
4.4	Conservación del Agua Subterránea	IV-27
4.4.1	Generalidades	IV-27
4.4.2	Programa de Monitoreo de las Aguas Subterráneas	IV-28
4.4.3	Recarga Artificial del Agua Subterránea Recomendada	IV-29

CAPITULO V PLANIFICACION DE FACILIDADES

5.1	Sistema de Producción del Agua Subterránea	V-1
5.1.1	Pozos	V-1

5.1.2	Bombas y Motores	V-2
5.2	Sistema de Abastecimiento del Agua	V-3
5.2.1	Características Generales	V-3
5.2.2	Instalaciones de Conducción y Equipos	V-4
5.3	Rehabilitación	V-8
5.4	Instalaciones de Abastecimiento de Energía Eléctrica	V-8
5.4.1	Fuentes de Energía	V-8
5.5	Instalaciones de Monitoreo	V-10
5.5.1	Pozos de Observación	V-10
5.5.2	Equipos de Observación	V-10
5.6	Facilidades de Operación y Mantenimiento	V-10
5.6.1	Instalaciones para el Control de Operaciones	V-10
5.6.2	Instalaciones de Mantenimiento	V-11

CAPITULO VI ORGANIZACION Y ADMINISTRACION

6.1	Organización para la Ejecución del Proyecto	VI-1
6.2	Programa de Ejecución	VI-1
6.3	Adquisición de Materiales y Trabajos de Construcción	VI-2
6.4	Organización para la Administración y Control	VI-2

CAPITULO VII ESTIMACION DE COSTOS

7.1	Generalidades	VII-1
7.2	Estimaciones del Costo del Proyecto	VII-2
7.3	Costos Anuales de Operación y Mantenimiento y Costo de Reposición	VII-3
7.4	Programa de Desembolso	VII-4
7.5	Costo de Producción	VII-5

CAPITULO VIII JUSTIFICACION DEL PROYECTO

8.1	Evaluación Financiera	VIII-1
8.1.1	Introducción	VIII-1
8.1.2	Supuestos para la Estimación del Ingreso	VIII-1
8.1.3	Estimación de Ingreso	VIII-4
8.1.4	Resultados de la Evaluación y Análisis de Sensibilidad	VIII-5
8.1.5	Resumen	VIII-6
8.2	Evaluación del Impacto Ambiental	VIII-7
8.2.1	Impacto con el Proyecto	VIII-7
8.2.2	Impacto sin el Proyecto	VIII-8
8.2.3	El Impacto ambiental	VIII-9

CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1	Conclusiones	IX-1
9.2	Recomendaciones	IX-5

ABREVIACIONES

BANVI	: Banco Nacional de Vivienda
BCIE	: Banco Centroamericano de Integración Económica
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo
BM	: Banco Mundial (BIRF)
CIDA	: Agencia para el Desarrollo Internacional de Canadá
CNPE	: Consejo Nacional de Planificación Económica
COPECAS	: Comité Permanente de Planificación Económica
DGE	: Dirección General de Estadística
EDOM	: Estudio de Ordenamiento Metropolitano
EMPAGUA	: Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala
ERIS	: Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
IGM	: Instituto Geográfico Militar
IGSS	: Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
INAFOR	: Instituto Nacional de Forestación
INDE	: Instituto Nacional de Electrificación
INE	: Instituto Nacional de Estadística
INFOM	: Instituto Nacional de Fomento Municipal
INSIVUMEH	: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
JICA	: Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MCOPyT	: Ministerio de Comunicaciones, Obras Públicas y Transportes
MSPyAS	: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
OMS	: Organización Mundial de Salud
OPS	: Organización Panamericana de Salud
PLAMABAG	: Plan Maestro de Abastecimiento de Agua a la Ciudad de Guatemala
PNUD	: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SEGEPLAN	: Secretaría General de Planificación Económica
UE	: Unidad de Emergencia
UENIA	: Unidad Ejecutora del Estudio de Nuevas Introducciones de Agua

UNESCO : Organización de las Naciones Unidas para la
Educación, la Ciencia y la Cultura
UNICEF : Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UNEHIVAGUA : Unidad Ejecutora del Estudio Hidrogeológico del
Valle de Guatemala
UNEPAR : Unidad Ejecutora de Promoción de Areas Rurales
USAC : Universidad Nacional San Carlos de Guatemala
USAID : Agencia para el Desarrollo Internacional de los
Estados Unidos

UNIDADES

Longitud

mm	:	milímetro
cm	:	centímetro
mt.	:	metro
km	:	kilómetro
pulg.	:	pulgada, 25.4 mm
pies	:	12 pulgadas = 30.48 cm
milla	:	5280 pies = 1.609 km

Area

cm ²	:	centímetro cuadrado
m ²	:	metro cuadrado
km ²	:	kilómetro cuadrado
há	:	hectárea

Volumen

lt	:	litro
m ³	:	metro cúbico
Mm ³	:	millones de metros cúbicos
gl	:	galón

Peso

gr	:	gramo
kg	:	gramo
ton	:	tonelada
onz	:	onza = 28.4 gr
lb	:	libra = 16 onz = 454 gr

Otros

h	:	hora
min	:	minuto
seg	:	segundo
cm/seg	:	centímetro por segundo
m/seg	:	metro cúbico por segundo
GPM	:	galones por minuto = 0.063 lt/seg
paja	:	603/mes
ppm	:	partes por millón

CAPITULO I. INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Autorización

Este Informe Final está preparado de acuerdo con el "Alcance del Trabajo del Estudio de Factibilidad del Proyecto de Explotación de Agua Subterránea en la Ciudad de Guatemala" acordado entre la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), el 11 de Diciembre de 1984; que fué firmado de conformidad con el Convenio de Cooperación Técnica entre el Gobierno de Guatemala y el Gobierno del Japón, el día 28 de Marzo de 1977.

Este Informe trata sobre los antecedentes nacional y regional en relación con el Proyecto, el plan de explotación de aguas subterráneas, estimación del costo del Proyecto y el plan de implementación, y la evaluación del Proyecto. El plan de explotación desarrollado en este informe fué revisado ampliamente de acuerdo con las discusiones sostenidas entre los funcionarios interesados de EMPAGUA y la Misión de Estudios, los comentarios de los funcionarios de EMPAGUA, y los resultados del estudio detallado de oficina.

1.2 Historia del Proyecto

El "Plan Maestro de Abastecimiento de Agua a la Ciudad de Guatemala" (PLAMABAG) fué terminado por EMPAGUA en 1982 para establecer una orientación para la política a seguir y resolver firmemente los problemas de agua potable en la metrópoli de Guatemala. El horizonte de planeación de PLAMABAG es el año 2010.

PLAMABAG consiste en dos proyectos a corto plazo y tres proyectos a largo plazo como se muestra en la Figura 1-1.

Los proyectos a corto plazo son referidos como "Plan de Emergencia I" y "Plan de Emergencia II" por tratarse de proyectos de urgencia. El plan de Emergencia I ha tenido como fecha para su terminación en 1985, y el Plan de Emergencia II para ser terminado en 1992.

Para realizar el Plan de Emergencia I tan rápido como fuera posible, EMPAGUA y el Gobierno de Guatemala en abril de 1984, solicitó la Cooperación Técnica del Gobierno del Japón para llevar a cabo el estudio de factibilidad para el Plan de Emergencia I de PLAMABAG. En respuesta a esta solicitud, el Gobierno del Japón envió por medio de JICA a una Misión Preliminar del Estudio en diciembre de 1984.

Además, para emprender un reconocimiento de campo y recopilar los datos necesarios en el área del Proyecto, la Misión Preliminar también se reunió con los oficiales de EMPAGUA, de la Municipalidad de Guatemala, y del Gobierno de Guatemala para discutir el proyecto propuesto. El 11 de Diciembre de 1984 un acuerdo fue realizado entre EMPAGUA y JICA con respecto a los alcances del trabajo para el estudio del proyecto de la explotación del agua subterránea en la Ciudad de Guatemala.

De acuerdo con lo arriba acordado, el 12 de Julio de 1985, JICA envió a la Ciudad de Guatemala la Misión de Estudios del proyecto de la explotación del agua subterránea (más adelante referido como la Misión) compuesto por 6 miembros para llevar a cabo el estudio de campo en cooperación con los oficiales de EMPAGUA. El estudio de campo fue realizado de Julio 1985 a Julio de 1986. Durante este período, el trabajo de oficina fue ejecutado en tres intervalos. Un Informe de Progreso, un Informe Intermedio y un Borrador del Informe Final fueron presentados a EMPAGUA en Diciembre de 1985, Marzo de 1986 y Agosto de 1986, respectivamente.

1.3 Objetivos del Estudio

Los objetivos del estudio son como siguen:

- (1) Examinar y evaluar la factibilidad técnica y financiera para explotar 1 m³ / seg. de agua subterránea para suplir a la metrópoli de Guatemala, y
- (2) Proporcionar entrenamiento y lograr la transferencia tecnológica a los ingenieros de EMPAGUA.

1.4 Alcances del Trabajo

1.4.1 Area de Estudio

El área de estudio abarca el Valle de la Ciudad de Guatemala como la señalada por el Plan de Emergencia I de PLAMABAG, con particular énfasis en el sector del norte y la cuenca este vecina del Valle de la Ciudad de Guatemala.

1.4.2 Componentes del Estudio

El Estudio incluye estudios de campo y estudios de oficina.

(1) Estudios de Campo

- a) Colección, tabulación y análisis de todos los datos e información pertinente al Proyecto.
- b) Para la planeación de la explotación de agua subterránea: estudios de topografía, hidrología, meteorología, hidráulica y de geología; explotación de recursos de agua y el estudio de utilización, prospecciones eléctricas, estudio de los nacimientos, de pozos, pruebas de bombeo, etc.
- c) Para la planificación del agua subterránea: investigaciones socioeconómicas; investigación de demanda y abastecimiento; regulaciones de facilidades de servicio.
- d) Para la planificación de conservación del agua subterránea y su manejo: investigación de la producción actual del agua subterránea, investigación de la recarga, uso de la tierra, investigación del saneamiento público y alcantarillados.
- e) Estudios necesarios para la formulación del plan de operación y mantenimiento para la producción y facilidades de suministro.
- f) Estudios necesarios para la formulación del plan de rehabilitación para los pozos existentes.
- g) Para diseño de facilidades: investigación de costo de materiales y mano de obra, investigación de materiales y mano de obra disponible; estudios topográficos.

(2) Trabajos de oficina

- a) Análisis de la demanda actual, y demanda futura en el área del proyecto; y la formulación del plan de abastecimiento en base a lo anterior.
- b) Evaluación de las características del agua subterránea y de potencial de desarrollo ; y en base a ello, formulación del plan de desarrollo del agua subterránea.
- c) Diseño preliminar del desarrollo del agua subterránea y de las facilidades de abastecimiento de agua.
- d) Formulación de un plan de operación y mantenimiento.
- e) Formulación de un plan de rehabilitación para los pozos existentes.
- f) Estudio de conservación del agua subterránea y plan de su manejo.
- g) Formulación de un plan de implementación ; y
- h) Evaluación del impacto ambiental y evaluación financiera.

1.5 Actividades de la Misión de Estudios

La Misión de Estudios realizó los estudios de campo y de oficina en la siguiente forma:

Primera etapa

Trabajos de campo : 12 de Julio de 1985 - 15 de Marzo de 1986
Trabajos de oficina : 18 de Septiembre de 1985 - 17 de Noviembre 1985
16 de Enero de 1986 - 28 de Febrero de 1986

Segunda Etapa

Trabajos de campo : 22 de Mayo de 1986 - 20 de Julio de 1986
Trabajos de oficina : 22 de Mayo de 1986 - 4 de Agosto de 1986
21 de Agosto de 1986 - 20 de Setiembre de 1986

Todos los trabajos de campo fueron realizados en cooperación con los técnicos de EMPAGUA.

Las principales actividades de la Misión de Estudios fueron las siguientes:

(1) En Julio 12 de 1985, el grupo inicial (El jefe de Misión y otros 3 miembros) arribaron a la ciudad de Guatemala para discutir con los técnicos correspondientes de EMPAGUA, la orientación del estudio y su cronograma.

(2) En Agosto 10 de 1985, se preparó el Informe Inicial basado en los estudio de campo e investigación del primer mes; así como también, con el intercambio de opiniones con los técnicos correspondientes de EMPAGUA. En base a este informe, se sostuvieron discusiones con los mencionados técnicos, determinándose la orientación básica para la planificación del desarrollo del agua subterránea.

(3) En Noviembre 28 de 1985, se entregó a EMPAGUA el Informe de Progreso, conteniendo los resultados de 4 meses de estudios de campo y 2 meses de estudios de oficina. El contenido de este informe fue discutido en detalle con los técnicos ya mencionados.

(4) En Marzo 3 de 1986, se entregó el Informe Intemedio conteniendo los resultados de estudios de campo realizados hasta Diciembre 15 de 1985.y los estudios de oficina subsiguientes. Asimismo, el contenido de este Informe fué discutido con los técnicos de EMPAGUA.

(5) Las perforaciones de prueba, pruebas de bombeo y otros estudios de campo remanentes fueron completados en Marzo 15 de 1986.

(6) Pruebas de bombeo, y diagnóstico por medio de la cámara de TV de los pozos existentes así como la investigación de la situación actual de Operación y Mantenimiento, y otros estudios suplementarios necesarios fueron realizados de Marzo 22 a Julio 20 de 1986.

(7) La segunda etapa de los trabajos de oficina fueron realizados tomando en consideración los comentarios recibidos de los técnicos de EMPAGUA en relación a los Informes de Progreso e

Intermedio. Este resultado fué presentado en el Borrador del Informe Final.

(8) El Borrador del Informe Final fué discutido en detalle con los técnicos de EMPAGUA el 12 y 13 de Agosto de 1986. De los resultados de las discusiones se formularon los comentarios y sugerencias respectivas; las cuales, luego de evaluadas por la Misión de Estudios, se reflejaron en este Informe Final.

(9) Con el fin de maximizar la transferencia de tecnología, todos los estudios de campo fueron realizados conjuntamente con los ingenieros de EMPAGUA. Particular énfasis en esto, puede mencionarse los resultados obtenidos en el campo de prospección eléctrica y el diagnóstico de pozos por medio de la cámara de TV.

Los oficiales de EMPAGUA y los miembros de la Misión de Estudios son listados como siguen:

EMPAGUA

Presidente y Alcalde	Sr. Alvaro Arzú
Ex. Presidente y Alcalde	Sr. Jorge Saravia
Gerente General	Sr. Roberto Goyzueta
Ex. Gerente General	Sr. Danilo Cruz
Sub. Gerente	Sr. Julio Santolino
Sub. Gerente	Sr. Claudio Olivares
Ex. Sub Gerente	Sr. Carlos Castro
Ex. Sub Gerente	Sr. Alfredo Bonatti
Director de Planificación	Sr. Mario Rojas
Director de Operacion y Mantenimiento	Sr. Carlos Arriola
Jefe de Planificación Técnica	Sr. Carlos Quezada
Jefe de Planificación Económica	Sr. Jorge Lau
Asesor	Sr. Luis García
Asesor	Sr. Julio Mario De La Riva
Asesor	Sr. Rolando Jon

INSIVUMEH

Director	Sr. Estuardo Velásquez
Sub. Director	Sr. Eddy Sánchez

PERSONAL DE CONTRAPARTE

Coordinador	Sr. Carlos Ramírez
Asistente de coordinador	Srta. Lucrecia Argueta
Geofísico	Sr. Fernando Samayoa
Supervisor de perforación	Sr. Otto Soto
" "	Sr. Oscar Urruela
Abastecimiento de Agua	Sr. Jorge García
Evaluación Ambiental	Sr. Francisco Charneaud
" "	Sr. Raúl Franco
Operación y Mantenimiento	Sr. Víctor Paz
" "	Sr. Ismael Véliz
" "	Sr. Freddy Ordóñez

Asistente de Ingeniero

" "

" "

" "

" "

Hidrólogo

Dibujante

"

"

Secretaria

Oficinista

"

Sr. Manuel Puente

Sr. Oscar Morán

Sr. Ramón Burgos

Sr. Danilo Castillo

Sr. Guido Echevarría

Sr. Gustavo García

Sr. Mario López

Sr. Nery Ortiz

Sr. José Roberto Del Valle

Sra. Gladys Pinzón

Sr. Carlos Ortiz

Sr. Guillermo Fernandez

EQUIPO DE ESTUDIO DE JICA

Jefe de Misión, hidrogeólogo

Sr. Katsuyoshi Zaoya

(Julio. - Octubre 1985)

Jefe de Misión, hidrogeólogo

Sr. Ikuro Inamori

(Nov. 1985 - Setiembre 1986)

Prospección Eléctrica

Sr. Takashi Aoyama

Evaluación Financiera

Sr. Masaru Obara

Perforación e investigación de pozos

Sr. Katsuya Kamisato

Abastecimiento de Agua

Sr. Takashi Ohara

Evaluación Ambiental

Sr. Hiromasa Minakami

Calidad de Agua

Srta. Akiko Mukade

Análisis Hidráulico

Sr. Masahiro Yamaguchi

Operación, Mantenimiento

Sr. Juji Semba

JICA

Planificación, Coordinación

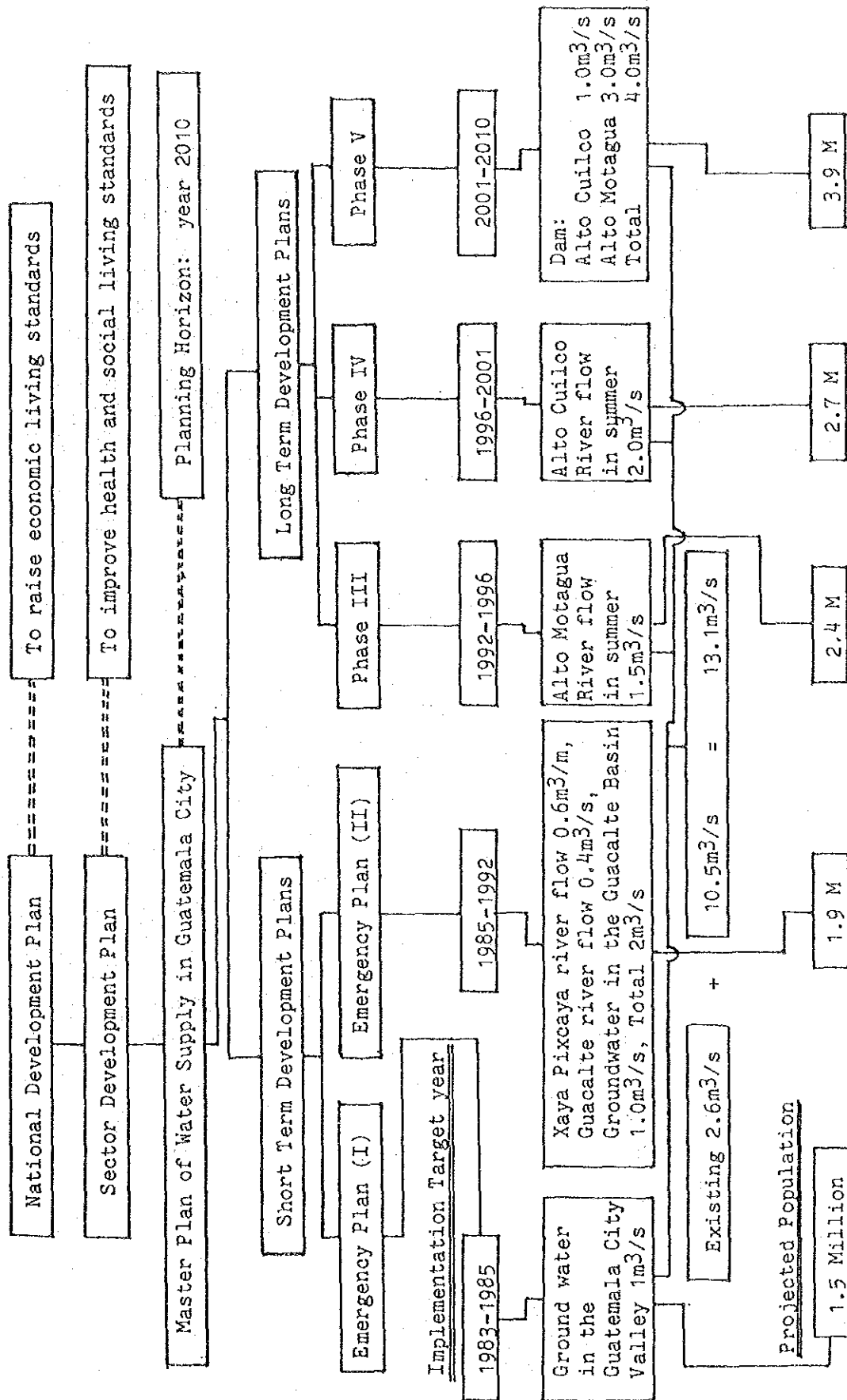
Sr. Michio Kanda

Srta. Eri Honda

Sr. Takao Toda

FIG. 1-1

PLAMABAG



CAPITULO II. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

CAPITULO II

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 Antecedentes Nacionales

2.1.1 Condiciones socio-económicas

El territorio de la República de Guatemala tiene 108,809 km². El total de la población se estimó en 7.8 millones en 1984 con una tasa de incremento anual de población de 3.1% en 1973-1984 y una densidad de población de 72 personas por km². Con respecto a la distribución de la población en 1981, la población urbana estaba compuesta por un 36.76% y la población rural con un 63.24% de población.

Administrativamente, Guatemala está dividida en 22 departamentos y estos a su vez divididos en municipios. Existen 328 municipios en el país.

Los principales sectores económicos del país son la agricultura, el comercio y la manufactura. La producción en la agricultura y el comercio, representan el 25% del PIB nacional, respectivamente, mientras que el sector de manufactura contribuye con el 16%. La agricultura es el sector predominante, ocupa cerca del 60% de la población económicamente activa y produce 50-60% del total exportado.

PIB (PRECIOS 1985, EN MILLONES DE QUETZALES)

	1980	1981	1982	1983	1984
PIB	3,107	3,127	3,016	2,936	2,941
Agricultura	772	781	757	737	749
Minerales y Petróleo	15	9	11	11	8
Sector Secundario	668	671	630	594	683
Sector Terciario	1,652 1(839)	1,666 (844)	1,618 (797)	1,594 (763)	1,601 (764)

() = Sector comercial

Fuente = Banco de Guatemala

Durante la década de 1970 la experiencia de la economía de Guatemala fué de un crecimiento estable. Después de 1978, la economía de Guatemala tuvo un deterioro manifiesto con la disminución del PIB, llegando a una tasa de crecimiento negativo en 1982 (-3.5%) y en 1983 (-2.7%). Sin embargo, un dato preliminar indicaba un leve incremento (0.7%) en la tasa de crecimiento de 1984.

El problema empezó en las épocas finales de la década del 1970, causado por:

(i) La recesión mundial como resultado del decrecimiento de la demanda y precios internacionales en las tradicionales cosechas para exportación, así como incrementos en los precios de importación.

(ii) Dificultades en el Mercado Común Centroamericano afectaron las exportaciones de manufacturas, y

(iii) El deterioro político en Centro América que desalentó la inversión nacional del país y también la inversión de capital externo. La falta de políticas económicas oportunas tendió a agravar la situación.

El ingreso per cápita en 1984 fue de Q1,064. Estas figuras muestran un pequeño cambio después de 1981.

En comparación con otras naciones de la región, la inflación en Guatemala ha venido siendo generalmente inferior. La inflación fue un 11% en 1980-1981, 5-6% en 1982-1983, y 3.6% en 1984. En el último semestre de 1985, sin embargo, los precios nacionales del país se han incrementado agudamente en repuesta al incremento en 50% del costo del petróleo.

A mediados de noviembre de 1984, Guatemala abandonó la paridad de un Quetzal por U.S. dólar que mantuvieron por 60 años, e introdujo un sistema cambiario basado en tres mercados, a saber, el mercado oficial, un libre mercado bancario y un mercado de subasta.

El mercado oficial, con una tasa de cambio de Q1 = U\$1, comprendió aproximadamente dos tercios del total de transacciones. El mercado bancario, con una tasa de cambio determinada por la fuerza del mercado, cubrió gran parte del resto de las transacciones extranjeras. El mercado bancario se estableció en alrededor de Q1.45 por U\$1, pero aumentó constantemente registrando cerca de Q3.80 por U\$1 alrededor de septiembre-octubre de 1985, y declinó a cerca de Q2.20 por U\$1 en noviembre de 1985, un gradual incremento alrededor de Q2.90 por U\$1 a mediados de diciembre de 1985.

2.1.2 Planificación del Desarrollo Nacional

El marco de referencia y dirección del desarrollo nacional por sector de Guatemala, están definidos en el reciente Plan Bienal de Desarrollo Nacional (PND) formulado para 1984 y 1985. El PND identificó los problemas por región y por sectores, definiendo los objetivos de desarrollo y delineando las estrategias y políticas a seguir.

El objetivo fundamental de desarrollo es el mejoramiento del bienestar social a través del logro de un suficiente aumento en el crecimiento económico para crear un ambiente favorable para la redistribución de los ingresos.

El PND 1984-1985 asignó un 24.9% del total de inversión para los sectores sociales como un medio para mejorar en general la calidad de vida de la población.

Para reducir la disparidad entre las áreas urbana y rural, el PND 1984-1985 trató de disminuir el ritmo de crecimiento de la Ciudad de

Guatemala con la reducción de la inversión en áreas urbanas de 42% en 1970-1979 a 21.0% en 1984-1985.

En la Conferencia de Agua de las Naciones Unidas (Mar del Plata, 1977), el período de 1981-1990 fue designado como el "Decenio Internacional para Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento" con la meta de suministrar agua potable y saneamiento para la población mundial por el año de 1990. El Gobierno de Guatemala ha comprendido la importancia del servicio de agua y saneamiento para la salud y bienestar de la población, formulando un Plan Nacional para el Decenio con el propósito de hacer un máximo esfuerzo dirigido a alcanzar un servicio más completo a la población.

El Plan fue formulado por el Comité Permanente de Coordinación de Agua y Saneamiento (COPECAS) con la cooperación del INFOM, UNEPAR, EMPAGUA y SEGEPLAN, con asistencia técnica de OMS y OPS. Los objetivos básicos del plan por el año de 1990 son como se muestran:

	1982	1990
Servicio de Agua (% de población con acceso)	<u>49.8</u>	<u>81.2</u>
área urbana	90.2	92.7
área rural	24.0	72.8
Servicio de Saneamiento	<u>33.6</u>	<u>81.2</u>
área urbana	47.0	92.7
área rural	25.0	72.8

Normas del servicio de agua y saneamiento para lograr el plan fue determinado en seis niveles conforme a la escala del servicio de la población.

<u>Nivel</u>	<u>Población</u>	<u>Servicio de agua</u>	<u>Servicio de Sanitario</u>
I	aislada	sistema privado	excusado, letrina
II	100-500	40 l/persona/día 100% por depósito de agua comunal	100% letrina
III	500-200	Servicio de agua : 100 l/persona/día =50% Depósito de agua: 40 l/persona/día =50%	inodoro = 50% letrina = 50%
IV	2,000-10,000	Servicio de agua : 150 l/persona/día =60% depósito de agua: 40 l/persona/día =40%	inodoro = 60% letrina = 40%
V	10,000-50,000	Servicio de agua: 200 l/persona/día= 70% depósito de agua: 50 l/persona/día= 30%	inodoro = 70% letrina = 30%
VI	más de 50,000	Servicio de agua: 225 l/persona/día= 85% Depósito de agua: 50 l/persona/día= 15%	inodoro = 85% letrina = 15%

2.1.3 Marco Institucional

La planificación nacional en el abastecimiento de agua y servicio de saneamiento es llevada a cabo principalmente por COPECAS, que es una entidad establecida en Julio de 1982 por acuerdo conjunto de SEGEPLAN, MSP y AS, INFOM y EMPAGUA.

La implementación de proyecto de abastecimiento de agua y servicios de sanidad, además de la regulación de los estándares de servicio es ejecutada principalmente por las entidades gubernamentales mencionadas.

2.1.4 COOPERACION INTERNACIONAL

Agencias de los Naciones Unidas, tales como: UNDP, WHO, UNICEF, FAO y UNESCO han preparado mecanismo de cooperación para llevar a cabo los programas para la implementación de la década de agua y saneamiento.

Las instituciones locales relacionados con agua y saneamiento han establecido contactos con estas agencias através del COPECAS para el entrenamiento del personal necesario, para el estudio de tecnología y alternativas de menores costos; así como planificación de abastecimiento de agua y tratamiento de aguas servidas; para el mejoramiento de operación y mantenimiento; y para el fortalecimiento institucional.

Para implementar planes para la década, será necesario obtener recursos de organismos financieros internacionales tales como: BID, BANCO MUNDIAL, AID, CIDA, BCIE.

2.2 Antecedentes Regionales

2.2.1 Metrópoli de Guatemala

La metrópoli de Guatemala constituye la zona central urbana comprendiendo la Ciudad de Guatemala y poblaciones circundantes que tienen comunes condiciones socio-económicas y culturales.

En términos del sector del servicio de agua y saneamiento, la metrópoli de Guatemala es definida como los municipios del área servida por EMPAGUA, i.e Guatemala, Mixco, Villanueva, Petapa, Santa Catarina Pinula y parte de los municipios de Villa Canales y Chinautla. Esta área comprende 470 km²(Fig. 2-1).

El Gobierno de Guatemala en 1971 inició la construcción del Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá para introducir suficiente volumen de agua para el consumo en la Ciudad de Guatemala.

EMPAGUA, la Empresa Municipal de Agua, fue creada por el Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala el 28 de noviembre de 1972, para hacerse cargo de la administración, mejoramiento y expansión del abastecimiento de agua potable a la Ciudad de Guatemala y áreas circunvecinas.

Con lo convenido entre el Gobierno Central y la Ciudad de Guatemala, se dió la autorización de la operación del Acueducto Xayá-Pixcayá a EMPAGUA. Como resultado, los límites del servicio de EMPAGUA han correspondido desde los inicios a la metrópoli de Guatemala.

El total de la población de la metrópoli de Guatemala es estimada de 1.5 millones para 1985. Según el censo de 1981, la población fué de

1.134,072, que representa un 18.7% del total de la población nacional. Aproximadamente un 66% de la población de la metrópoli de Guatemala está en la Ciudad de Guatemala, con el restante 34% en otros municipios.

La población en la metrópoli de Guatemala duplicó (99.9%) de 1940 para 1950, creció más del doble (105%) de 1950 a 1964, incrementó un 196% entre 1964 y 1973 y un 18.4 por ciento entre 1973 y 1981. El crecimiento de la población actual se estima en 4.5%, con proyecciones de 2,732.000 para el año 2,000 y 3,942.3000 para el año 2010. (Ver Tabla 2-1) Como se refleja en Tabla 2-2 , el crecimiento de población en la metrópoli de Guatemala se centraliza en la Ciudad de Guatemala hasta 1950; Mixco, Chinautla y Villa Nueva durante la década del 50; San Miguel Petapa en la década del 60 y el 70; y Santa Catarina Pinula y las zonas del noreste del municipio de Guatemala en la primera mitad de la década del 80.

2.2.2 Servicio de Abastecimiento de Agua

Al presente, el servicio de agua en el área servida por EMPAGUA en la metrópoli de Guatemala proviene de las siguientes fuentes:

- (1) EMPAGUA;
- (2) Agua del Mariscal, S. A. (Compañía privada de abastecimiento de agua);
- (3) Sistemas individuales de abastecimiento de agua de el ejército e instituciones gubernamentales, escuelas públicas, hospitales públicos, etc.;
- (4) Dueños de pozos privados,y
- (5) La utilización directa del agua de nacimientos y ríos.

Conforme al censo de 1981, el estado del servicio de abastecimiento de agua y saneamiento en la metrópoli de Guatemala (en 1981) es como se muestra a continuación.

Las facilidades del servicio de agua son propias y operadas por EMPAGUA, MARISCAL, BANVI (Banco Nacional de la Vivienda), urbanizaciones privadas, el ejército, escuelas, hospitales y otras instituciones

SERVICIO SANITARIO

TOTAL VIVIENDAS	CONEXION PRIVADA	CONEXION COOPERATIVA	CONEXION PUBLICA	POZO	RIO, LAGO NACIMIENTO	OTROS
225,879 100%	122,667 54.3	49,176 21.8	28,054 12.4	3,887 2.2	1991 0.9	19,104 8.4

públicas. EMPAGUA corrientemente abastece el 40% de las viviendas en la metrópoli de Guatemala, produciendo 205,000 m³ /día a 239,000 m³/día. El MARISCAL sirve aproximadamente el 7% de domicilios, proveyendo 20,000 m³/día.

La demanda de agua en la metrópoli de Guatemala se incrementa considerablemente año a año. Como MARISCAL no tiene planes para hacer la extensión del servicio de agua, EMPAGUA es la única institución capaz de responder a la futura demanda de agua.

La producción de EMPAGUA incrementó cerca de un 17% de 1980 para 1984. Por el otro lado, el número de consumidores dentro del área de servicio de EMPAGUA creció en un 30%. Para 1985, el déficit de agua dentro de los sistemas de EMPAGUA se estima al 15%.

El servicio sanitario dentro de la metrópoli de Guatemala es al presente insuficiente. No hay plantas públicas de tratamiento de aguas residuales que son descargadas directamente a los ríos del área mediante 5 alcantarillados. Las viviendas con servicio de alcantarillado están indicadas en la Tabla 2-3. Aproximadamente el 57% de las viviendas están conectadas al sistema público de alcantarillado. Algunas nuevas urbanizaciones de vivienda operan sistemas independientes de alcantarillado.

2.2.3 Necesidad del Proyecto de Desarrollo de Recursos de Agua

La tasa actual de crecimiento de población en la metrópoli de Guatemala es aproximadamente del 4%. La población para el año 2000 es estimada al 182% de la población actual, ó 2,732.300. Por el 2010, la población se estima que subirá al 262% de la presente, ó 3.942,000.

Además, la expansión del servicio de alcantarillado, modernización, mejoramiento en los niveles de vida, etc. resultarán en un incremento en la demanda per cápita del agua.

La presente demanda y la proyección de la demanda futura de agua se muestran en la Tabla 2-2. Para el año 1990, la demanda proyectada es 142% de 1985. Para los años 2000 y 2010, la demanda proyectada es 292% y 411%, respectivamente, del nivel actual.

La población servida por EMPAGUA es estimada de 40 a 45% del total de la metrópoli de Guatemala. La tasa de incremento de viviendas conectadas al servicio de EMPAGUA dentro de su sistema es del 6.7% por año. La producción actual de EMPAGUA y la estructura del servicio no es capaz de satisfacer este incremento constante de la demanda de agua.

La producción de agua, demanda y déficit dentro del sistema de EMPAGUA de octubre 1984 a septiembre 1985 se estima como sigue:

	Máxima	Media	Mínima
Producción requerida en la demanda estimada	2,836	2,836	2,836 m ³ /seg
Producción actual	2,717	2,553	2,374
Déficit de agua	0,119	0,283	0,462
% de déficit	4%	10%	15%

Como se puede ver en la tabla, el máximo déficit fue del 15%, el mínimo fue de 4% y el promedio fue de 10% para el período expuesto.

Como resultado, es clara la urgencia de implementar los programas de desarrollo de recursos de agua necesarios para aliviar el constante empeoramiento del estado del suministro de agua en la metrópoli de Guatemala.

2.2.4 PLAMABAG

En Marzo de 1980, en acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo, empezó la preparación de un Plan Maestro de Abastecimiento de Agua a la Ciudad de Guatemala con la cooperación financiera del BID.

El "Plan Maestro de Abastecimiento de Agua a la Ciudad de Guatemala" fue posteriormente completado en Mayo 1982. PLAMABAG constituye un plan maestro para responder a los problemas de agua en la metrópoli de Guatemala hasta el año 2010. La proyección de población en la metrópoli de Guatemala es de 3,942,300 para el año 2010. Para responder a la demanda generada por la creciente población, PLAMABAG propone una explotación adicional de 10.5 m³/seg. Adicionalmente a la actual capacidad de suministro de 2.6 m³/seg, se producirá un total de 13.1 m³/seg al completarse el plan.

PLAMABAG consiste en dos proyectos a corto plazo y tres proyectos a largo plazo. Los proyectos a corto plazo son referidos como "Plan de Emergencia I" y "Plan de Emergencia II" por tratarse de proyectos de urgencia. El Plan de Emergencia (I) propone resolver la demanda de agua para el período 1988-1995 mediante la explotación de 1 m³/seg de agua subterránea dentro del valle de la Ciudad de Guatemala, con énfasis en un proyecto de bajo costo y corto período de implementación.

El Plan de Emergencia II y los tres proyectos a largo plazo preveen realizar el desarrollo de recursos fuera de la cuenca del valle de la Ciudad de Guatemala (fuente de ríos=8.5 m³/seg; agua subterránea = 1 m³/seg; total 9.5 m³/seg).

2.2.5 Plan de Emergencia I

La recarga del agua subterránea en el valle de la Ciudad de Guatemala es asumida de 100 a 120 millones de m³ por año. Al presente, está estimado que 45-50 millones de m³ son bombeados de la cuenca. El Plan de Emergencia (I) propone la explotación del agua subterránea de 1 m³/seg. (30 millones de m³/año).

El plan tiene las siguientes ventajas:

- i) Bajo costo de desarrollo comparado con otros recursos de agua;
- ii) Facilidad de integración al sistema de distribución existente;
- iii) Corto período de implementación;
- iv) El agua subterránea representa la más cercana fuente disponible de agua con el máximo potencial de explotación.

El agua explotada por el Plan de Emergencia (I) será distribuida a través del sistema de servicio de EMPAGUA.

Los principales componentes del Plan son la construcción de pozos y construcción de facilidades para alimentar la producción de agua dentro del sistema existente de EMPAGUA.

2.2.6 Plan de Emergencia (II)

El Plan de Emergencia (II) propone la ampliación del Proyecto del Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá, y consiste en los siguientes componentes:

- i) Ampliación del acueducto Xayá-Pixcayá de una capacidad de 1 m³/seg a 3 m³/Seg.
- ii) Elevar el nivel de la capacidad de tratamiento de agua en la planta de tratamiento Lo de Coy de 1 m³/seg a 3 m³/seg.
- iii) Desarrollo del plan de recursos de agua:

- 1) 0.6 m³/seg de producción de agua adicional, por la explotación del agua superficial (incluyendo la utilización del caudal) de los ríos de Xayá-Pixcayá.
- 2) Alcanzar un aumento en la captación de 0.4 m³/seg de la cuenca del río Guacalate.
- 3) Explotación de 1 m³/seg de agua subterránea en la cuenca del río Guacalate.

Los trabajos de tubería de conducción, que incluyen los elementos principales del plan, fueron completados en 1986 con la cooperación financiera del BID.

Los trabajos de la construcción de la planta de tratamiento esperan ser comenzados en 1986.

Con respecto al desarrollo de los recursos de agua, EMPAGUA planea llevar a cabo los estudios necesarios tan pronto como sea posible.

Tabla 2.1 Proyección de Población de la Metrópoli de Guatemala

Año	EMPAGUA 5% de Crecimiento anual	EDOM		PLAMABAG
		Total	Area Ifluenciada por la ciudad	
1964	-	732,500	610,400	557,260
1970	-	990,900	831,100	-
1973	-	1,134,200	953,300	850,250
1975	1,028,000	-	-	-
1980	1,312,000	1,565,100	1,317,000	1,171,050
1981	1,378,000	-	-	-
1985	1,675,000	-	-	1,463,000
1988	1,939,000	-	-	-
1989	2,036,000	-	-	-
1990	2,138,000	2,526,900	2,109,600	1,816,250
1991	2,245,000	-	-	-
1992	2,357,000	-	-	-
1993	2,475,000	-	-	-
1994	2,599,000	-	-	-
1995	2,728,000	-	-	-
2000	3,482,000	4,187,400	3,426,300	2,732,300
2010	-	-	-	3,942,500

Tabla 2-2 Porcentaje de Crecimiento de Población, 1940-1981

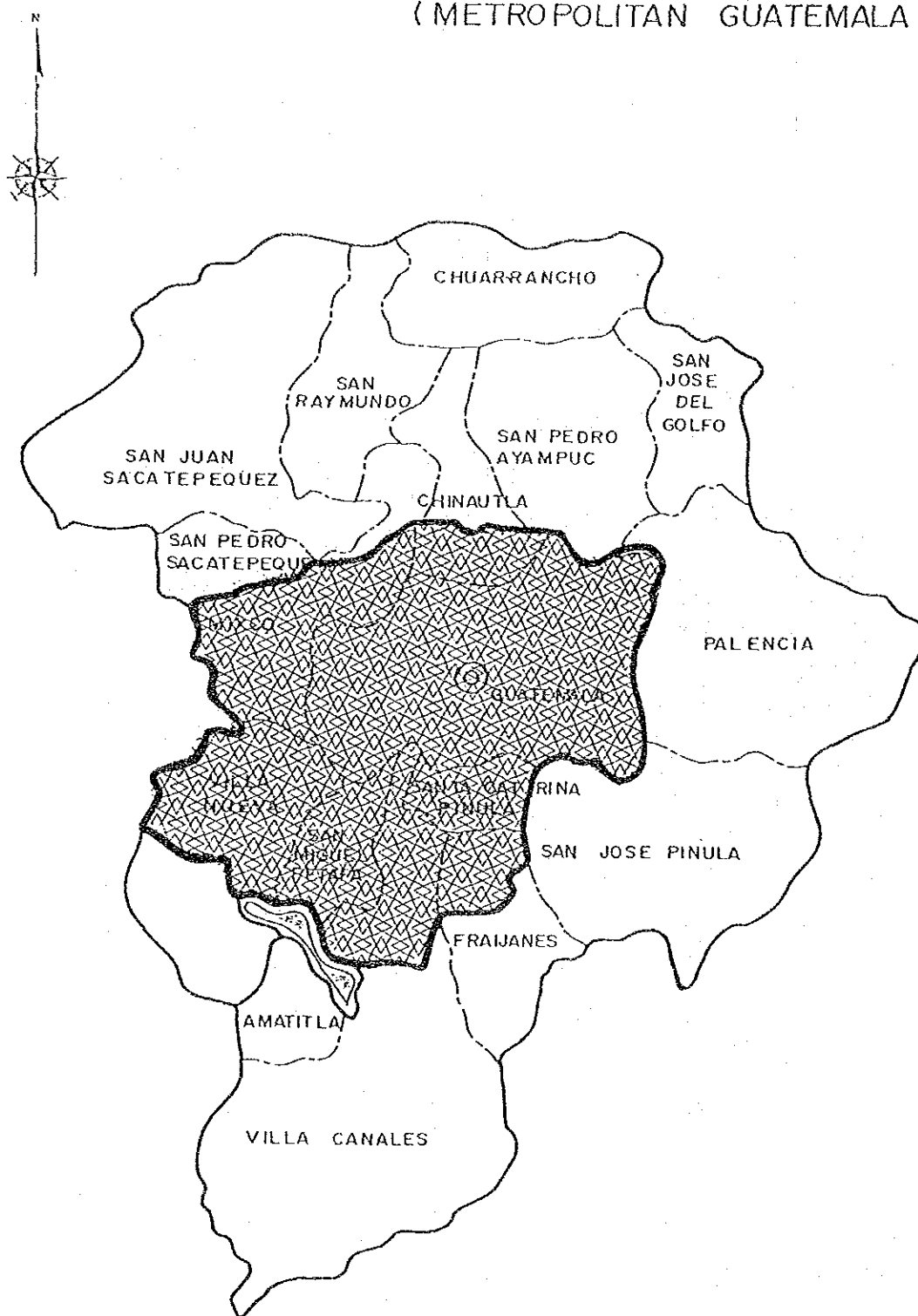
	1940-1950	1950-1964	1964-1973	1973-1981
Metrópoli de Guatemala	6.62	4.51	3.49	2.12
Municipalidad de Guatemala	8.15	4.87	2.26	0.93
Chinautla	3.64	10.74	5.28	3.07
Mixco	4.74	9.07	14.06	5.4
Villa Nueva	5.65	6.39	10.11	6.77
San Miguel Petapa	4.94	3.29	10.17	6.40
Santa Catarina Pinula	3.66	4.42	3.49	3.77
Villa Canales	4.08	2.02	2.02	2.70

Fuente: DGE

Tabla 2-3 SERVICIO SANITARIO

No. Total de Viviendas	No. Total de Viviendas Servidas	Conectadas con red Pública		Conectadas a Plantas Independientes		Inodoro	Letrina	Sin Inodoro
		Subtotal	Privado Colectivo	Subtotal	Privado Colectivo			
225,879	140,238	127,845	98,280	12,193	7,324	4,869	13,031	61,359
								11,251
100%	62%	(56.6%)		(5.4%)		5.8%	27.2%	5.0%

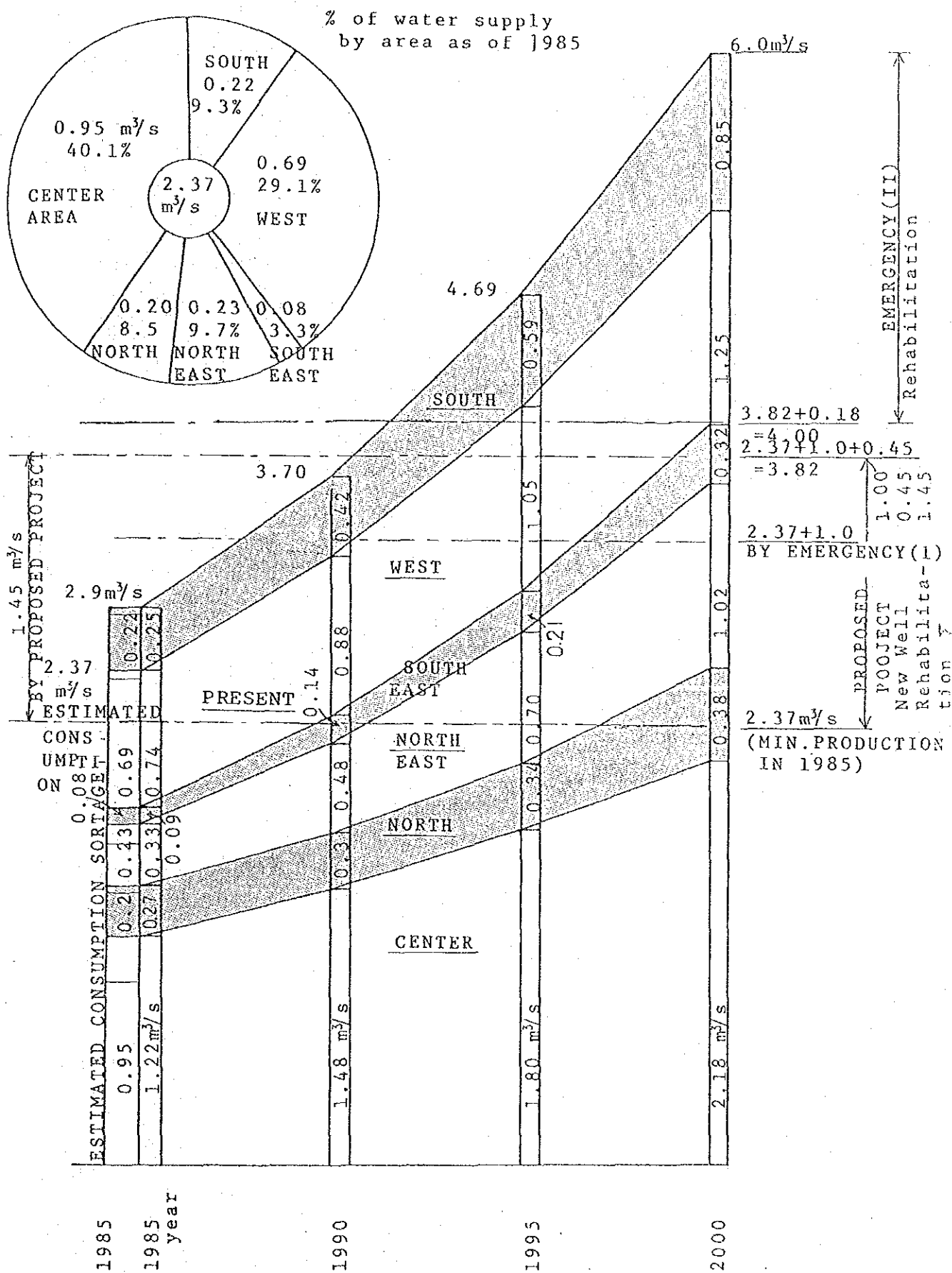
FIG.2-1 WATER SERVICE AREA
(METROPOLITAN GUATEMALA)



WATER SERVICE AREA

FIG. 2-2

ESTIMATED WATER DEMAND



CAPITULO III. EL AREA DEL PROYECTO

CAPITULO III

AREA PROPUESTA DEL PROYECTO

3.1 Generalidades

En base del estudio y análisis de topografía, geología, hidrología, potencialidad de explotación del agua subterránea, y el impacto ambiental de tal explotación, el área del Proyecto estaría determinada lo que abarca el Valle de la Ciudad de Guatemala, con la excepción del lago de Amatitlán y la cuenca del río Michatoya, y la cercana cuenca del río las Cañas por el noreste. Esta área que incluye el área beneficiada de 470 Km² servida por EMPAGUA en la metrópoli de Guatemala, totaliza un área de 815 Km² (Fig. 3-1).

La divisoria continental de aguas recorre de oeste a este cerca del centro del área del Proyecto y corta el área en dos cuencas hidrológicas, una para el norte y otra para el sur. Una futura cuenca distante es señalada hacia el este del área norte como delimitada por la falla que corre de norte a sur de Santa Catarina. El área del proyecto constituye los sectores este, norte y sur. Los ríos dentro de estos sectores pueden ser agrupados dentro de varios sistemas de pequeñas captaciones como se indican en Fig.3-8.

Principales ríos en cada sector y sus áreas de captación son como siguen:

	<u>Río</u>	<u>Captación</u>
<u>Norte</u>	<u>Las Vacas</u>	<u>240.0 km²</u>
N-1	El Zapote	86.8
N-2	El Tzalja	96.3
N-3	Las Vacas	56.9
<u>Este</u>	<u>Las Cañas</u>	<u>256.4 Km²</u>
E-1	Los Vados	46.8
E-2	Las Cañas	209.4

<u>Sur</u>	<u>Villalobos</u>	<u>318.0 km²</u>
S-1	El Molino	119.1
S-2	Villalobos	73.0
S-3	Pinula	125.9

3.2 Condiciones Físicas

3.2.1 Orografía

El área de estudio está situada en la meseta central, formada por la cordillera de la Sierra Madre. Esta cordillera corre de oeste a este, gradualmente decreciendo en altitud, y paralela a la línea de la costa del Pacífico.

El llamado "eje volcánico" consiste de volcanes como Acatenango (3,976 m), Fuego (3,835 m), Agua (3,766 m) y Pacaya (2,552 m) extendiéndose de este hacia el sureste a lo largo de la orilla occidental y meridional del área del estudio.

La falla del sistema Motagua-San Agustín corre de oeste hacia el este en el norte del área de estudio. En sureste, la falla del sistema de Jalpatagua se extiende de oeste hacia el sur. El área de estudio, limitada hacia el norte y sur por los arriba mencionados sistemas de fallas, es dividido por las fallas de Mixco, Santa Catarina, San José Pinula, Teocinte/Palencia, etc., formando una morfología de graben-horst-graben. La diferencia de elevación entre el Valle de la Ciudad de Guatemala y de San José Pinula (graben) es de 200 m.

El área definida como el Valle de la Ciudad de Guatemala se extiende 20.25 Km de este hacia oeste, 40.0 Km de norte hacia el sur y totalizando un área aproximada de 800 km². Esta es limitada hacia el este y oeste por las fallas de Santa Catarina y Mixco, respectivamente; y hacia el sur por los volcanes de Agua y Pacaya. La extensión del territorio se extiende al norte hasta la confluencia del río el Zapote y las Vacas.

El área de Estudio incluye, con la excepción de una porción, el Valle de la Ciudad de Guatemala y la sección nórdica de el área limitada por las fallas de Santa Catarina y Teocinte/Palencia(Fig. 3-3).

La línea divisoria continental corre de este a oeste y divide el Valle de la Ciudad de Guatemala en las cuencas hidrológicas del norte y el sur. Los ríos hacia el norte de la divisoria continental desembocan en el mar del Caribe y la Bahía de Honduras; mientras que los ríos del sur desembocan en el Océano Pacífico pasando por el lago de Amatitlán .

La meseta central del Valle tiene una elevación de 1,500 - 1,600 m, con elevaciones de terreno en los extremos orientales y occidentales de 1,900 - 2,000 m. . El sur de la divisoria continental tiene una pendiente de 1/50 - 1/60 extendiéndose hacia el lago de Amatitlán. La parte norte de la divisoria es una meseta poco desarrollada.

La mayor parte del área del proyecto es cubierta por cenizas volcánicas cuaternarias, sedimentos piroclásticos o depósitos de aluvión. Los sedimentos volcánicos son erosionados por los ríos constituyendo profundas quebradas ramificadas. La profundidad de las quebradas es de 150-250 m.

Los ríos del área tienen pequeñas áreas de captaciones y la dirección superficial del caudal está determinada por las líneas de las fallas. Las gradientes de los ríos son alrededor del 0.9% en el sur y 1.5% en el norte.

3.2.2 Geología

La geología del área de estudio está primeramente compuesta de las formaciones de rocas que se muestran en la Fig.3-4.

3.2.3 Hidrogeología

La estructura hidrogeológica de el área del estudio es mostrada en la Fig. 3-5.

El espacio de importancia hidrogeológica está definido verticalmente, arriba de los 1,100 m. sobre el nivel del mar, en un estrato de aproximadamente 400 m. de espesor. Esta columna está formada normalmente desde su base y en proporciones variables dependiendo de su posición geográfica, por tobas volcánicas, flujo de lava terciario e ignimbritas.

Las lavas andesíticas y basálticas, por su naturaleza, formas de yacimientos, procesos de consolidación y susceptibilidad al desarrollo de fracturas abiertas, por su dureza, son buenos materiales acuíferos.

Rocas sedimentarias, localmente representadas por piedra caliza y caliza dolomítica, por su alto grado de tectonización, son buenos materiales acuíferos, situación que está condicionada a su relación con amplias zonas de recarga.

La estructura hidrogeológica del área del proyecto es condicionada por eventos tectónicos regionales y locales. La estructura es básicamente un sistema de hundimientos y elevaciones de bloques que hidrogeológicamente se conectan principalmente por medio de fracturas abiertas, ortogonales a los planos de fallas y juntas horizontales. Las zonas de almacenamiento y circulación activa están representadas por los bloques más hundidos y de continuidad regional, que son alimentados de recargas que toman lugar en los bloques levantados y transmitidas por una red de grietas y fracturas laterales interconectando directamente de el material poroso hacia la red de fisuras y fracturas.

Las características hidrogeológicas locales se describen en detalle en el Apéndice I.

La barrera hidrogeológica en el norte del área está formada por rocas metamórficas del Paleozoico y grupos intrusivos extensos del Cretácico. Además, la influencia de un sistema de falla con dirección sur determina para el norte una zona de compresión relativa, que contribuye a restringir el escurrimiento en esta dirección.

En la parte sur del área del proyecto, los límites de recarga y de escurrimiento subterráneo son definidos por las condiciones estructurales de los bloques levantados formados por una secuencia de rocas volcánicas masivas del terciario el cual probablemente sufrió un basculamiento hacia el norte, donde el borde sur es más elevado que el borde norte.

Los límites hidrogeológicos del sur de el valle de la Ciudad de Guatemala pueden ser definidos como una falla de dirección ESE/ONO, localizada aproximadamente a 2.5 Km al sur de San José Pinula.

3.2.4 Hidrometereología

En latitud norte 14°30' - 14°45', está situada el área de Estudio dentro de la zona de clima tropical. Sin embargo, la hidrometereología de la zona, tiene una particularidad única por las características topográficas y geológicas locales. El área comprende una planicie de 1,500 - 1,600 m de terreno ondulado, dividido por la divisoria continental. El área está limitada por montañas de 2,500 - 3,000 m. de altura.

La época seca y época lluviosa se distinguen claramente; la época seca (verano) comprende de noviembre hacia abril y la época lluviosa (invierno), de mayo hacia octubre. El promedio anual de precipitación pluvial es de 900-1,200 mm. La precipitación pluvial se incrementa constantemente en cantidad hacia el norte y sur de la divisoria continental.

El promedio anual de temperatura es del 9°-21°C, y generalmente la temperatura baja en el norte y sube en el sur.

El promedio mensual y anual para la precipitación pluvial, la temperatura, la velocidad del viento, humedad, evaporación y radiación solar ha sido tomada de los boletines del Observatorio Metereológico Nacional de 1970 a 1985, situado justo al sur de la divisoria continental.

Las líneas isoyetas para el promedio anual de precipitación pluvial basadas sobre los boletines de 1970 a 1984 de 17 estaciones metereológicas dentro y alrededor del área de estudio es dada en la Fig. 3-6. Como se puede ver de la figura, la precipitación pluvial hacia el sur es generalmente mayor que en el norte, con 800 mm a 1,600 mm., representando ésta casi el doble de la zona norteña. Mensualmente la precipitación pluvial es mayor en junio con el comienzo de la época lluviosa y en septiembre con el fin de la época lluviosa. La precipitación pluvial mensual máxima es en septiembre.

Sin embargo, las mediciones alrededor del área de estudio son limitadas; y los datos exactos necesarios para la formulación del proyecto son extremadamente incompletos.

De las diez estaciones que disponen de datos a largo plazo, sólo una es de primer rango, una de segundo rango y el resto son de cuarto rango.

Los valores promedio para fenómenos meteorológicos en el área de estudio se basan en datos confiables disponibles y son como siguen:

- (1) Promedio anual de precipitación pluvial de 15 años (1970-1984)

Sector norte	:188	$\times 10^6$	m ³ /año
Sector sur	:344.9	$\times 10^6$	m ³ /año
Sector este	:429.8	$\times 10^6$	m ³ /año

- (2) Temperatura promedio de 15 años

Temperatura máxima anual	:31.1°C
Temperatura mínima anual	: 5.8°C
Temperatura promedio de 15 años	:18.7°C - 21/5°C
Temperatura máxima mensual	:24.2°C - 27.2°C
Temperatura mínima mensual	:14.5°C - 15.1°C

- (3) Evapo-transpiración

80% de valores observados (905 mm/año) : 720 mm/año

- (4) Radiación solar

Radiación solar promedio : 209.2 Cal/cm² hora (15 años promedio)

- (5) Velocidad del viento

Máxima velocidad del viento	:75 Km/H
Mínima velocidad del viento	:15.2 Km/H

3.2.5 Fuentes de Agua

Las fuentes de agua doméstica utilizada por los habitantes de la metrópoli de Guatemala y alrededores son los ríos, aguas subterráneas, lagos y nacimientos de agua.

(1) Aguas de los Ríos

Aproximadamente 70 por ciento ($1.80 \text{ m}^3/\text{s}$) de agua servida por EMPAGUA es derivada de aguas superficiales de ríos dentro y alrededor del área del proyecto.

Mayormente la utilización del agua de río es como sigue:

Planta	Río	Producción (promedio)
Lo de Coy	Xayá-Pixcayá	1.2 (m^3/s)
Santa Luisa	Teocinte	0.3
	Acatán	0.065
	Canalitos	0.02
El Cambray	Pinula, Las Minas	0.08
Las Ilusiones	Teocinte y Acatán Ocotes, El Bijague	0.18

El agua de los ríos no sólo es la fuente para el servicio de agua de EMPAGUA, sino también es directamente utilizada por una parte de población para lavandería, baño y bebida.

Los ríos en el área del proyecto son clasificados como pertenecientes al sistema del río Las Vacas, hacia el norte de la divisoria continental y al sistema del río Michatoya hacia el sur del mismo. Cada río y su respectiva área de captación comprenden los sistemas de ríos como se muestran en la Fig. 3-8.

Como los ríos del sistema del río Michatoya alimentan al lago de Amatitlán, la utilización de estos ríos afectará el nivel de agua del lago. Consecuentemente, esta fuente de agua para el proyecto es poco considerada.

El sistema de las Vacas en el norte, que es parte del gran sistema del río Motagua, se compone de 20 tributarios con la vertiente total dividida entre numerosas pequeñas áreas de captación.

Los caudales de ríos son pequeños y por lo tanto, el sistema no es considerado calificado como principal fuente de agua, aunque tiene el potencial para suplementar el abastecimiento. Las descargas de los ríos son particularmente inadecuadas en la época seca.

Al presente, EMPAGUA desvía aproximadamente $0.525 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ cuando la descarga es abundante, de 7 tributarios de el río Las Cañas, el cual es parte del sistema del río Las Vacas. Sin embargo, en el tiempo de duración de la época seca, el caudal disminuye al 30% en comparación a la época lluviosa. Consecuentemente, estos ríos son inestables como fuente del servicio de agua.

Además los bancos de los ríos en el área de estudio consiste de un altiplano de 200-300 m de acumulación piroclástica, caliza fracturada y lava basáltica con posibilidad de infiltración en el caso que se construyan presas para almacenar descargas de los ríos.

Asimismo, en recientes años la contaminación de los ríos tiende progresivamente a empeorar, con la subsecuente disminución de calidad como fuente apropiada de agua doméstica.

En el futuro PLAMABAG propone para desarrollar $8.5 \text{ m}^3 / \text{seg}$ de fuentes de agua de los ríos Xayá, Pixcayá, Guacalate, Motagua, Negro, Cuílco y otros fuera del área de Estudio como proyectos a largo plazo y constantes fuente de agua.

(2) Agua del Lago

El lago de Amatitlán situado en el sur del área de estudio, no es considerado un apropiado recurso de agua al presente debido al decreciente nivel de agua e incremento de contaminación. Si el lago fuera a ser utilizado como un reservorio de los caudales de los ríos a ser desviados de las cuencas dentro y alrededor del área de estudio, el desarrollo potencial del lago podría ser elevado.

(3) Nacimientos

Hay numerosos nacimientos en el área de estudio, particularmente en el sector sur. El mayor es Ojo de Agua, del

que un promedio de 300 l/seg son tomados por EMPAGUA, para el suministro de agua. Otros pequeños nacimientos son utilizados directamente para agua doméstica por poblaciones cercanas. Estos pequeños nacimientos ofrecen muy pequeñas descargas para ser sistemáticamente explotadas como una fuente del servicio de agua.

(4) Agua subterránea

El agua subterránea se ha identificado como la más apropiada como recurso de agua continuo para contrabalancear el déficit de agua a través de proyectos a corto plazo.

Hay más de 300 pozos profundos, incluyendo los 57 administrados por EMPAGUA, y alrededor de 4,000 pozos poco profundos dentro del área de estudio. Se estima que 45-50 millones de m³ de agua subterránea es actualmente extraída de estos pozos.

PLAMABAG propone el agua subterránea como el recurso de agua continuo para el Plan de Emergencia (I) en base de los siguientes criterios:

- i) Corto período de implementación para la explotación;
- ii) Costos bajos del proyecto, particularmente para el tratamiento de agua y facilidades de conducción; y
- iii) Posibilidades para iniciar en una fecha próxima la implementación del proyecto.

PLAMABAG anticipó un potencial de explotación de 1 m³ /seg en el Valle de la Ciudad de Guatemala dentro del Plan de Emergencia (I).

3.3 Agua Subterránea

3.3.1 El Acuífero

Dos tipos de agua subterránea fueron estudiados. Un tipo es el acuífero no confinado que se denomina acuífero superior. El otro tipo presenta características intermedias entre el acuífero confinado y no confinado, y consiste en agua subterránea que se encuentra en las capas limítrofes entre el acuífero no confinado y el verdadero acuífero confinado. Este segundo tipo se denomina como acuífero inferior. Los dos

tipos de acuíferos difieren en los mecanismos de recarga y en sus unidades litológicas; sus condiciones estructurales son como siguen.

El acuífero superior es el más generalizado acuífero formado por el relleno de materiales piroclásticos sueltos del período cuaternario , y tiene un espesor aproximado de 50 mts con una gran variabilidad en las características hidrogeológicas. Se obtiene un promedio de 200 GPM con un abatimiento de varias decenas de metros. Este acuífero es uno de los más explotados debido a su accesibilidad. En bloques levantados y partes altas de topografía, este tipo de acuífero es comúnmente explotado para uso doméstico. El nivel freático en estas áreas está generalmente muy cerca de la superficie, dentro de los primeros 20 mts, y muestra una gran variabilidad estacional.

El acuífero inferior comprende el acuífero profundo formado por materiales volcánicos consolidados, lavas y toba terciaria así también de calizas cretáceas afectados fuertemente por fallas, fracturas y fisuras. Este acuífero está localizada aproximadamente entre los 1,100 mts y 1,200 mts sobre el nivel del mar y su extensión lateral está controlada por la localización y la densidad de las fallas tensionales.

Este tipo de acuífero es relativamente desconocido y por consecuente muy poco explotado. Empero, en los pocos casos en que este acuífero ha sido alcanzado por perforaciones y pozos adecuadamente diseñados, su importancia productiva ha sido evidente, obteniéndose frecuentemente caudales de 63 l/seg.(1000 GPM)

3.3.2 Circulación del Agua Subterránea

De acuerdo a la característica estructural hidrogeológica se entiende que existe un patrón de circulación regional del agua subterránea, el cual, dentro del área del proyecto, del límite del Valle de Guatemala en la coordenada UTM 772.00E/1619.00N toma una dirección hacia el ENE. (Ver Fig. 3-7)

Localmente, la circulación en su más generalizada forma está expresada como sigue:

De las zonas principales de recarga en el sur, el movimiento se realiza en dirección de NNO hacia el Norte, tomando luego el rumbo noreste bajo la cuenca de cenizas.

La circulación en el acuífero inferior sigue los ductos preferenciales de alta densidad de fractura, de acuerdo al patrón de fallas principales, mientras que en el acuífero superior ello circula conforme a los vectores de permeabilidad. En este caso, el flujo es más uniforme.

3.3.3 Nivel del Agua Subterránea

El nivel de agua subterránea fué investigado según como se explica en las secciones 5.1.3 (Fig. 5-1) y 5.2 (Fig. 5-2, 5-3 y 5-4) del Apéndice I. En sección 5.2 del Apéndice I, se explica que una relación lineal se obtuvo para la diferencia entre el nivel del agua subterránea y la elevación en el mapa de los pozos. La distancia a los puntos plotados de la línea de 45° en el gráfico indica el nivel del agua subterránea.

En el sector norte, el promedio del nivel de agua para cada elevación dieron una profundidad aproximada dentro de los 100 mts y de 120 a 150 mts, llegando el nivel de agua hasta una elevación de 1300 msnm.

El nivel del agua subterránea en el sector sur tiene una profundidad menor de 100 mts y de profundidades entre 150 y 180 mts. Así mismo, existen pozos artesianos en el sector de Ojo de Agua, y su nivel está alrededor del 1300 msnm. Por lo mismo, se puede concluir que en este sector existen acuíferos superior e inferior.

En el sector este existen muchos pozos poco profundos y muchos de éstos tienen niveles de agua subterránea menor de 50 mts. A diferencia de otros sectores mencionados, se cree que esto es una indicación de que se están tomando agua del acuífero superior. Además, muchos de estos pozos con profundidad menores de 1300 msnm están sobre la línea de 45°, y esto parece indicar un flujo artesiano del acuífero inferior.

3.3.4 Prospección Eléctrica

Los detalles de la prospección eléctrica conducidos por la Misión durante el período de estudio es descrito en el Apéndice I. Los resultados de la prospección eléctrica para los sectores este y norte son reunidos como siguen:

(1) Sector Este

En términos de estructuras geológicas, el sector este es una zona levantada limitada por 2 fallas de norte a sur. Sin embargo, existe la posibilidad de una falla de este-oeste a lo largo de la carretera No.9 formando una garganta. Teniendo en cuenta esto, el patrón de flujo en esta región se estima que consiste en:

- i) aquellos que son recargados de la planicie del sur, cerca de Puerta Parada y que fluye al norte,
- ii) aquellos que son recargados de las altiplanicies del Oeste y que fluyen al este; y
- iii) aquellos que son parcialmente recargados de las altiplanicies al norte, y fluyen hacia el norte-este a lo largo de la carretera No.9.

Tres mapas de distribución planar (EL 1400m, EL 1300m y EL 1200m) fué compilado de los resultados del análisis de la curva VES e indica la no existencia de grandes diferencias en la distribución de la resistividad aparente para cada nivel. La correspondencia entre los tipos de estructuraciones de pozos y la resistividad aparente para esta área son mostradas en el Apéndice I, Tabla VI-4. Lo siguiente es una breve descripción de esta relación.

- . El rango de $50\Omega\text{-m}$ o menos, corresponde a materiales piroclásticos o tobas donde existe la posibilidad de que esté saturado por agua subterránea.
- . El rango de $100\Omega\text{-m}$ o más, corresponde a toba soldada o lava andesita-basáltica, donde el rango mayor de $1000\Omega\text{-m}$ corresponde a caliza o basalto (cretáceo).

Fig. 6-16 (1),(2) del Apéndice I muestran el diagrama de distribución de resistividad aparente y el diagrama de distribución de profundidad de agua subterránea para nivel de 1200 mts. de esta

región. De acuerdo a estas figuras, hay una extremadamente buena correspondencia entre la banda de resistividad baja (50 a 100 Ω -m) y las condiciones de distribución de nivel de agua subterránea en las profundidades debajo de 100 mts.

Por otro lado, la banda de alta resistividad corresponde a esquisto de carbón y basalto, el nivel de agua del acuífero superior está generalmente cerca de 70 mts bajo la superficie y tiene un volumen de bombeo extremadamente pequeño. Esto sugiere que el basamento está localizado a poca profundidad y en regiones de superficies de poca pendiente, el agua subterránea fluye siguiendo la pendiente y por lo tanto tiene un pequeño volumen de almacenamiento. De acuerdo a esto, la parte central de la cuenca de sedimento debe ser objeto de investigación para localizar agua subterránea de gran volumen.

En el pozo de prueba No.2 (profundidad 300 mts) implementado como parte de este Estudio, se encontraron materiales piroclásticos a la profundidad de 240 mts y andesita debajo, teniendo el nivel de agua a aproximadamente 95 mts. Por esto, se puede pensar que existe un acuífero superior saturando entre las profundidades de 95 a 240 mts. Se efectuó una prueba de bombeo, no existiendo prácticamente una disminución del nivel de agua aún con un bombeo de 50 lt/seg. Esto es interpretado como que el agua fué bombeada del acuífero inferior y no del acuífero superior.

En el Proyectos 4-3 del sector norte y el Ojo de Agua del sector sur, la presencia del acuífero inferior fué confirmado al nivel de 1300 mts, confirmando la expectación de la existencia del acuífero inferior debajo de 1300 m en esta región.

Por otro lado, en los pozos de prueba No.1 y No.3, llegando a 1300 y 1213 msnm, respectivamente, el bombeo fué extremadamente pequeño de 5-6 lt/seg para ambos lugares y esto indica la posibilidad de existencia de basamentos con pequeñas fracturas y por lo tanto, es necesario la implementación de un estudio geológico detallado para determinar el rango de existencia del acuífero inferior.

(2) Sector Norte (Cerro El Naranjo)

Comparando con el sector este, este sector tiene un valor relativamente alto para la resistividad aparente, con esquisto carbón, andesita y granito, pudiendo ser reconocido en la superficie.

El basamento, por lo tanto, tiene una profundidad relativamente pequeña. No obstante, algunas perforaciones realizadas en este sector, alcanzaron un bombeo estimado en 11 a 14 lt/seg para niveles de agua subterránea de 30 a 100 mts.

El pozo del Proyecto 4-3 (EL 1467 mt, profundidad 304 mts.), tiene un basamento a 115 mts, con un nivel de agua subterránea de 167 mt (EL 1300 m) y su volumen de bombeo fué muy grande (63 lt/seg).

El nivel de agua subterránea está en conformidad con el flujo artesiano del nivel del Ojo de Agua en el sector sur, y extremadamente similar al nivel de agua en los pozos de prueba No.1 y No.2 en el sector este.

Esto significa que el agua subterránea es un acuífero inferior y en el futuro se deben implementar perforaciones de prueba con este tipo de acuíferos. Por otro lado, la topografía en este sector está por encima de 1500 msnm por lo que la profundidad de perforación debe incrementarse o realizar perforaciones en los sectores bajos para explotar este tipo de acuíferos.

3.3.5 Balance de Agua

(1) Acuífero Superior

Como está mostrado en la Fig. 3-1, el área del proyecto ha sido delineado en 3 cuencas hidrogeológicas (norte, sur y este) basados en las cuencas de los ríos, y límites estructurales y geológicos.

Se ha estimado el balance de agua para las 3 cuencas hidrogeológicas, bajo las condiciones impuestas por los factores siguientes, y omitiendo las pérdidas de agua que percola al suelo desde la red de distribución.

Precipitación anual	: estimación de record de precipitaciones existentes de las áreas respectivas
Evapotranspiración anual	: 724 m/m
Escorrentía superficial	
Area norte	: 5.24 lt/seg/km ²
Area sur	: 7.2 lt/seg/km ²
Area este	: 9.0 lt/seg/km ²
Factor de seguridad	: 40% de la reserva de la cuenca

La disponibilidad del agua subterránea del acuífero superior está resumido en la Tabla 3-1.

(2) Acuífero Inferior

1) Condiciones de Captación del Acuífero Inferior

De acuerdo a los datos de la perforación de Ojo de Agua No.1 (No 139, 1300 msnm, profundidad 274 mts) en el sector sur existen andesitas fracturados en profundidades debajo de 110 mts, produciendo un flujo artesiano que se filtran de estas grietas. Además, la mayoría de las perforaciones profundas del No.138 al 146 también tienen flujos artesianos, mostrando como resultado de pruebas de bombeo valores extremadamente grandes como 50 lt/seg y 189 lt/seg. Las elevaciones de las perforaciones varían entre 1240 y 1320 msnm. Las condiciones subsuperficiales no son claras; pero se asume que son las mismas que como para el pozo No 139, con filtraciones de la andesita fracturada (un acuífero inferior). Además, el pozo profundo del Proyecto 4-3 (No.2, 1467 msnm, profundidad 247m) en el sector norte, tiene un estrato de caliza fracturada bajo una profundidad de 115 m con el nivel de agua a 167 m (1300 msnm). El volumen de bombeo fué relativamente grande de 63 lt/seg, sugiriendo un acuífero inferior.

Es más, a pesar de que este pozo está separado en aproximadamente 18 km de los pozos profundos del sector sur, no existe una práctica diferencia en el nivel del agua, cercano a 1300 msnm, indicando la presencia de un acuífero inferior.

El pozo de prueba No.2(1536.9 msnm, profundidad 300 mts) en el sector este, llega a la andesita fracturada en profundidad de 840 m (1296 msnm), dando un bombeo de 50 lt/seg. El nivel de agua de esta

perforación indica 95.81 mts y esto es la parte superior , indicando la presencia del acuífero superior e inferior.

2) Almacenamiento Estimado

En general, el acuífero inferior contenido en estratos portadores de agua en monoclinal y en estructura de tazón se considera no fluyentes, a excepción de algunos, siendo difíciles las mediciones de las descargas. Los acuíferos inferiores como éstos tienen una recarga proporcional al manto del agua tomada de ellos.

Esta recarga proviene de lugares elevados y que no estén cubiertos de estratos impermeables, y está frecuentemente regulado por formaciones geológicas de gran escala que se extienden fuera de la región.

El acuífero inferior en este sector tiene un estrato portador de agua consistente en carbón-esquistos y basaltos fracturados cretáceos así como lavas y tobas terciarias. Estos estratos fracturados están dominados por las fallas existentes en el sector y tienen una alta permeabilidad. Los puntos donde éstos se intersectan se tienen una buena perspectiva. Al presente, un detallado estudio geológico no ha sido todavía efectuado y por lo tanto, es imposible ubicar estas posiciones. Una investigación futura es por lo tanto, deseable.

Como se explicó anteriormente, resultados de perforaciones anteriores dieron un estimado de nivel de agua aproximado de 1300 msnm e indica un potencial productivo general de 60 lt/seg.

Por lo tanto, es necesario que las futuras prospecciones de acuíferos inferiores lleguen a estratos fracturados debajo de 1300 msnm en los pozos previamente descritos.

La estimación de almacenamiento para el acuífero inferior para este sector fué calculado de la forma del terreno y la superficie geológica y se asume lo siguiente. El área analizada sigue la división de bloque acuífero superior.

Probabilidad de existencia de basamentos a 1300 msnm	: Norte 50%, Este y Sur 30%
---	--------------------------------

Probabilidad de existencia de zonas fracturadas en basamento	: 10%
Porosidad de fractura	: 30%
Zona de fractura	: 50 mts
Probabilidad de bombeo posible	: 30%

Los resultados de los cálculos están dados en la Tabla.3.2

3) Descarga Estimada

En general, la recarga a los acuíferos inferiores ocurre primero cuando es efectuado el bombeo, y esta recarga proviene de las áreas de recarga de tierras alejadas, (donde existen afloramientos de rocas que forman estratos portadores de agua). Por lo tanto, normalmente no existen problemas de caudal siempre que no se bombee excesivamente. El bombeo excesivo de grandes volúmenes trae una temporal o local disminución del nivel de agua subterránea; lo cual puede conducir a desastres como hundimientos del suelo. Esta disminución local de agua subterránea ocurre cuando el bombeo excede bastante a la recarga posible dentro de los estratos portadores de agua. Por lo tanto, la predicción de la descarga provee una guía para la explotación del acuífero. En general, la descarga puede ser estimada del coeficiente de permeabilidad de los estratos. Los coeficientes de permeabilidad de los pozos de investigación No.1, No.2, No.3 fueron usados para estimar las descargas, como se muestran en la Tabla 3-3.

3.3.6 Perforaciones de prueba

Durante el período de investigación, fué efectuado perforaciones de prueba en 6 lugares para determinar las características del agua subterránea y la naturaleza geológica de los acuíferos. Las especificaciones, los resultados de pruebas de bombeo se muestra en la Tabla 3-4, 3-5 y 3-6

En base a lo mencionado arriba, el potencial de producción está determinado como sigue:

Pozo Nº 1 : Pequeño potencial como pozo de producción

Pozo Nº 2 : Se anticipa una producción extremadamente alta

Pozo Nº 3 : Tiene buena posibilidad; pero requiere perforación de 340 a 400m.

Pozo Nº 4 : No tiene potencial como pozo de producción

Pozo Nº 5 : Tiene potencial como pozo de producción

Pozo Nº 6 : Se anticipa una producción alta.

Muestras de agua fueron tomados de los pozos Nº 1, 2 y 3, entre las 48 a 60 horas después del bombeo y estas muestras fueron sujetos a análisis en el laboratorio de ERIS para determinar su potabilidad. La potabilidad para los tres pozos fueron evaluados como siguen:

Nº 1 : Ningún problema en su potabilidad.

Nº 2 : Es necesario, después de un período apropiado de espera, extraer nuevas muestras y efectuar análisis para determinar si la contaminación encontrada en las muestras iniciales pertenece al pozo en sí, o bien fué introducido por medio de los procedimientos de perforación. Al presente, ninguna muestra era potable sin el tratamiento biológico apropiado.

Nº 3 : Las muestras presentaban altos niveles de turbidez, color, contenido total de hierro, sólido y minerales. Para poder volverla potable, el agua requiere un tratamiento adecuado a fin de reducir los valores anteriores a niveles aceptables.

3.4 Características Socio-Económicas

3.4.1 Población

La población de la metrópoli de Guatemala en 1985 es estimada en 1.5 millones que representan el 19% de el total de la población nacional. Conforme al más reciente censo en 1981, en el área del Proyecto la población fué de 1,134,702, el cual indica una tasa de crecimiento anual de 2.12% en los 8 años siguientes, al previo censo de 1973. Esta es más baja que la tasa de crecimiento nacional de 3.03%. El valor más pequeño es atribuible a la extremadamente baja tasa de crecimiento de 0.93% para el Municipio de Guatemala.

La proyección de población futura para la metrópoli de Guatemala ha sido formulada por EMPAGUA, PLAMABAG y EDM. Todas estas proyecciones prevén una mayor tasa de crecimiento de población que aquella identificada en el censo de 1981. Las tasas proyectadas son 5% por EMPAGUA, 4.5% por PLAMABAG y 4.8% por EDM.

3.4.2 Socio-Economía

En 1980, la población metropolitana fue estimada en 960,564 para un total de 204,509 viviendas con un promedio aproximado de 4.7 personas/vivienda. La Figura 3-11 muestra la frecuencia de distribución de habitaciones/vivienda y personas/vivienda.

Viviendas con dos habitaciones fueron las más frecuentes con el 21.3% mientras que viviendas con cinco habitaciones o menos constituían el 83.4% y con seis habitaciones o más el 16.6%. Las familias de cuatro personas eran las más frecuentes llegando al 22.0%, mientras que familias con cinco o menos constituían el 70.3% y familias con seis personas o más el 29.7%.

La población económicamente activa fue estimada en 35% y la desempleada en 3.6% en 1980. El número de personas que cuentan con ingresos económicos en la metrópoli de Guatemala fue estimada en 379,723, equivalente a 1.9 por familia. De las personas con ingresos el 61.5% son empleados (70% masculino, 30% femenino) y 25.7% son trabajadores por cuenta propia (56.2% masculino, 43.8% femenino). Más de la mitad de los empleados femenino y masculino estaban comprendidos entre los 20 y 39 años de edad. Igualmente, más de la mitad de trabajadores por cuenta propia eran de 40 años de edad o mayores.

Con respecto al nivel de ingresos, las familias que ganan entre Q2,400 y Q4,800 por año eran las más numerosas, representando el 33 %. Familias con ingresos menores de Q4,800 por año constituían el 55%, pero recibían menos del 25% de los ingresos totales.

3.4.3 Usos de la Tierra

Desde el establecimiento en 1775 como la capital de Guatemala, la Ciudad Guatemala se ha desarrollado como el núcleo de la política y economía del país. El área se ha expandido para circundar la que es conocida como la metrópoli de Guatemala, con una población actual de 1.5 millones.

Como se ha podido ver en el mapa de la división de distribución de tierra en la Figura 3-14, la erosión de barrancos suman un estimado del 36% del área total de tierra en la metrópoli de Guatemala y alrededores. Dentro de la metrópoli de Guatemala, la urbanización es más intensa en la cercanía de la divisoria continental donde la división de tierra es al presente menor.

Basados sobre los datos de INAFOR, el estado del uso de la tierra en la metrópoli de Guatemala es como sigue (Fig. 3-13):

Uso Presente de la Tierra

	Area (Km ²)	Porcentaje del total
Residencial	97.9	20.9
Comercial	3.7	0.8
Pública	10.8	2.3
Industrial	8.4	1.8
Bosques	88.5	18.9
Agricultura	119.0	25.4
Otros	140.1	29.9
Total	468.4	100.0

La tasa de crecimiento actual es del 3-4% para la metrópoli de Guatemala. En respuesta a este crecimiento de población, el terreno plano sobre la periferia urbana ha sido convertido en área residencial.

Paralelamente, se han deteriorado el manejo y conservación de áreas agrícolas, boscosas y pasturas.

3.5 ABASTECIMIENTO DE AGUA

3.5.1 Instituciones del Servicio de Agua

Al presente, el servicio de agua en el área servida por EMPAGUA en la metrópoli de Guatemala es proveído por las siguientes fuentes:

- (1) EMPAGUA
- (2) Agua del Mariscal, S.A. (Compañía privada de abastecimiento de agua)
- (3) Sistemas individuales de abastecimiento de agua del ejército e instituciones gubernamentales, escuelas públicas, hospitales públicos, etc.
- (4) Propietarios privados de pozos.
- (5) Utilización directa de agua de nacimientos y ríos.
- (6) Distribución privada de agua embotellada.

EMPAGUA, es una corporación pública creada en 1972 para proveer el servicio de agua a la Ciudad de Guatemala y las áreas satélites urbanas que comprenden la metrópoli de Guatemala. La institución es la responsable del mejoramiento, expansión, planificación e implementación para nuevos desarrollos y operación y mantenimiento de los servicios de agua. En 1985, EMPAGUA produjo entre 2.374 m³/seg y 2.717 m³/seg (promedio 2.553m³/seg) suministrando servicio de agua a 114,000 viviendas comprendiendo aproximadamente 620,000 a 800,000 personas.

Agua del Mariscal, S.A., constituye una compañía privada que sirve aproximadamente a 10,000 consumidores principalmente en el centro de la Ciudad de Guatemala. La compañía utiliza principalmente el agua subterránea como su fuente de agua y produce alrededor de 20,000 m³/día (0.2315 m³/seg.)

El agua usada para escuelas públicas, hospitales públicos y otros medios públicos es administrada por el Ministerio de Obras Públicas y consiste principalmente del abastecimiento de agua subterránea de pozos individuales.

El suministro de agua para establecimientos militares tales como barracas y bases militares es proveída de los pozos de agua construidos y administrados por el Ejército. Varios hoteles, establecimientos comerciales y algunas residencias operan pozos propios. En el área rural, la población utiliza tanto pozos individuales como pozos cooperativos, además del uso directo de agua de nacimientos y ríos.

Además de las fuentes mencionadas, agua potable embotellada es producida por compañías privadas y vendidas a Q.1.25 por galón.

Ambas entidades EMPAGUA y MARISCAL aplican un canon mensual fijo más cargas por accesos.

3.5.2 Sistema e Instalaciones de Abastecimiento de Agua

(1) Sistemas de Producción

EMPAGUA opera y mantiene siete sistemas de producción de agua, produciendo un máximo de 2.717 m³/seg, un mínimo de 2.374 m³/seg y un promedio de 2.553 m³/seg. (Las cifras son récords de un año comprendido entre octubre 1984 y setiembre 1985).

Las plantas para los siete sistemas de producción son mostradas en la Figura 3-14. Con la excepción de pozos, los medios de producción son localizados en la periferia del área de servicio de agua de EMPAGUA.

Recursos de agua, medios existentes, porcentaje del total de producción, y las principales áreas servidas para los siete sistemas son como se muestra en la Tabla 3-7.

(2) Producción de agua

El promedio de producción de agua durante los seis años pasados para cada uno de los siete sistemas de producción de EMPAGUA es como se muestra en los cuadros siguientes según los datos de EMPAGUA.

Año	Santa Luisa	El Cambray	Lo de Coy	La Brigada	Ojo de Agua	Las Ilusiones	Pozos de la ciudad	Total
1980	0.363	0.174	0.697	0.055	0.582	0.161	0.133	2.165
1981	0.367	0.186	0.795	0.084	0.543	0.164	0.124	2,263
1982	0.331	0.179	1.043	0.123	0.543	0.177	0.154	2.541
1983	0.332	0.167	1.000	0.055	0.607	0.211	0.140	2.512
1984	0.331	0.174	1.000	0.062	0.562	0.233	0.180	2.542
1985	0.325	0.177	1.022	0.097	0.539	0.219	0.177	2.556
Promedio	0.342	0.176	0.926	0.079	0.561	0.194	0.151	2.429
% del total	14%	8%	38%	3%	23%	8%	6%	6%

Año	Promedio Anual Producido	Mínimo	Máximo	Indice de Crecimiento
1980	2.17	2.05	2.25	1.00
1981	2.26	2.10	2.56	1.04
1982	2.54	2.36	2.67	1.17
1983	2.54	2.41	2.62	1.17
1984	2.52	2.36	2.72	1.16
1985	2.56	2.37	2.74	1.18
Promedio	2.43	1.18	1.59	--

Unidad: m³/seg.

Basados en los datos de arriba, el sistema de producción de agua en EMPAGUA en 1982 muestra más del 12% de incremento en comparación al año anterior. Sin embargo, después de 1982, el nivel de producción se mantuvo prácticamente igual.

Los datos indican una fluctuación considerable en la tasa de producción total por sistemas, implicando una inestabilidad en la estructura de producción.

La diferencia entre la máxima producción y la mínima producción es de 15% - 20% para los sistemas de producción. Pero en

Ojo de Agua el citado valor anual está por encima del 50%, alcanzando a veces el 70%.

Esta inestabilidad en la producción no es sólo debido a las fluctuaciones estacionales en el caudal de las fuentes de agua, sino también a las reducciones en la eficiencia operativa debido a la obsolescencia de medios e inadecuada O/M.

(3) Fuentes de Agua

De los siete sistemas de producción de EMPAGUA, cinco se basan principalmente en las descargas de los ríos como fuente de agua.

Aproximadamente el 63% de la producción de EMPAGUA es de caudales superficiales, y el restante 37% es de agua subterránea (incluyendo agua de nacimientos). Casi todos los ríos que sirven de fuente de agua (60% de la producción) están situados fuera del área de estudio.

Un promedio de 0.30 m³/seg es extraída por EMPAGUA del Ojo de Agua. Un adicional de 0.62 m³/seg de agua subterránea es obtenida de aproximadamente 40 pozos en el área.

	Máxima	Media	Mínima
Producción requerida	2.836	2.836	2.836 m ³ /seg
Producción actual	2.717	2.553	2.374
Déficit	0.119 4%	0.283 10%	0.462 15%

La Tabla 3-8, indica el estado del abastecimiento de agua en la Ciudad de Guatemala. El servicio es dividido entre tres categorías dependiendo de la naturaleza de estas: continuo (N) intermitente (I) y discontinuo (D).

3.6 EMPAGUA

3.6.1 Generalidades

EMPAGUA, la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala, fue creada por el Concejo Municipal el 28 de noviembre de 1972. EMPAGUA comenzó sus operaciones el 1 de Enero de 1973.

Los objetivos de EMPAGUA son la provisión, mantenimiento, mejoramiento y expansión del servicio de agua potable en la Ciudad de Guatemala, y municipios vecinos con los que se acuerden convenios respectivos.

Administrativamente, el Gerente de EMPAGUA rinde cuentas a la Junta Directiva cuyo Presidente es el Alcalde de la Ciudad de Guatemala, y su Secretario es el Gerente General de EMPAGUA. Le asiste al Gerente General un Subgerente Técnico y un Subgerente Administrativo. La estructura de la organización de EMPAGUA en 1985 es dada en la Figura 3-15.

Funcionalmente y financieramente, EMPAGUA es una organización independiente. Sin embargo, con respecto a las principales acciones administrativas tal como la modificación de las tarifas a los usuarios, la decisión gerencial debe ser aprobada por la Junta Directiva y por el Concejo Municipal de la Ciudad de Guatemala

EMPAGUA tiene una relación estrecha con el Ministerio de Comunicaciones (MCOPT), el cual tiene a su cargo la construcción del Acueducto Nacional de Xayá-Pixcayá. Esta cooperación se supone que continuará encargándose el Ministerio de desarrollar nuevas fuentes de agua y EMPAGUA responsabilizándose de la administración y distribución de aguas.

3.6.2 Estado Financiero

El reciente estado financiero de EMPAGUA se indica en las Tabla 3-9 al 3-11. La parte principal de los activos de EMPAGUA consta de propiedad, planta y equipo, el cual, libre de depreciación, ascendió en los últimos tres años a alrededor del 70% del total de los activos. A la creación de EMPAGUA, la Municipalidad de Guatemala le transfirió activos físicos. Más tarde, además de emprender sus propias obras, toda obra de abastecimiento de agua en la Ciudad de Guatemala fue transferida a EMPAGUA, aún cuando éstos fueran llevadas a cabo por otras dependencias gubernamentales

(ejemplo, Acueducto Nacional Xayá-Pixcayá). Sin embargo, en el caso de algunos de estos trabajos, solamente se le cedió a EMPAGUA, la autoridad administrativa y no su propiedad.

Cuentas por cobrar ha aumentado progresivamente del 8.1% en 1982, al 8.5% en 1983 y 11.4% en 1984. La pérdida acumulada era de Q.13,747,144, es decir, el 25.1% del pasivo total en 1982. Para 1984 pérdida acumulada aumentó a Q.19,362,710, equivalente al 35.7% del pasivo total.

Las cuentas por pagar han aumentado cada año llegando al 47.9% del pasivo en 1984. En 1984, la mayor parte de cuentas por pagar se le atribuyó a la energía eléctrica (Q21,648.544, es decir un 39.9% del total de los pasivos) y los pagos al IGSS (Q.3,079,485, es decir 5.7% del total de los pasivos).

El ingreso anual de EMPAGUA en 1984 fué de Q11,515,637. Las fuentes de ingreso más importantes eran la venta de agua (84%) y la venta de títulos de agua (13.3%).

Los egresos en 1984 eran Q 13,814,336 excediendo los ingresos en un 20%. Los gastos de Operación y Mantenimiento constituyen alrededor del 70% de gastos totales en los últimos tres años. Aún cuando los gastos totales de EMPAGUA exceden sus ingresos, los costos directos (O/M) son menores que el total de ingresos. Los ingresos de operación resultantes, ascienden a un 25.6% en 1982, 7.7% en 1983 y 14.4% en 1984.

El rublo mayor en los costos de O/M ha resultado ser la electricidad; que abarca más de la la mitad. Sin embargo, se pudo observar en los pasados tres años una tendencia decreciente en los últimos tres años (58.2% en 1982, 55.7% en 1983, 52.3% en 1984). La segunda partida de gasto en O/M ha sido la de salarios y bonificaciones; ésta abarca alrededor de un quinto y también se pudo observar una tendencia a decrecer en el mismo lapso de tiempo (22.4% en 1982, 20.8% en 1983, 19.4% en 1984). Los gastos por químicos aumentaron drásticamente de un 9.3% en 1983, a un 15.0% en 1984, mientras que los gastos por depreciación se mantuvieron estables en un 7.7%.

3.6.3 Indices Financieros

La información contenida en los estados financieros de EMPAGUA que abarca de 1982 a 1984, fué resumida como Indices financieros y se presentan

en la Tabla 3-12. Estos índices pertenecen a tres grupos que son: índices de liquidez, índices de endeudamiento, e índices de rentabilidad.

Durante el período 1982-1984 el problema de liquidez de EMPAGUA era evidente, ya que el activo circulante cubría menos de la mitad del pasivo circulante. De 1983 a 1984, el problema de liquidez se agravó particularmente. Además de esto, se observó que el período para el cobro de las facturas de agua tendía a aumentar anualmente. Como resultado de esto, las cuentas por cobrar en 1984 ascendieron aproximadamente a la mitad de las ventas anuales, dejando entrever un serio problema de cobros debido a una alta proporción de cuentas atrasadas.

Durante los pasados cuatro años, el índice de endeudamiento de EMPAGUA ha aumentado progresivamente, a tal grado que en 1984, casi el 60% de los activos de EMPAGUA fueron financiados con fondos prestados. Es significativo el hecho de que la deuda a corto plazo constituye una proporción excesivamente alta de las deudas totales.

Los márgenes de ganancia neta constituyen las relaciones entre ingresos netos y ventas netas y han sido siempre negativos debido a las crónicas pérdidas financieras de EMPAGUA desde su creación.

En el período de 1982-1984, la relación entre los ingresos operativos y los activos fluctuó entre 1.5% y 5.3%. La negativa rentabilidad sobre inversiones de EMPAGUA se debe a los márgenes negativos de ganancia neta descritos con anterioridad, que a su vez son causados por gastos excesivos en relación con las ventas. Además la baja rotación de los activos contribuye a la desfavorable tasa de rentabilidad sobre inversiones que se registra en EMPAGUA.

3.6.4 Aspectos Institucionales

(1) Mejoramiento del Sistema Administrativo

Arévalo Pérez y Asociados, una firma de Auditores y Contadores de Guatemala, en su informe fechado en diciembre de 1983, presentó un diagnóstico de EMPAGUA de acuerdo a las siguientes áreas:

- i) Organización
- ii) Contabilidad
- iii) Auditoría Interna

iv) Procesamiento Electrónico de Datos

v) Facturación y Cobranza

El informe de Arévalo Pérez recomendó la reubicación de las oficinas de EMPAGUA, además de elevar la Unidad de Servicios Comerciales a nivel de Dirección. Estas recomendaciones han sido implementadas. De igual manera, se recomendó acelerar la preparación de los informes contables y financieros, el reemplazo o la reparación y mantenimiento de los medidores de agua, la asignación de suficiente personal para la lectura de éstos, la observancia del programa de facturación y cobranza y autonomía para cambiar el valor del canon de agua tan frecuentemente como las circunstancias lo justifiquen.

Muchas de las recomendaciones de Arévalo Pérez se han implementado o bien están en proceso de implementación.

Un estudio financiero e institucional realizado en febrero de 1985, por Sturla, un Consultor de OPS, recomendaba la eliminación gradual o inmediata de las "pajas" o títulos de agua, basándose en el hecho de que mientras los títulos se confieren a perpetuidad, la vida útil del sistema de abastecimiento de agua no excede los 40 años. Una recomendación acerca de la cancelación de la deuda por medio de subsidios gubernamentales permitiría a EMPAGUA una creciente capitalización. La clasificación de las cuentas por cobrar por antigüedad es una recomendación que permitiría a la administración de EMPAGUA tomar las medidas necesarias para reducir las cuentas a cobrar al equivalente de las facturas de un mes.

La implementación continua de las recomendaciones dadas en los informes anteriores, aunado con ajustes apropiados y oportunos, deberían dar como resultado un significativo fortalecimiento institucional de EMPAGUA, lo que se lograría a través de mejoramientos en su sistema administrativo y su situación financiera.

Una loable acción tomada por la nueva administración de EMPAGUA consiste en establecer turnos de fin de semana compuestos por tres jefes e ingenieros que pueden dar solución a cualquier problema que le ocurra al usuario en el transcurso del fin de

semana. Esta medida debe mejorar considerablemente los servicios de EMPAGUA, así como la percepción pública de los servicios prestados por la empresa.

(2) Mejoramiento financiero

Financieramente, EMPAGUA debe de obtener suficientes ingresos para cubrir los costos de operación y mantenimiento, costos de depreciación, gastos administrativos, pago de préstamos, y para financiar, al menos, parte de las expansiones futuras. De aquí surge la importancia de poder cambiar las tarifas de agua cuando las circunstancias lo justifiquen.

Han ocurrido incrementos en los cánones de la manera siguiente: en 1974 una vez, en 1980 una vez, y en 1981 dos veces; siendo los tres últimos aumentos de un 33% cada uno. La nueva administración de EMPAGUA, comprendiendo la urgencia de aumentar los cánones de agua si el servicio iba a ser mejorado o expandido en respuesta a la demanda, ha implementado una nueva tarifa que entró en efecto el primero de Julio de 1986, a excepción de la categoría de servicio marginal (1/3 paja= 20 m³/m) debido a consideraciones sociales. La nueva tarifa parece estar bien fundamentada ya que de acuerdo a datos históricos, aunque las conexiones del servicio marginal se estimen en un 10% del total, ascienden solamente a un 5% del consumo y a un 3% de los ingresos.

Una indicación sobre la habilidad de los usuarios de pagar por agua está dada en la proporción de gastos en agua en relación al ingreso familiar anual que en 1980 fué de 1.41% para aquellas que ganaban menos de Q1,200 por año y 1.01% para aquellas que ganaban menos de Q2,400 por año. Para niveles de mayores ingresos, los gastos en agua constituyeron menos del 1%, y para aquellas familias que ganaban más de Q7,20 fué de menos del 0.5%. Aún tomando en cuenta los tres aumentos en los cánones, que ascienden a un 100% y que tomó lugar en 1980-1981, los gastos por agua constituyeron una mínima fracción del ingreso de la familia. Ya que la nueva tarifa excluye el servicio prestado a los grupos marginales, el resto de los grupos consumidores deben de ser capaces de absorber el aumento de los cánones sin mayores dificultades.

3.7 Impacto Ambiental

3.7.1 Ambiente Natural

En 1985, la población de la metrópoli de Guatemala era diez veces más de la que había en 1940, cinco veces más de la que había en 1950, y tres veces más de la que había en 1960. Este rápido crecimiento del área metropolitana ha traído consigo patrones que cambian el uso de la tierra, causando alteración y algunas veces, la destrucción de la fisionomía topográfica natural, y de drenaje, la retracción de la cobertura vegetal y otros problemas ecológicos.

El crecimiento acelerado de la población y la urbanización plantea los siguientes impactos ambientales, en lo que concierne específicamente a fuentes domésticas de agua en el área de la metrópoli:

- i) Destrucción del mecanismo de recarga de las fuentes de agua.
- ii) Contaminación de ríos y otras fuentes de agua.
- iii) Explotación excesiva del agua subterránea y el posible agotamiento del acuífero.

Aunque no hay datos disponibles que clarifiquen cuantitativamente el grado de urbanización de tierra que antiguamente estaba forestada, o bien, pertenecía a la agricultura, es claro que si continúan las tendencias actuales por algún tiempo, sin tomar el interés necesario para proteger el medio ambiente natural de la destrucción de la fisionomía de la cobertura vegetal y la topografía natural, será imposible la conservación de los recursos acuáticos en el área.

Los ríos del área se han contaminado debido a un sistema inadecuado de drenaje o alcantarillado, que no ha sido capaz de desarrollarse de acuerdo al crecimiento urbano. El status de la contaminación de los ríos se describe en Apéndice III. Es evidente que la calidad del agua de los ríos del área está perdiendo progresivamente su potabilidad y conveniencia para usos domésticos.

3.8.2 El Ambiente de Vida Diario

De acuerdo con los datos de OMS/OPS para 1982, las tasas de mortandad debido a enfermedades intestinales e infecciosas en la metrópoli de Guatemala, se dividen en la forma como se especifica en la tabla de

abajo. Es particularmente alta la tasa de mortandad para la categoría de 1 mes a 14 años de edad.

Grupo de Edad	Tasas de Mortandad (%)
28 Días - menos de 1 año	31.9
1 año - 4 años	33.4
5 años - 14 años	7.2
15 años - 44 años	9.1
45 años - 69 años	8.6
Más de 65 años	9.6
Más de 65 años	0.2
Desconocidos	
Mortandad intestinal total	18.7

Las principales enfermedades que causan la muerte son: la diarrea, mal nutrición, parásitos, etc.

A lo siguiente se le atribuye la alta tasa de mortandad y la incidencia de enfermedades:

- i) Escasez de agua potable
- ii) Inadecuado sistema de alcantarillado o drenaje
- iii) Falta de educación, en lo que se refiere a salud y saneamiento, entre el pueblo en general.

De acuerdo con el Censo de 1981, un 88.5% de la población de la metrópoli está provisto de agua potable proveniente de medios públicos o privados. Los restantes 11.5% obtienen agua para usos domésticos directamente de pozos poco profundos, ríos, manantiales y lagos.

En comparación con el servicio de agua, el alcantarillado se ha quedado considerablemente rezagado. A la fecha, solamente un 56.6% de la población del área está conectada al servicio de saneamiento público. Pero al incluir los servicios de saneamiento privados el 62% de la población se beneficia de los servicios de saneamiento. Aproximadamente un 5% de la población carece de servicios sanitarios.

En el Apéndice IV, se describe el status de las instalaciones existentes para la eliminación de desechos o basura y sistema de drenajes.