

INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO  
PARA  
EL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  
DE LA CIUDAD DE MANAGUA, FASE II  
EN  
LA REPUBLICA DE NICARAGUA

JICA LIBRARY



J1148312 (0)

DICIEMBRE 1998

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)  
ASIA AIR SURVEY CO., LTD  
NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD

GRO

CR (3)

98-195

INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO PARA EL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA CIUDAD DE MANAGUA, FASE II EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA

DICIEMBRE 1998

JICA  
617  
618  
GRO  
LIBRARY







EMPRESA NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS  
Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS  
REPUBLICA DE NICARAGUA

INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO  
PARA  
EL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE  
LA CIUDAD DE MANAGUA, FASE II  
EN  
LA REPUBLICA DE NICARAGUA

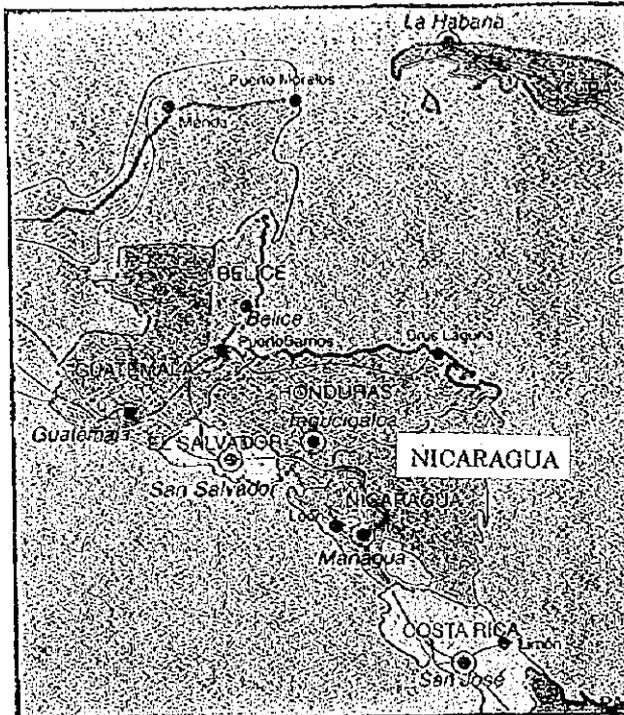
DICIEMBRE 1998

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON(JICA)  
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.  
NIHON SUIDO CONSULTANTS CO., LTD.

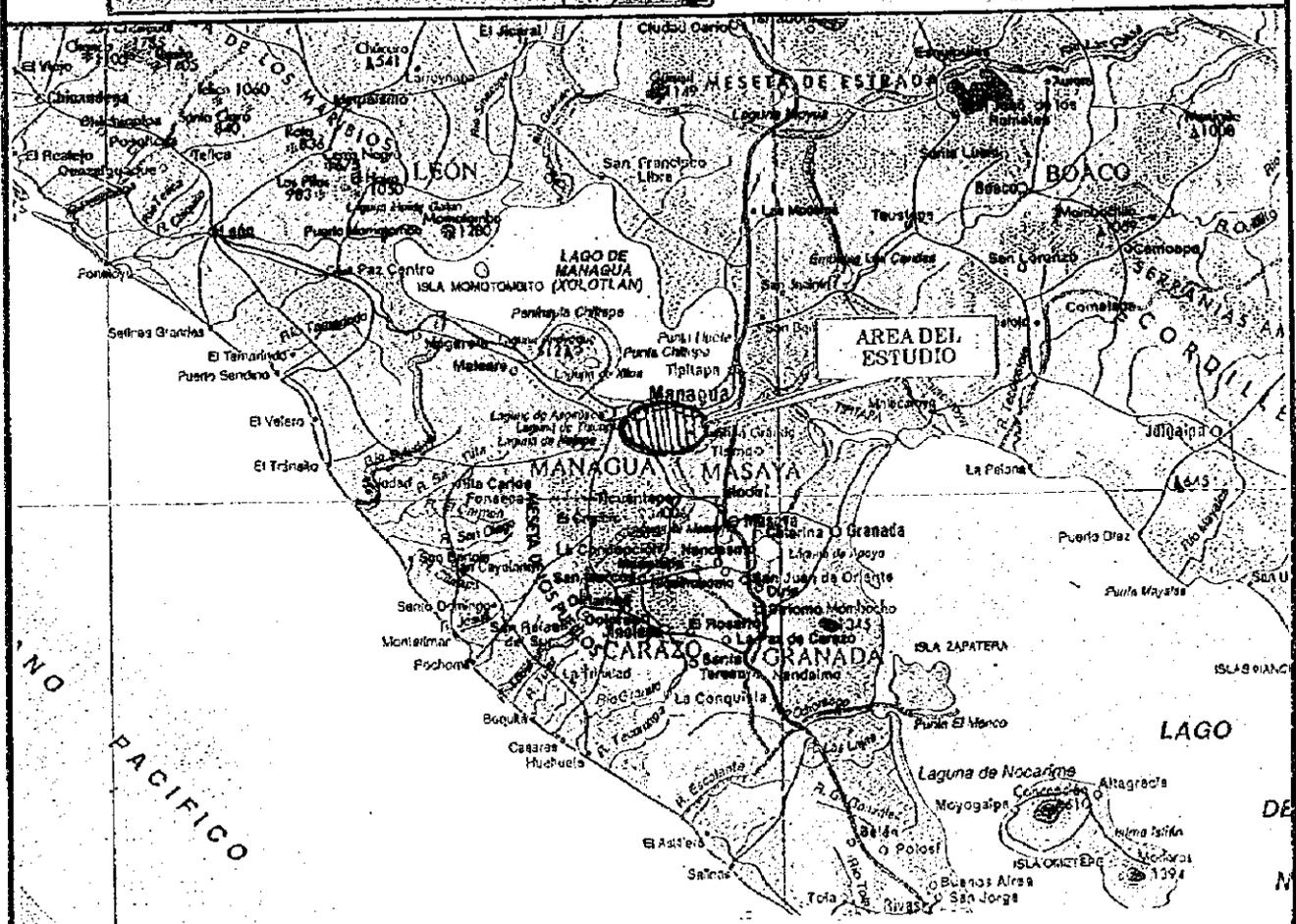


1148312 (0)

# EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANAGUA, FASE II

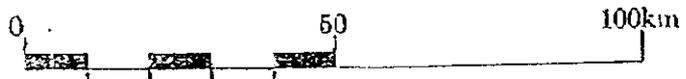


## UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



NICARAGUA Y EL MUNDO,  
ATLAS BASICO ILUSTRADO

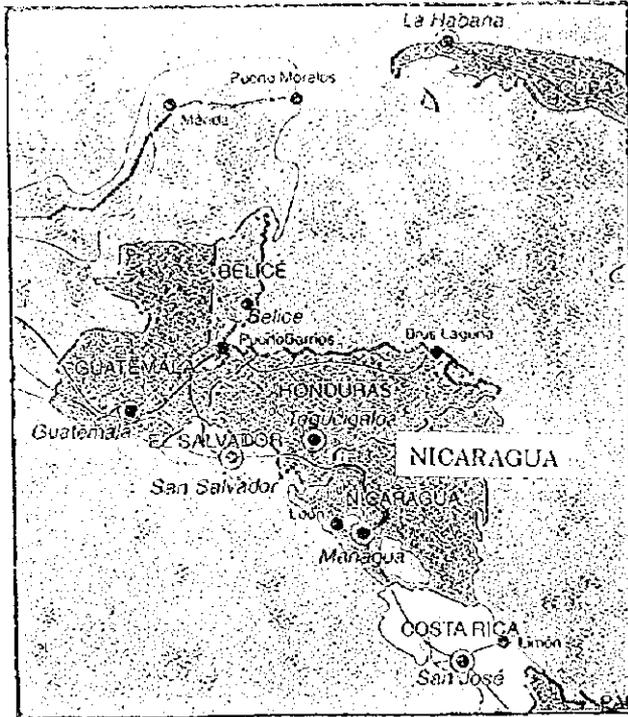
ESCALA 1:150,000



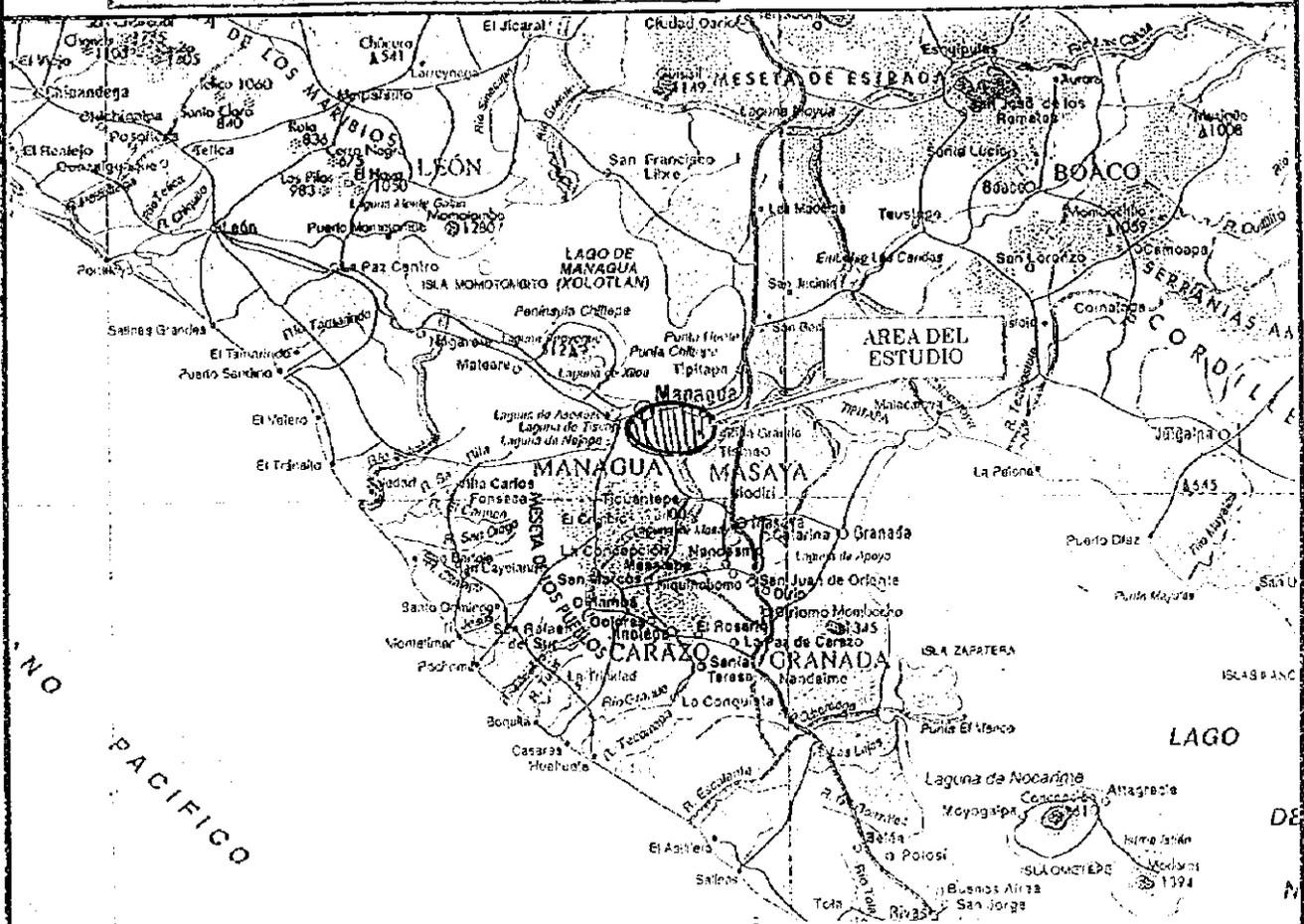


1148312 [0]

# EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE MANAGUA, FASE II

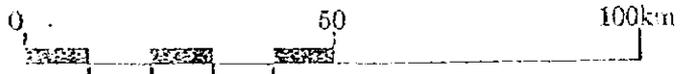


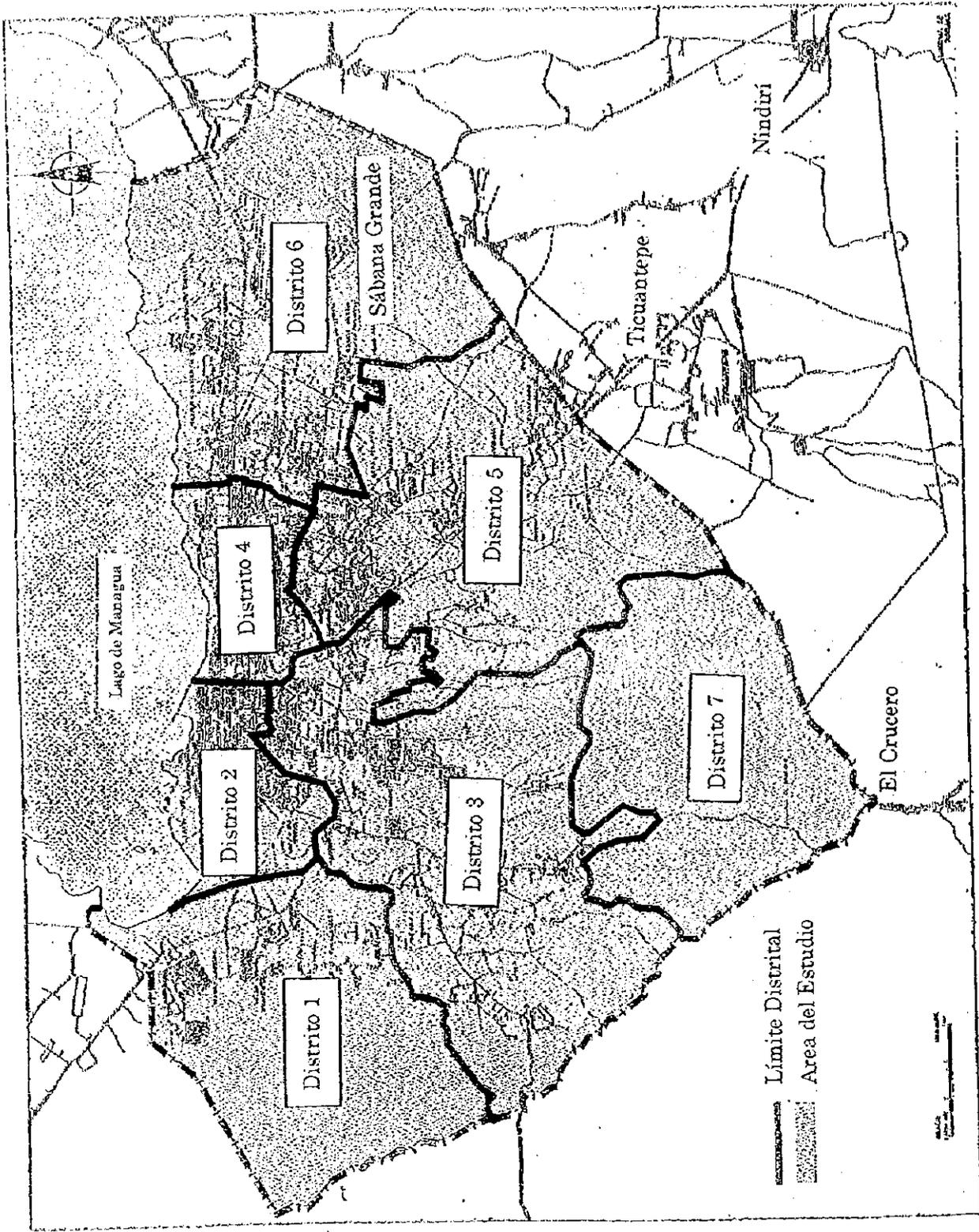
## UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO



NICARAGUA Y EL MUNDO,  
ATLAS BASICO ILUSTRADO

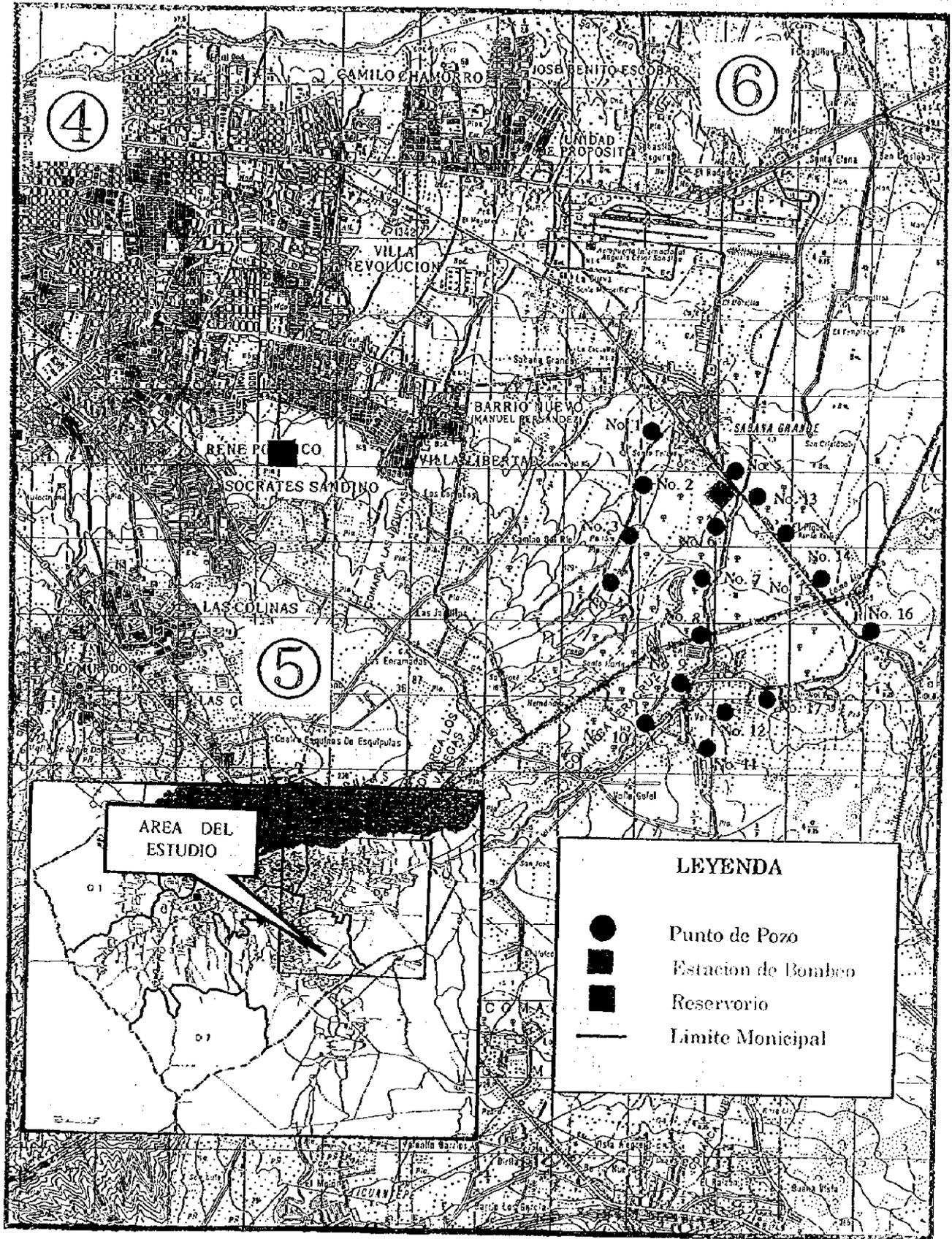
ESCALA 1:150,000





**PLANO DE DISTRITOS DE MANAGUA**

# PLANO DE DISTRIBUCION DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO





## PREFACIO

En respuesta a la solicitud del Gobierno de la República de Nicaragua, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de diseño básico para el Proyecto de Abastecimiento de Agua en la Ciudad de Managua, Fase 2 de la República de Nicaragua y encargó dicho estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

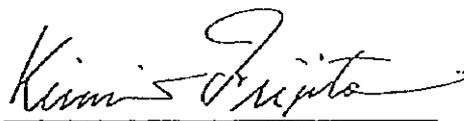
JICA envió a Nicaragua una misión de estudio desde el 9 de Junio hasta el 17 de Julio de 1998.

La misión sostuvo discusiones con las autoridades relacionadas del Gobierno de Nicaragua y realizó las investigaciones en los lugares destinados al Proyecto. Después de su regreso al Japón, la misión realizó más estudios analíticos. Luego se envió otra misión a Nicaragua con el propósito de discutir el borrador del diseño básico y se completó el presente informe.

Espero que este informe sirva al desarrollo del Proyecto y contribuya al promover las relaciones amistosas entre los dos países.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a las autoridades pertinentes del Gobierno la República de Nicaragua, por su estrecha cooperación brindada a las misiones.

Diciembre, 1998



Kimio Fujita

Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Diciembre, 1998

## ACTA DE ENTREGA

Tenemos el placer de presentarle el Informe del Estudio de Diseño Básico sobre el Proyecto de Abastecimiento de Agua en la Ciudad de Managua, Fase 2 en la República de Nicaragua.

Bajo el contrato firmado con JICA, Asia Air Survey Co. Ltd. y Nihon Suido Consultants Co., Ltd., hemos llevado a cabo el presente Estudio desde el 1 de Junio de 1998 hasta el 25 de Diciembre de 1998. En el Estudio hemos examinado la pertinencia del proyecto en plena consideración a la situación actual de Nicaragua, y hemos planificado el Estudio más apropiado para el Proyecto dentro del marco de la Cooperación Financiera no Reembolsable del Gobierno del Japón.

Esperamos que este Informe sea de utilidad en el desarrollo del Proyecto.

Muy atentamente,



Jefe del Equipo de Ingenieros

Misión de Estudio de Diseño Básico

sobre el Proyecto de Abastecimiento de Agua en la

Ciudad de Managua, Fase 2

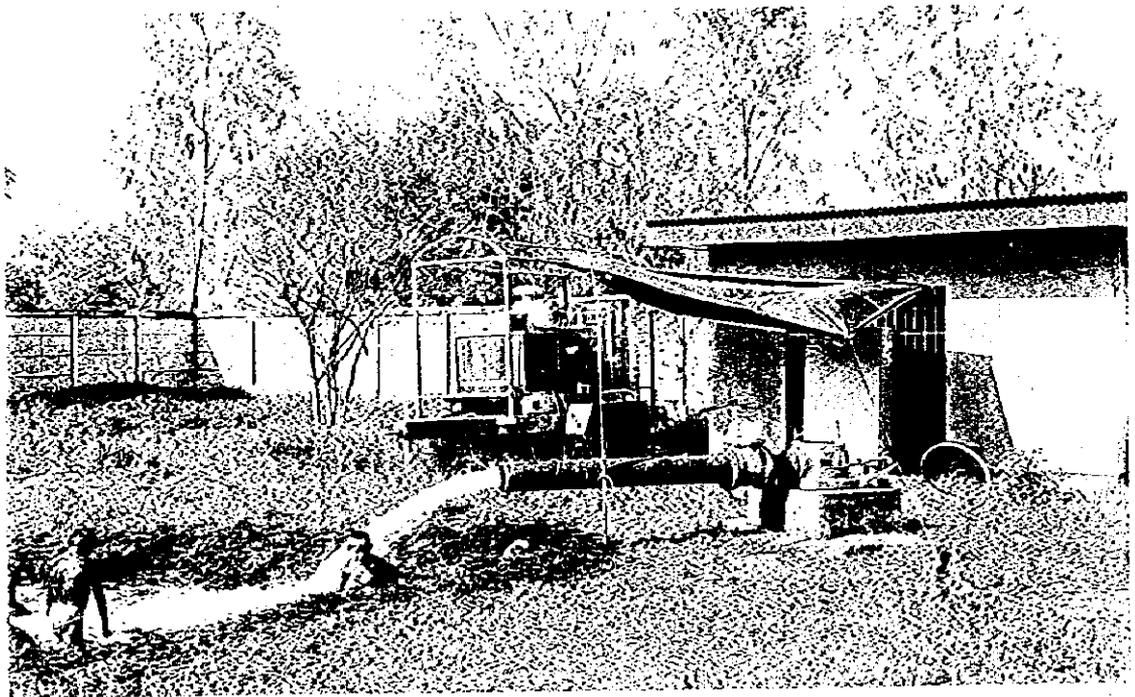
Asia Air Survey Co.,Ltd. y Nihon Suido Consultants Co., Ltd.

## **FOTOGRAFIAS**





Camino rural en donde está previsto el tendido de tuberías colectoras



Escena de la Prueba de bombeo en un pozo existente  
(Pozo No.16 de este Proyecto)



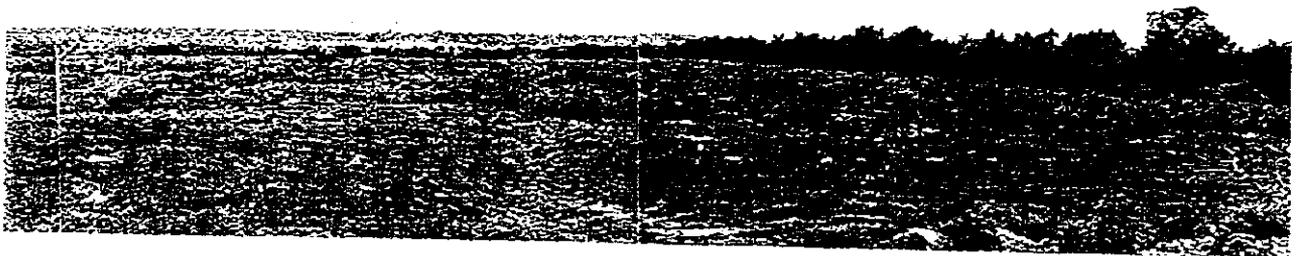
Lugar previsto para el tendido de tuberías de aducción (Cerca al reservorio de Las Américas)



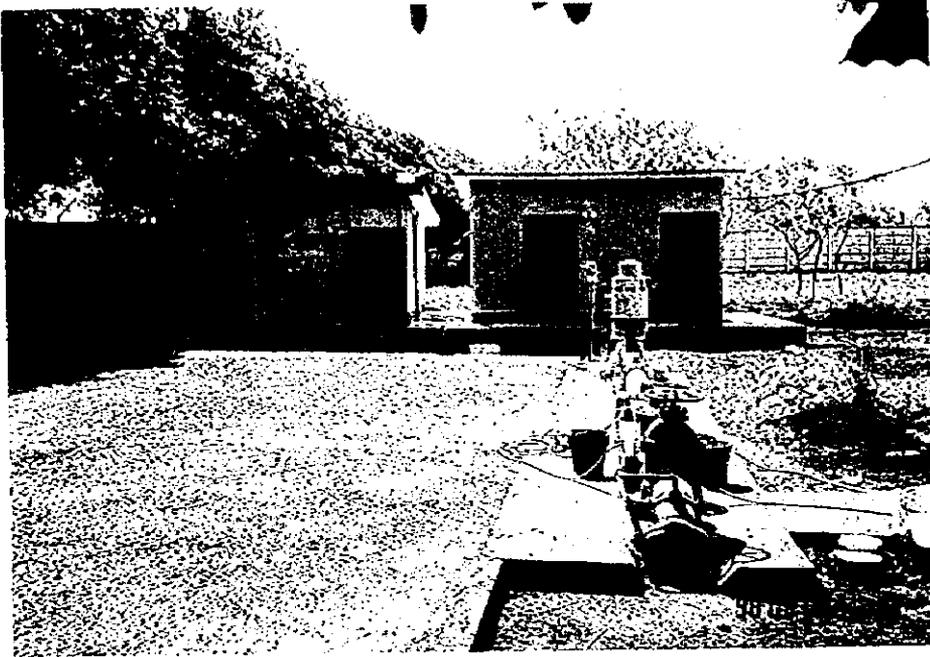
Lugar previsto para el tendido de tuberías de aducción (Cerca a Sábana Grande)



Lugar previsto para el tendido de tuberías de aducción (Terreno de las vías del antiguo ferrocarril entre la estación de bombeo y Sábana Grande)



Lugar previsto para la construcción de la estación de bombeo (Sureste de Sábana Grande)



Pozo existente y caseta de bombeo



Excavadora donada por el Gobierno de Japón

## ABREVIACIONES

ACDI	Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional
AID	Agency for International Development
ALMA	Alcaldía de Managua
ASDI	Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CFD	Caisse Française de Développement
CAPRE	Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
COSUDE	Cooperación Agencia Suiza para el Desarrollo
DNAA	Departamento Nacional de Acueductos y Alcantarillados
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios
FAC	Fonds d'Adide et Coopération
FISE	Fondo de Inversiones Sociales de Emergencia
FNI	Fondo Nicaragüense de Inversiones
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado
INE	Instituto Nicaragüense de Energía
INEC	Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIFOM	Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
INSSBI	Instituto Nicaragüense de Seguro Social y Bienestar

KIW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MARENA	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
MCT	Ministerio de Construcción y Transporte
MICE	Ministerio de Cooperación Externa
MIHA	Ministerio de Hacienda
MINSA	Ministerio de Salud
MITRAB	Ministerio del Trabajo
NDF	Nordic Development Fund
ONG	Organismos No Gubernamentales
OPS	Organización Panamericana de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OXFAM	Oxfam
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SNV	Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo
UNICEF	United Nations Children's Fund
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería

## **RESUMEN EJECUTIVO**



## RESUMEN EJECUTIVO

La República de Nicaragua dentro de su estrategia para el desarrollo social y exterminación de la pobreza, tiene como meta prioritaria el saneamiento de las instalaciones de agua potable para el mejoramiento de un ambiente de vida estable.

La tasa de difusión del agua potable es en general bajo, y aún en la zona costera del Pacífico en donde se concentra la población, la difusión alcanza apenas el 70%. El Proyecto Nacional de Mejoramiento de Agua Potable y Alcantarillado en actual ejecución, tiene como objetivo primordial establecer un ambiente de vida estable en cada zona del país alcanzando hasta el 62.1% de difusión de agua potable para 1997, y hasta el 69.7% para el año 2000.

La política de agua potable es establecida por la Comisión Nacional de Agua Potable y Alcantarillados de la Presidencia. La administración política del agua potable la realiza el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), las operaciones y servicios de agua son realizados por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL). Además, las instalaciones de agua potable de la Ciudad de Managua es administrada por la Empresa Regional ENACAL de Managua. En el momento actual año 1998, se abastece con aproximadamente 380mil · diarios de agua potable a la Ciudad de Managua, siendo las siguientes, las más importantes instalaciones de agua.

### Instalaciones de Captación

- La fuente agua de la laguna volcánica Asososca.
- 16 pozos en Carlos Fonseca (Las Mercedes).
- 15 pozos del "Fase I del Proyecto"
- 70 pozos independientes dispersos por la ciudad.

### Instalaciones de purificación del agua.

- Instalaciones de cloración para la desinfección del agua.

### Instalaciones de Colección, Aducción y Distribución

- Un tramo de conducto total de 1,300km.
- 60 reservorios (volumen total de 88,000 · )
- Bombas inductoras en 22 instalaciones.

La ciudad de Managua, que cuenta con más de la cuarta parte de la población

del país, 1972 sufrió un terremoto, que destruyó la toda ciudad, la cual no ha sido completamente restaurada, por las contiendas internas sufridas por el país en los años 80 durante casi una década. Sin embargo, la ciudad ha crecido explosivamente por las continuas migraciones de las regiones, incrementándose la población de la zona informal en donde casi no existen las instalaciones básicas urbanas, cuyos pobladores viven en un ambiente de vida de malas condiciones.

Estas zonas informales se dividen en zonas informales reconocidas oficialmente y las zonas informales ilegales. Las zonas con reconocimiento oficial son urbanizadas y cuentan con viviendas, pistas, luz, agua, alcantarillado y servicio de recojo de basura, y las ilegales no tienen ningún tipo de servicio, encontrándose en una situación de dejadez.

Los ríos que podrían ser las fuentes de agua para el servicio de agua potable de la Ciudad de Managua, no se encuentran cerca de la ciudad, y la calidad del agua del lago de Managua está considerablemente contaminada. Sin embargo, la ciudad hidrogeológicamente está favorecida por las aguas subterráneas, siendo su fuente de agua la Laguna volcánica Asososca, los campos de pozos Las Mercedes y Ticuantepe (Instalaciones construidas por la cooperación financiera no reembolsable del Japón) y los aproximadamente 70 pozos dispersos por la ciudad.

En la Ciudad de Managua existen desde el Distrito 1 hasta el Distrito 6, y en éste último que es la zona objetivo del presente Proyecto, las 137,780 personas que conforman el 48.4% de su población, no son favorecidos con el servicio de agua potable.

**Cuadro 1 Situación del Servicio de Agua Potable en el Distrito 6**

Zonas	Población al 1998	%
Residencial	113,153	39.7
Informales con servicio de agua	34,207	12.0
Informales con servicio deficiente de agua	93,683	32.9
Sin servicio de agua	44,097	15.5
Total	285,140	100.0

Ante esta situación el Gobierno de Japón entre los años 1991 a 1993 realizó el Estudio de Desarrollo para el Mejoramiento del Abastecimiento de Agua en la Ciudad de Managua. En estos estudios, de las 3 zonas hidrogeológicas de la ciudad, (oeste, central y oriental), en la zona hidrogeológica oriental existía un potencial de desarrollo de 180,000 · diarios de aguas subterráneas, por lo que propuso un proyecto formado por 3 fases (en adelante denominado "Proyecto de Desarrollo").

El resumen de cada una de las fases es como sigue:

- Fase 1: Como proyecto de emergencia, proyectar el desarrollo de 70,000 m<sup>3</sup> diarios de aguas subterráneas en la zona hidrogeológica oriental, para mejoramiento de la demanda de la zona central y sur de la ciudad.
- Fase 2: Desarrollar 110,000 m<sup>3</sup> diarios de aguas subterráneas de la zona hidrogeológica oriental, para el mejoramiento del abastecimiento de agua formado por la zona norte y hasta la zona oriental de la ciudad.
- Fase 3: Ejecutar estudios para el desarrollo de aguas subterráneas en nuevas zonas para eliminar el excesivo bombeo de aguas en la zona hidrogeológica central, y a la vez incrementar el abastecimiento de agua a toda la ciudad.

En base a este estudio, el gobierno de Nicaragua solicitó al gobierno del Japón, la cooperación financiera no reembolsable, a fin de ejecutar la fase 1 del plan de desarrollo (llamada en adelante Fase 1), la cual fue ejecutada de 1995 a 1997, construyéndose 15 pozos, 19km de tuberías de aducción y 4 reservorios. Como resultado de la cual, se solucionó el problema de la deficiencia de abastecimiento en la zona central y sur de la ciudad.

Sin embargo, las demás zonas que no han sido beneficiadas con la mejora de la Fase 1, continúan con los problemas de abastecimiento de aguas, por lo cual el gobierno de Nicaragua solicitó nuevamente al gobierno del Japón, la cooperación financiera no reembolsable para ejecutar la fase 2 del plan de desarrollo, con lo cual sería solucionado el problema de abastecimiento de las zonas no cubiertas por la Fase 1 del Proyecto.

En respuesta a esta solicitud el gobierno del Japón, decidió realizar el estudio, que para confirmar los antecedentes, contenido y ámbito de la solicitud, la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) envió a Nicaragua una misión de estudios desde el 8 de Junio al 19 de Julio del 1998. Luego de su retorno al Japón, la misión estudió el contenido de la solicitud y la idoneidad del proyecto para la cooperación, para determinar el ámbito y contenido adecuado para la ejecución del proyecto, elaborando el resumen del diseño básico. Luego, entre el 17 y el 29 de octubre del mismo año, envió una misión para realizar la explicación y discusión del diseño básico elaborado.

El contenido de solicitud de instalaciones y maquinarias del Gobierno de

Nicaragua y el contenido de la ejecución son como se muestra en Cuadro 2.

**Cuadro 2 Contenido de la Solicitud y Alcance de la Cooperación**

Items	Contenido de la solicitud	Responsabilidad de cada parte	
		Japón	Nicaragua
1. Obras de Producción			
a. Pozos	17	12*	3
b. Bombas de pozos	17	16	-
c. Caseta de pozos	17	16	-
2. Obras de Conducción			
a. Tuberías de recolección	8.4 km.	12.9 km.	0.8 km.
b. Tanque de recolección	2	2	-
c. Estación de bombeo	1	1	-
d. Bombas de relevo	4	4	-
e. Tuberías de aducción	10 km.	8.6 km.	-
3. Obras de almacenamiento			
a. Reservorios	2(19,000m <sup>3</sup> )	2(18,246 m <sup>3</sup> )	-
b. Cloradores	1	1	-
c. Tuberías de Distribución	-	-	6 km.
4. Donación de Equipos			
a. sondas eléctricas	4	-	4
b. radios de comunicación	5	-	5
c. medidores de caudal ultra sónicos	6	-	6
d. medidores de caudal de microsectores	1,000	-	1,000

Nota: \* se utilizará el pozo de exploración existente

\*\*de acuerdo a la revisión de la población, su crecimiento, eficiencia de los pozos se concluyó que sólo son necesarios 16 pozos

Las instalaciones proyectadas serán operadas y mantenidas por la Empresa Regional de ENACAL en Managua. Esta empresa cuenta con 687 empleados, de las cuales su personal de operación y mantenimiento es de 420 empleados (el 61% del personal). Sin embargo, no cuenta con un nivel técnico adecuado para mantener y operar en óptimas condiciones la infraestructura existente.

El costo total aproximado para la ejecución del Proyecto ha sido presupuestado en 3,342 millones de yenes (de los cuales 2,967 millones de yenes serían cubiertos por Japón, y 375 millones de yenes por Nicaragua).

El presente proyecto, considerando la magnitud de las obras y las condiciones

naturales, se necesitan 26 meses de para la construcción, incluyendo el diseño detallado.

Con la construcción de las instalaciones proyectadas, se pueden esperar los siguientes efectos:

**Cuadro 3 Efectos esperados a consecuencia del presente proyecto**

Efectos	Contenido de los efectos
Incremento del número de beneficiarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La población que se beneficiaría directamente de las zonas sin agua y con deficiente servicio será de 200 mil personas.</li> <li>• La población que se beneficiaría con el mejoramiento del abastecimiento de agua por el aumento del volumen de abastecimiento sería de 350mil personas</li> </ul>
Efectos por un abastecimiento estable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante el abastecimiento seguro de agua de una calidad que cumple con las normas, mejorará el ambiente de vida de la población y descenderá el índice de enfermedades contagiosas e intestinales.</li> <li>• Debido a que la zona objetivo del Proyecto cuenta con una gran población informal, su efecto será aún mayor.</li> </ul>
Efectos por el mejoramiento de las operaciones administrativas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con el aumento de las instalaciones de agua, bajaría el costo de abastecimiento, mejorando las operaciones administrativas.</li> <li>• Con el mejoramiento de las operaciones administrativas, bajarán considerablemente las tarifas del agua, mejorando el nivel de vida de la clase más necesitada.</li> </ul>

De lo anterior, podemos concluir que se tiene esperanzas en los efectos que produzca el presente Proyecto, lo cual contribuiría a mejorar las necesidades básicas humanas de la población. Por otro lado, se considera que no habrá problemas por la parte nicaragüense para disponer del personal y presupuesto necesario para la operación y mantenimiento de las instalaciones propuestas. Además, si se ejecutaran las siguientes recomendaciones habrá una mayor eficiencia y efectividad para el proyecto.

Ahora bien, en cuanto a las siguientes recomendaciones será necesario que ENACAL las lleve a cabo de acuerdo al programa de ejecución del Proyecto.

- Establecimiento de un régimen de monitoreo y control de la calidad y volumen de las aguas subterráneas para el mantenimiento del volumen de producción y calidad de las aguas de los pozos del presente Proyecto.

- Con la ejecución del presente Proyecto, impulsar las medidas para el tratamiento de las aguas servidas depositadas en el Lago de Managua.
- Ejecución del tendido de tuberías de distribución hacia la ciudad, desde el reservorio de la Américas, cuyo tendido de tuberías de distribución a lo largo de 6km serán realizadas por el Proyecto.
- Con relación a las redes de distribución de agua de las zonas informales que se encuentran esparcidas por el Distrito 6, instalar los medidores de agua y ejecutar obras de mejoramiento en los lugares de escapes de agua.
- Con las ejecuciones antes mencionadas, impulsar las medidas para evitar el robo de agua, mediante el servicio de abastecimiento de agua y educación a la población.

## CONTENIDO DEL INFORME DE DISEÑO BASICO

Prefacio

Acta de Entrega

Mapa de Ubicación / Fotografías

Abreviaciones

Resumen Ejecutivo

### CAPITULO 1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1-1 Proceso de la solicitud .....	1
1-2 Contenido de la solicitud .....	4
1-2-1 Objetivo de la solicitud .....	4
1-2-2 Organismo Ejecutor .....	4
1-2-3 Instalaciones y equipos solicitados .....	4

### CAPITULO 2 CONTENIDO DEL PROYECTO

2-1 Objetivos del Proyecto .....	7
2-2 Lineamientos Básicos del Proyecto .....	7
2-2-1 Análisis del Contenido de la Solicitud .....	7
1) Contenido de la solicitud y resumen del Proyecto .....	7
2) Análisis del Suministro de Equipos .....	7
2-2-2 Estructura Básica del Proyecto .....	10
(1) Año Meta del Proyecto .....	10
(2) Alcance de la Cooperación .....	11
(3) Contenido de las Instalaciones del Proyecto .....	11
(4) Diseño Antisísmico .....	11
(5) Nivel de la Obra .....	11
2-2-3 Análisis de los Factores Básicos .....	11
(1) Factores Básicos	
(2) Volumen de Abastecimiento Planificado	
(3) Volumen de Captación	
(4) Volumen de explotación de aguas del proyecto	
2-3 Diseño Básico para la Mejor Propuesta del Proyecto .....	15
2-3-1 Lineamientos del Diseño .....	15
(1) Lineamientos Referentes a las Condiciones Naturales .....	15

(1) Lineamientos Referentes a las Condiciones Sociales.....	15
(2) Lineamientos Referentes a las Circunstancias Especiales del Sector de Construcción .....	16
(3) Lineamientos sobre la Contratación de las Empresas Locales y Uso de los Materiales y Equipos Domésticos .....	16
(4) Lineamientos sobre la Capacidad de Operación y Mantenimiento de la Entidad Ejecutora del Proyecto.....	16
(5) Ambito y Rango de las Instalaciones	
(6) Lineamientos sobre el Plazo de Ejecución .....	17
2-3-2 Plan Básico .....	18
(1) Plan General .....	18
(2) Plan de Diseño de las Instalaciones de Captación .....	19
(3) Plan de Diseño de las Instalaciones de colección y aducción .....	24
(4) Instalaciones de distribución.....	31
(5) Control de Instalaciones y Equipos .....	32
(6) Planos del diseño básico .....	33

### CAPITULO 3 PLAN DE EJECUCION DEL PROYECTO

3-1 Plan de ejecución .....	34
3-1-1 Lineamientos básicos de la ejecución .....	34
(1) Plan de implementación del Proyecto .....	34
(2) Situación de las maquinarias de propiedad de ENACAL .....	36
(3) Utilización de las Empresas Constructoras Locales .....	36
3-1-2 Consideraciones especiales para la ejecución del Proyecto .....	37
(1) Sector de la construcción .....	37
(2) Transporte de los equipos y materiales de construcción .....	38
(3) Administración de la seguridad en las obras .....	38
3-1-3 División de responsabilidades .....	38
(1) Instalaciones de captación y obras de mejoramiento .....	39
(2) Obras de conducción y equipos .....	39
(3) Obras de distribución y equipos .....	40
3-1-4 Plan de supervisión de las obras .....	40
(1) Diseño de ejecución .....	40
(2) Asesoramiento de la licitación y contrato de obras.....	40
(3) Supervisión de las obras.....	41

3-1-5 Plan de suministro de materiales y equipos .....	42
(1) Suministro de materiales y equipos .....	42
(2) Maquinarias para las obras .....	43
(3) Suministro de material, equipos y maquinarias de construcción .....	43
3-1-6 Programa de ejecución .....	43
3-1-7 Obras a cargo de la parte nicaragüense .....	45
3-2 Presupuesto de la obra .....	47
3-2-1 Presupuesto de la obra .....	47
3-2-2 Plan de operación y mantenimiento .....	48
(1) Régimen administrativo .....	48
(2) Asuntos financieros .....	50

#### CAPITULO 4 EVALUACION DEL PROYECTO Y RECOMENDACIONES

4-1 Verificación de la Idoneidad del Proyecto y sus beneficios .....	52
4-2 Cooperación Técnica – Concertación con otros donantes .....	53
4-2-1 Cooperación Técnica .....	53
4-2-2 Concertación con otros donantes .....	53
4-3 Tareas y Recomendaciones .....	54

#### PLANOS DE DISEÑO BASICO

#### APENDICES

1 : Relación de los Miembros de la Misión de Estudios .....	75
2 : Programa de Estudios .....	76
3 : Relación de Funcionarios Relativos .....	79
4 : Estimación de Costo del Proyecto a Cargo de la Parte Nicaraguense .....	81
5 : Proyecto de Suministro de Agua .....	82
6 : Prospección Eléctricas .....	99
7 : Pruebas de Calidad de Aguas .....	112
8 : Pruebas de Bombeo .....	119
9 : Ensayo de Mecánica de Suelos .....	127
10 : Potencial de los Recursos Hidrológicos .....	138
11 : Cálculos Hidráulicos de las Tuberías de Conducción .....	145
12 : Estudio de Resistencia del Suelo de la Ruta de Tuberías .....	150
13 : Estudio sobre las Obras Relacionadas con los Pozos .....	153
14 : Selección de la Ruta de las Tuberías de Aducción .....	161

15 : Estudio sobre el Golpe de Ariete en el Sistema de Aducción .....	165
16 : Selección del Tipo de Tuberías .....	172
17 : Estudio sobre la Técnica de Conexión de Tuberías .....	174
18 : Estudio Sobre La Resistencia Sísmica De Estructuras E Instalaciones .....	176
19 : Estudio sobre Tanque de Recolección, Estación de Bombeo y Reservorios .....	180
20 : Estudio sobre el Equipo de Clorador .....	186
21 : Estudio sobre las Estructuras Provisionales .....	192
22 : Cronograma de Ejecucion del Proyecto .....	194
23 : Bibliografía .....	195

## CAPITULO 1

### Antecedentes de la Solicitud

1/0

15 : Estudio sobre el Golpe de Ariete en el Sistema de Aducción .....	165
16 : Selección del Tipo de Tuberías .....	172
17 : Estudio sobre la Técnica de Conexión de Tuberías .....	174
18 : Estudio Sobre La Resistencia Sísmica De Estructuras E Instalaciones .....	176
19 : Estudio sobre Tanque de Recolección, Estación de Bombeo y Reservorios .....	180
20 : Estudio sobre el Equipo de Clorador .....	186
21 : Estudio sobre las Estructuras Provisionales .....	192
22 : Cronograma de Ejecucion del Proyecto .....	194
23 : Bibliografía .....	195

## CAPITULO 1

### Antecedentes de la Solicitud

25/10

1. Introduction

2. Background

3. Methodology

4. Results

5. Discussion

6. Conclusion

7. References

8. Appendix

9. Glossary

10. Index

## CAPITULO 1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

### 1.1 Proceso de la solicitud

La superficie territorial de la República de Nicaragua es de 129,494km<sup>2</sup>, equivalente a tercera parte de la extensión del Japón. Limita por el norte con Honduras y por el sur con Costa Rica, encontrándose casi en el centro del Istmo Centroamericano. De acuerdo con el censo poblacional de 1995, la población general de Nicaragua es de 4,357,000 habitantes, concentrándose más de la mitad de la población en la zona costera del Océano Pacífico.

Cuadro 1-1 Población por zonas de Nicaragua (1995)

Unidad: personas

Zona	Total	Población urbana	Población rural
A nivel nacional	4,357,099	2,370,810	1,986,289
Costa del Pacífico	2,467,742	1,731,293	736,449
Departamento de Managua	1,093,100	974,188	119,572
Ciudad de Managua	903,100	864,201	38,899
Altiplano central	1,354,246	469,965	884,281
Costa del Mar del Caribe	535,111	169,551	365,560

Fuente: Censos Nacionales 1995, septiembre 1996

Nota: Zona de la Costa del Pacífico (Departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Carazo, Granada y Rivas.

El Gobierno de Nicaragua dentro de su "Plan de Desarrollo Nacional" se encuentra realizando como medidas de desarrollo social contra la pobreza: ① El impulso de programas a través del "Fondo de Inversión Social de Emergencia" para la zona prioritaria de mayor concentración de los estratos más necesitados; ② el estímulo al ahorro y la inversión, el fomento de las pequeñas y medianas empresas artesanales, para procurar el aumento de puestos de trabajo y reducir la pobreza; y ③ la descentralización, realizando la reforma política de los organismos centralizados.

La tasa de cobertura de distribución de agua es en general baja, y aún en la zona costera del Pacífico en donde se concentra gran parte de la población no alcanza ni al 70%. El "Proyecto Nacional de Agua potable y Alcantarillados" en actual implementación, tiene

como objetivo elevar la tasa de cobertura del servicio de distribución de agua a nivel nacional que en 1997 era de 62.1%, a 69.7% para el año 2000, dando énfasis a la formación de un ambiente de vida estable a cada zona.

La política del servicio de agua es decidida por el Consejo Nacional de Aguas y Alcantarillados de la Presidencia de la República; el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) es el ente regulador, y la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL) es el organismo que se encarga de las actividades del servicio, y la construcción de una parte de las instalaciones de servicio de agua potable y alcantarillados con los municipios a nivel nacional.

La ciudad de Managua, es una gran urbe que abarca a casi la cuarta parte de la población, y es el centro de la política y de la economía del país.

**Cuadro 1-2 Superficie y Población de la ciudad de Managua**

Distritos	Superficie (km <sup>2</sup> )	Población total (personas)	Densidad (pers.x km <sup>2</sup> )	Viviendas
1	60.41	54,180	897	10,242
2	18.65	111,210	5,963	22,514
3	71.45	166,292	2,327	33,910
4	16.61	155,387	9,355	29,920
5	72.1	181,416	2,516	34,959
6	69.97	213,240	3,047	42,028
7	231.44	21,375	92	4,028
Total	540.65	903,100	1,670	177,867

Fuente: Censos Nacionales 1995, septiembre 1996

Aunque la tasa de cobertura del servicio de agua en la ciudad de Managua es de más del 74%, debido al desgaste de las instalaciones existentes, y al precipitado aumento de la población, no es posible satisfacer el volumen de demanda de agua, produciéndose los inevitables cortes de agua en toda la ciudad. Por ello, el Gobierno de Nicaragua solicitó en nuestro país la cooperación financiera no reembolsable para mejorar la situación del abastecimiento de agua en noviembre de 1992.

Respondiendo a esta solicitud, el Gobierno del Japón decidió realizar un estudio de desarrollo, y a partir de 1991 hasta 1993, JICA realizó el "Estudio para el Proyecto de abastecimiento de agua de la Ciudad de Managua". En este estudio se determinó que, de las 3

zonas hidrogeológicas (oeste, centro y oriente), en la zona hidrogeológica del oriente existía un potencial de desarrollo de aguas subterráneas de 180,000m<sup>3</sup> diarios, por lo se propuso un proyecto formado por 3 fases (en adelante denominado "Proyecto de Desarrollo"). El resumen de cada una de las fases del Proyecto es como sigue:

- Fase 1: Como proyecto de emergencia, proyectar el desarrollo de 70,000m<sup>3</sup> diarios de aguas subterráneas de la zona hidrogeológica oriental para el mejoramiento del abastecimiento de agua de las zonas central y sur de la ciudad.
- Fase 2: Proyectar el desarrollo de 110,000m<sup>3</sup> diarios de aguas subterráneas de la zona hidrogeológica oriental para el mejoramiento del abastecimiento de agua del cinturón formado por la parte norte hasta la parte oeste de la ciudad.
- Fase 3: Proyectar la ejecución de estudios para el desarrollo de aguas subterráneas en nuevas zonas para eliminar el excesivo bombeo de aguas de la zona hidrogeológica central, y a la vez incrementar el abastecimiento de agua a toda la ciudad.

En base a los resultados de estos estudios, el Gobierno de Nicaragua, presentó la solicitud de cooperación financiera no reembolsable al Gobierno de Japón para el Proyecto de construcción de instalaciones y equipos de agua potable (en adelante llamada Fase I), que consistía en la perforación de 15 pozos, instalación 19kms de tuberías de aducción, la construcción de 4 nuevos reservorios, llevándose a cabo desde el año fiscal 1995 hasta el año fiscal 1997. Como resultado de estas obras, se han solucionado en gran parte los cortes de agua en las zonas central y sur de la ciudad.

Sin embargo, las demás zonas que no han sido beneficiadas con la mejora de la Fase I, continúan sufriendo las restricciones de agua y con el aumento de población persiste la deficiencia del volumen de abastecimiento de agua, por lo cual se ansía una urgente toma de medidas para mejorar esta situación. Es por ello que en diciembre de 1997, el Gobierno de Nicaragua solicitó al Gobierno del Japón la cooperación económica no reembolsable para el "Proyecto de abastecimiento de agua de Managua (Fase II) es decir, la Fase 2 del Proyecto de Desarrollo, en el cual las zonas objetivo son aquellas que no estaban incluidas en la Fase 1.

Ahora bien, la Fase 2 está dividida en dos etapas. La primera etapa es el proyecto que tiene como objetivo mejorar el abastecimiento de agua a las zonas oriental y norte de la ciudad, y la segunda etapa, tiene como objetivo mejorar el abastecimiento de agua de la franja formada por la zona noroeste de la ciudad que vendría a ser la ribera del Lago Managua hasta la parte oeste. En el presente estudio el objetivo ha sido únicamente la zona que

contempla la primera etapa.

## 1-2 Contenido de la solicitud

### 1-2-1 Objetivo de la solicitud

Debido a la tendencia del aumento acelerado de la demanda de agua, por el deterioro de las instalaciones existentes y al precipitado aumento de la población, la situación del abastecimiento de agua potable en la ciudad de Managua, exige el desarrollo de las fuentes de agua para asegurar el volumen de abastecimiento y la reducción del volumen de pérdidas, luego promover el plan de mejoramiento de instalaciones que tengan la capacidad suficiente para el abastecimiento de dicho volumen. Este Proyecto, para solucionar dicha situación, de acuerdo al "Proyecto de Desarrollo", tiene como objetivo mejorar la situación del abastecimiento de agua en los Distritos 4 y 6, y contribuir en la elevación del nivel de vida de los habitantes (La población objetivo de suministro de agua para el año 2005, es de 592,900 habitantes).

### 1-2-2 Organismo Ejecutor

El organismo ejecutor de este proyecto es la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL). En cuanto a los detalles referentes a ENACAL, se encuentran en el Índice 22: Organización del Sector de Agua Potable.

### 1-2-3 Instalación y equipos solicitados

En el Cuadro 1-3, se muestra en el contenido de la solicitud presentada por el Gobierno de Nicaragua en el mes de diciembre del 1997 y las modificaciones acordadas, producto del intercambio de opiniones entre ENACAL y la Misión de Estudios Básicos.

Cuadro 1-3 Comparación de los contenidos del Proyecto solicitado y el Proyecto modificado

Item	Contenido de la solicitud	Modificación	Razón de modificación
Zonas de distribución de agua	Distritos 4 y 6 de Managua, y zona de Nindirí	Distrito 6 de Managua y zona de Nindirí	Como resultado del análisis detallado de los volúmenes de abastecimiento e impulsión de agua al distrito 4, se prevé que con la ejecución de otros proyectos mejorará el abastecimiento, por lo que fue eliminado del presente proyecto.
Instalaciones de colección	Construcción de un campo de 17 pozos en la zona hidrogeológica oriental de Managua, instalación de 18 bombas de pozos y la construcción de 18 casetas de pozos.	Construcción de 12 pozos por la parte japonesa y 3 pozos por la parte nicaragüense en la zona hidrogeológica de Managua, instalación de 16 bombas de pozos, 9 tanques de conexión, 16 casetas de pozos. (En el Estudio de Desarrollo ya se ha perforado un pozo).	La construcción de 3 de los pozos correrían a cargo de Nicaragua. Pero la adquisición de la bomba de pozos y su instalación estarán a cargo de la parte japonesa. Se determinó en 87% el porcentaje de funcionamiento de los 17 pozos, pero revisando el volumen de demanda y el volumen de abastecimiento, se consideró que con 15 pozos era posible corresponder a la demanda.
Instalaciones de conducción de agua	El agua coleccionada de los 17 pozos sería conducida a los tanques colectores a través de tuberías de colección (tubo de fierro dúctil, PVC de 250 a 600mm de diámetro y 12.9km de longitud por 3 sistemas de rutas). El agua acumulada en los 2 tanques colectores de hormigón armado con 1,140m <sup>3</sup> de capacidad será rebombada por 3 bombas (una de reserva) para ser conducida a través de tuberías de aducción (de fierro dúctil de 800mm de diámetro y 8.6km) hasta el reservorio.	Las siguientes tuberías serán suministradas por la parte nicaragüense. Ø100mmx60m-1,600m Ø500mmx60m-1,000m Ø600mmx60m-870m  Total 3,470m	Debido a que ENACAL tiene en existencia las tuberías de colección (sólo las rectas) proyectadas entre los materiales del Proyecto, se proyectará el uso de dichas tuberías.

Item	Contenido de la solicitud	Modificación	Razón de modificación
Instalaciones de distribución	A mitad del tramo de la tubería de aducción, realizar la cloración para acumular agua pura en los reservorios (9,123m <sup>3</sup> ). Posteriormente serían conectados a las tuberías de distribución de ENACAL.		
Donación de equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Medidores portátiles de caudal</li> <li>b. Radios de comunicación</li> <li>c. Medidor de caudal ultrasónico</li> <li>d. Medidores de agua</li> </ul>	No corresponde	La cooperación de la parte japonesa en este Proyecto comprende desde las instalaciones de colección hasta las instalaciones de distribución, correspondiendo a la parte nicaragüense cubrir los gastos que demande la adquisición de equipos para el control y administración de las otras instalaciones, y los equipos anexos de las tuberías de distribución.

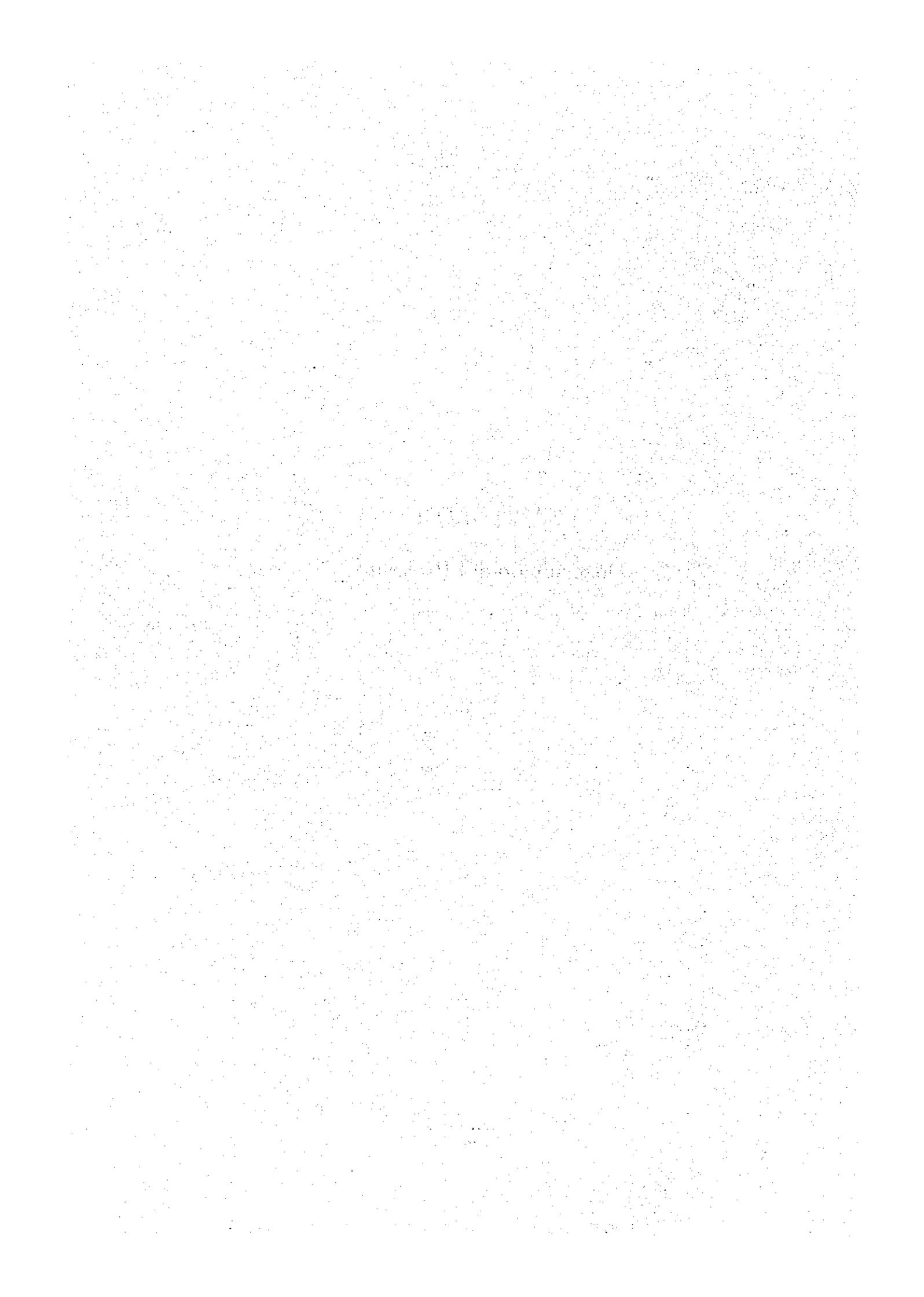
## **CAPITULO 2**

### **Descripción del Proyecto**

Item	Contenido de la solicitud	Modificación	Razón de modificación
Instalaciones de distribución	A mitad del tramo de la tubería de aducción, realizar la cloración para acumular agua pura en los reservorios (9.123m <sup>3</sup> ). Posteriormente serían conectados a las tuberías de distribución de ENACAL.		
Donación de equipos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Medidores portátiles de caudal</li> <li>b. Radios de comunicación</li> <li>c. Medidor de caudal ultrasónico</li> <li>d. Medidores de agua</li> </ul>	No corresponde	La cooperación de la parte japonesa en este Proyecto comprende desde las instalaciones de colección hasta las instalaciones de distribución, correspondiendo a la parte nicaragüense cubrir los gastos que demande la adquisición de equipos para el control y administración de las otras instalaciones, y los equipos anexos de las tuberías de distribución.

## CAPITULO 2

### Descripción del Proyecto



## CAPITULO 2      CONTENIDO DEL PROYECTO

### 2-1      Objetivo del Proyecto

En la ciudad de Managua, debido al deterioro de las instalaciones existentes y al precipitado aumento de la población, la demanda de agua potable se está incrementando vertiginosamente. Por eso se ha visto en la obligación de desarrollar nuevas fuentes de agua, la ampliación de las instalaciones de agua potable, y la eliminación de pérdidas de agua. El presente Proyecto para anular tal situación, de acuerdo al "Proyecto de Desarrollo" se ha propuesto como objetivo contribuir al mejoramiento del nivel de vida de la población con el mejoramiento de la situación de abastecimiento de agua en los Distritos 4 y 6.

"El Proyecto de Desarrollo" que es el proyecto de rango superior elaborado por JICA entre 1991 y 1993 tiene como objetivo mejorar el suministro de agua de la Ciudad de Managua mediante la construcción de instalaciones y equipos de agua potable.

La primera fase del Proyecto de Abastecimiento de agua de la Ciudad de Managua propuesta en este Estudio, fue llevada a cabo entre 1995 y 1997 con la Cooperación Financiera No Reembolsable del Japón, mejorando el abastecimiento de agua en las zonas central y sur de la Ciudad de Managua.

Como resultado de ello, en dichas zonas de la Ciudad se han eliminado los cortes de agua por horas y las medidas de restricción de agua. Sin embargo, las demás zonas que no han sido beneficiadas con la mejora del Primer Proyecto, debido al aumento de la población, persiste la desesperada deficiencia del volumen de abastecimiento de agua, continúan sometidos a las medidas de restricción de agua, por lo cual se ansía una urgente toma de medidas para mejorar esta situación. El presente Proyecto tiene como objetivo mejorar la situación del abastecimiento de agua potable, mediante el suministro de agua del Distrito 6 de la zona oriental de la Ciudad de Managua que se lograría con la construcción de instalaciones de captación, de aducción y distribución.

### 2-2      Lineamientos básicos del Proyecto

#### 2-2-1      Análisis del contenido de la solicitud

##### (1)      Contenido de la solicitud y resumen del Proyecto

Se han definido los componentes del Proyecto a cargo del Gobierno japonés según los siguientes criterios.

- 1)      De los componentes solicitados, se seleccionan aquellos que sean considerados idóneos para ser incluidos en el presente Proyecto.

- 2) Cuando el monto total de componentes excede la suma presupuestada por el Gobierno del Japón para esta donación, una parte de los componentes corre a cargo de la parte nicaragüense.
- 3) La magnitud de las instalaciones principales proyectada, debe estar de acuerdo al volumen de abastecimiento de agua del Proyecto.

(2) Análisis del suministro de equipos

Para la determinación de los equipos a suministrar, se han considerado los siguientes lineamientos:

- 1) Los equipos que serán utilizados en la operación y mantenimiento de las instalaciones relacionadas a la ejecución del Proyecto por la parte japonesa correrán a cargo del Japón.
- 2) Los equipos que serán utilizados no solamente en la operación y mantenimiento de las instalaciones del presente Proyecto, sino también en otras instalaciones correrán a cargo de Nicaragua.
- 3) Las instalaciones anexas a las tuberías de distribución estarán a cargo de la parte nicaragüense.

Por consiguiente, de los equipos solicitados en donación, se ha considerado que los indicadores de nivel de agua portátiles, los equipos de radio, además de los medidores ultrasónicos de caudal y medidores de agua, pueden ser utilizados en las operaciones de control de otras instalaciones aparte de las del Proyecto, por lo que en este Proyecto no serán equipos de donación japonesa.

Por lo expuesto anteriormente, el contenido de la solicitud presentada por el Gobierno de Nicaragua, y el contenido de la ejecución del presente Proyecto analizado a partir del ítem 2-3 del presente Capítulo, ha sido resumido en el Cuadro 2-1.



- 2) Cuando el monto total de componentes excede la suma presupuestada por el Gobierno del Japón para esta donación, una parte de los componentes corre a cargo de la parte nicaragüense.
- 3) La magnitud de las instalaciones principales proyectada, debe estar de acuerdo al volumen de abastecimiento de agua del Proyecto.

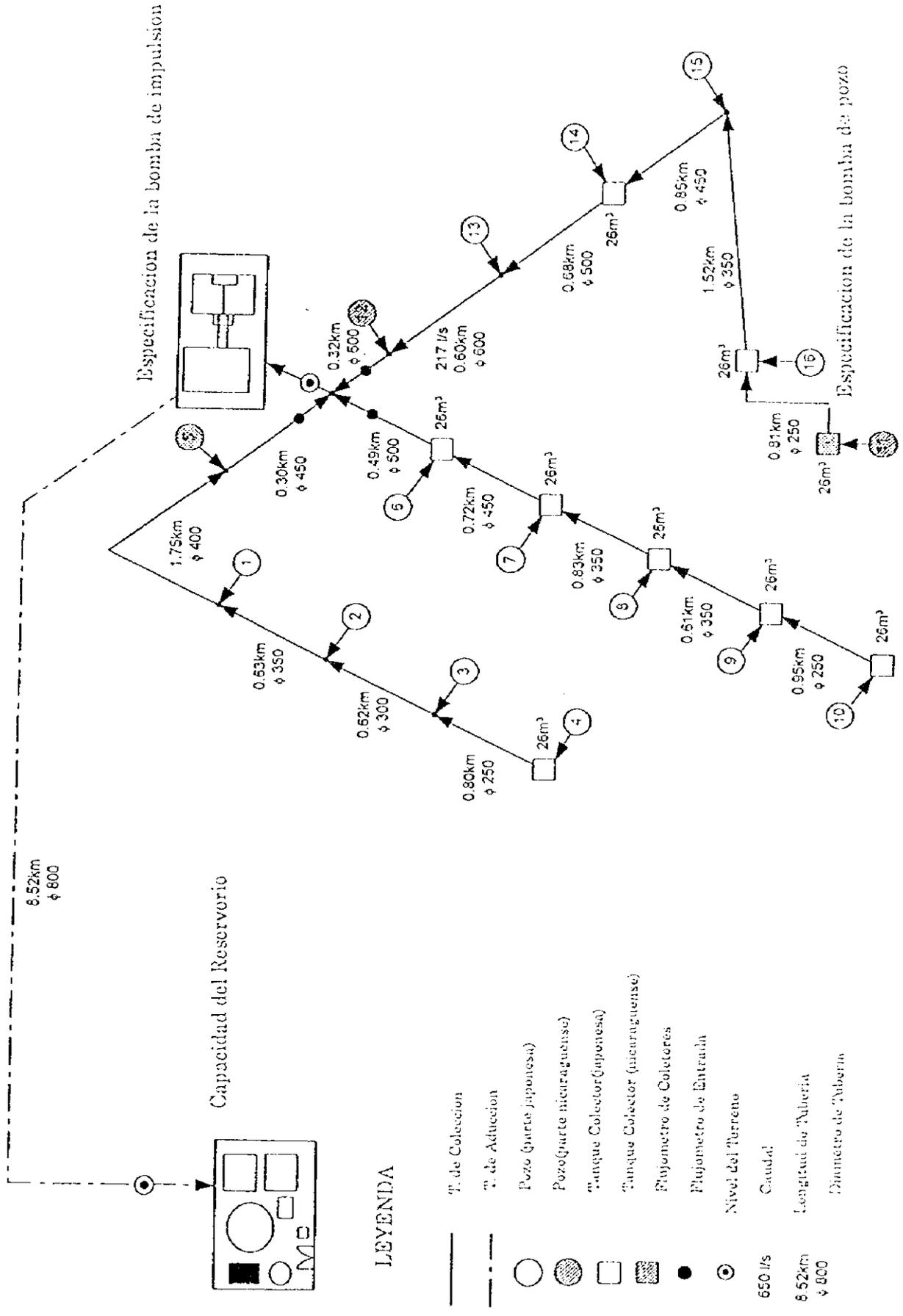
(2) Análisis del suministro de equipos

Para la determinación de los equipos a suministrar, se han considerado los siguientes lineamientos:

- 1) Los equipos que serán utilizados en la operación y mantenimiento de las instalaciones relacionadas a la ejecución del Proyecto por la parte japonesa correrán a cargo del Japón.
- 2) Los equipos que serán utilizados no solamente en la operación y mantenimiento de las instalaciones del presente Proyecto, sino también en otras instalaciones correrán a cargo de Nicaragua.
- 3) Las instalaciones anexas a las tuberías de distribución estarán a cargo de la parte nicaragüense.

Por consiguiente, de los equipos solicitados en donación, se ha considerado que los indicadores de nivel de agua portátiles, los equipos de radio, además de los medidores ultrasónicos de caudal y medidores de agua, pueden ser utilizados en las operaciones de control de otras instalaciones aparte de las del Proyecto, por lo que en este Proyecto no serán equipos de donación japonesa.

Por lo expuesto anteriormente, el contenido de la solicitud presentada por el Gobierno de Nicaragua, y el contenido de la ejecución del presente Proyecto analizado a partir del ítem 2-3 del presente Capítulo, ha sido resumido en el Cuadro 2-1.



Nota: Se instalará flujometro en cada pozo

FIGURA 2-1 ESQUEMA DEL PROYECTO

**Cuadro 2-1 Contenido de la solicitud y resumen del Proyecto**

Componentes	Solicitud	Ejecución	
		Parte japonesa	Parte nicaragüense
1. De captación			
a. Pozo	17 pozos	12 pozos*	3 pozos
b. Bomba de pozo	17 bombas	16 bombas	
c. Caseta de bomba	17 casetas	16 casetas	
2. De colección y aducción			
a. Tubería colectora	8.4 km	12.9 km	0.8 km
b. Tanque de colección	2 tanques	2 tanques	.
c. Estación de bombeo	1 estación	1 estación	.
d. Bomba impulsora	4 bombas	4 bombas	.
e. Tubería de aducción	10 km	8.6 km	.
3. De distribución			
a. Reservorios de distribución	2 tanques (19,000m³)	2 tanques (18,246m³)	.
b. Cloradores	1 juego	1 juego	.
c. Tuberías de distribución	.	.	6 km
4. Donación de equipos			
a. Sonda eléctrica	4 juegos	.	4 juegos
b. Radio de comunicación	5 unidades	.	5 unidades
c. Medidor ultrasónico de caudal	6 juegos	.	6 juegos
d. Medidores de agua	1,000 juegos	.	1,000 juegos

- Nota: 1) Se utilizará el pozo de prueba existente como pozo de producción
- 2) De acuerdo con los resultados de los estudios realizados en el diseño básico, y la revisión de la tasa de aumento poblacional y del régimen operacional, se determinó como adecuado la perforación de 16 pozos.

### 2-2-2 Estructura básica del Proyecto

La estructura básica relativa al diseño de las instalaciones del presente Proyecto son las siguientes.

(1) Año meta del Proyecto:

El año meta del Proyecto será el año 2005.

(2) Alcance de la Cooperación:

Para satisfacer el volumen de demanda de agua potable del Distrito 6 de la ciudad de Managua hasta el año meta, la parte japonesa construirá las instalaciones comprendidas desde la captación hasta la distribución de agua. Las obras correspondientes al tendido

de tuberías de distribución desde los reservorios, estarán a cargo de la parte nicaragüense para de esta manera concluir el Proyecto.

(3) Contenido de las instalaciones del Proyecto:

Extrayendo al máximo la capacidad de distribución que tienen esencialmente las instalaciones existentes, proyectar cada instalación de captación, colección, aducción y de reserva de acuerdo al volumen de abastecimiento que haga falta.

(4) Diseño antisísmico:

En cuanto al diseño antisísmico de las instalaciones de agua para prevenir desastres sísmicos, se hará una excelente estructura segura, antisísmica e impermeable, considerando las características estructurales de la instalación proyectada, su topografía, y condiciones del suelo.

(5) Nivel de la obra:

Las instalaciones y formas serán de acuerdo al nivel técnico del lugar, de manera que después de concluidas las obras, sea posible para ENACAL realizar el mantenimiento de las mismas.

### 2-2-3 Análisis de los factores básicos.

Los factores básicos del presente Proyecto son los siguientes. (Ver apéndice 6: Plan de Suministro de Agua)

(1) Factores Básicos.

1) Selección de la zona de abastecimiento del Proyecto

El Gobierno de Nicaragua propone incluir en el presente Proyecto las zonas norte y este de la ciudad donde el "Proyecto de Desarrollo" recomendó realizarlas. Luego de la revisión del plan de abastecimiento de agua de la Ciudad de Managua de este Proyecto, de las zonas objetivas solicitadas, el volumen necesario de abastecimiento y el volumen de producción de la zona norte (Distrito 4) actualmente en el año 1998, es de 73,306m<sup>3</sup> diarios estando satisfecha su necesidad. Sin embargo, para el año 2005 el volumen necesario será de 76,941m<sup>3</sup> diario, casi 3,600m<sup>3</sup> diarios de deficiencia; pero, con la ejecución de futuros proyectos de ENACAL mediante instalaciones de impulsión desde el campo de pozos de las Mercedes(Carlos Fonseca), se considera que tendrá suficientes posibilidades de hacer frente a dicha deficiencia, previéndose un mejoramiento en el abastecimiento de agua, por lo que, la zona de abastecimiento de agua proyectada será el Distrito 6 de la zona oriental de la ciudad. Sin embargo, en consideración a la población de la zona de Nindirí donde se planea construir los pozos, las instalaciones de abastecimiento de agua serán ejecutadas por el Gobierno de Nicaragua, y el volumen de captación será incluido en el presente Proyecto.

## 2) Año meta del Proyecto

El año meta del Proyecto será el año 2005, cuando se concluya tanto la Fase II del "Proyecto de Desarrollo" (primer y segundo período) como el plan de mejoramiento y ampliación de la red de distribución de agua de Managua a cargo de ENACAL.

## 3) Población objetiva del Proyecto

En cuanto a la población objetiva del plan de abastecimiento de agua, se han tomado los datos estadísticos de población del "Plan Integral de Transporte y Viabilidad del Municipio de Managua, República de Nicaragua" que JICA viene realizando actualmente, por ser éstos los más recientes y de mayor confiabilidad.

La población proyectada para el abastecimiento de agua en el año meta, será de 374,681 personas, como lo muestra el Cuadro 2-2.

Cuadro 2-2 Población objetiva del plan de abastecimiento de agua

Unidad: personas

Año	1998	2000	2003	2004	2005
Tasa de aumento anual	2.9%	2.9%	2.6%	2.6%	
Distrito 6	285,140	301,918	328,954	337,507	346,282
Zona rural de Nindirí	23,385	24,761	26,978	27,680	28,399
Total	308,525	326,679	355,932	365,187	374,681

## (2) Volumen de abastecimiento planificado

El volumen de abastecimiento será definido basándose en el promedio de la dotación diaria doméstica, consumo de otros usos, coeficiente de carga máxima y porcentaje de eficiencia.

### 1) Dotación unitaria media del plan de abastecimiento

Después de analizar los valores medidos en el "Proyecto de Desarrollo", así como las estadísticas de sectores normales con medidores de ENACAL y la estimación del aumento de consumo contemplado en el plan de mejoramiento de abastecimiento, se considera adecuado utilizar como dotación diaria media de la Ciudad de Managua, la cantidad de 173 litros por persona diario, el cual es el mismo valor aplicado en la Fase I del presente Proyecto.

## 2) Otros consumos

De acuerdo con las estadísticas de la Ciudad de Managua, se considera que la cantidad de consumo para otros usos (instalaciones públicas, comercio, industria) corresponde al 20% del consumo doméstico.

## 3) Coeficiente de carga

Teniendo como referencia los datos disponibles de ENACAL, el coeficiente del consumo diario por persona máximo se fija en 1.2 veces la dotación diaria, siendo éste el mismo valor que el de la Fase I. Por lo tanto, el coeficiente de carga será el siguiente:

$$\text{Coeficiente de carga} = \text{dotación unitaria promedio} / \text{dotación unitaria máxima} = 1.2 = 0.83$$

## 4) Porcentaje de eficiencia

De acuerdo con el estudio del Banco Mundial efectuado en 1995, la tasa de volumen contabilizado en el sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Managua fue de 45.8% (porcentaje de eficiencia actual 69%). Debido a que se espera un mejoramiento de la eficiencia mediante la campaña para disminuir fugas y conexiones ilegales a ser ejecutadas por ENACAL, se fijará en 80 el porcentaje de eficiencia para el año objetivo del Proyecto.

## 5) Dotación unitaria máxima del plan de abastecimiento

Conforme con los análisis anteriores, la dotación unitaria máxima del presente Proyecto es la siguiente:

$$\text{Dotación unitaria máxima del plan de abastecimiento} = \text{dotación unitaria media} \times \text{otros consumos} \div \text{coeficiente de carga} \times \text{porcentaje de eficiencia proyectado}$$

$$= \frac{173 \times 1.2}{0.83 \times 0.8}$$

$$= 312 \text{ litros/persona/día}$$

## (3) Volumen de captación

Las instalaciones existentes de captación son la Laguna de Asososca, los campos de pozos de Las Mercedes, Ticuantepe y los pozos dispersos en la ciudad. Se ha calculado que la cantidad de bombeo en la Ciudad de Managua es de 377,290 m<sup>3</sup> diario (382,892m<sup>3</sup> / día, incluyendo Nindirí). Sin embargo, por las obras de rehabilitación en ejecución o en proyección, se puede esperar un aumento de bombeo de 11,318m<sup>3</sup>/día. Por consiguiente, se fijará en 394,210m<sup>3</sup>/día (incluyendo la población de Nindirí) la cantidad de producción con las instalaciones existentes en el año meta.

De acuerdo con el cálculo, el volumen de producción a obtenerse con las instalaciones existentes en el año meta será de 53,303 m<sup>3</sup> /día en el Distrito 6, y, de 5,602 m<sup>3</sup>/día en la población de Nindirí.

En base a las condiciones básicas anteriores, se ha calculado el volumen de explotación de aguas necesario en la Ciudad de Managua para el año objetivo, tal como se muestran el cuadro 2-3, siendo el volumen de bombeo necesario de 57,996m<sup>3</sup>/ día para el Distrito 6 y zona de Nindirí objetivos del Proyecto. Ahora bien, las fuentes de agua a ser desarrolladas para la zona de Nindirí serán coleccionadas hasta los tanques de colección. Las instalaciones de aducción desde los tanques de colección a la zona de Nindirí estarán a cargo de la parte nicaragüense.

Cuadro 2-3 Nuevas fuentes de agua a desarrollar hasta el año objetivo 2005

Distrito	Abastecimiento requerido en 2005 (m <sup>3</sup> /día)	Producción existente en 2005	Nueva explotación (m <sup>3</sup> /día)
Distrito 6	108,040	53,303	54,737
Rural Nindirí	8,861	5,602	3,259
Proyecto	116,901	58,905	57,996

Nota: 1) No se incluye en el Proyecto la reducción de producción para eliminar la sobre explotación de la zona hidrogeológica central, solicitada en un principio.

2) Sólo se incluye una parte del agua que como medida de emergencia es enviada del campo de pozos Carlos Fonseca al Distrito 6, debido a que ENACAL distribuye de dicho campo hacia los Distrito 4, 2 y 5.

#### (4) Volumen de explotación de aguas del Proyecto

El volumen de agua proyectado en este Proyecto es como sigue:

Concepto	Máximo diario	Promedio diario
Volumen de captación proyectado	57,996	48,330
Zona de Nindirí	3,259	2,715
Volumen de colección proyectado	57,996	48,330
Zona de Nindirí	3,259	2,715
Volumen de impulsión proyectado	54,737	45,614
Vol. de distribución proyectado	54,737	45,614
Vol. Abastecimiento proyectado	43,790	36,491

De acuerdo a esto, la relación entre el volumen de distribución de agua y el volumen de demanda es como se muestra en el Cuadro 2-2.

## 2-3 Diseño básico para la mejor propuesta del Proyecto

### 2-3-1 Lineamientos del diseño

#### (1) Lineamientos referentes a las condiciones naturales.

Debido a que las poblaciones de Sábana Grande y Veracruz en donde se explotarán las aguas subterráneas están ubicadas dentro de una llanura aluvial formada por depósitos volcánicos del Volcán Masaya, los cimientos de las estructuras de las instalaciones han sido calculados en base a los resultados de estudios geológicos. Además, dado a que la Ciudad de Managua y sus alrededores han sufrido constantes terremotos, para prevenir desastres sísmicos, en la ejecución de los diseños de estructuras de las instalaciones subterráneas y superficiales, se deberá tener conocimiento de la topografía y geología de los alrededores, para una construcción de instalaciones óptimas en seguridad antisísmica y hermeticidad. En el diseño antisísmico, se considerarán las características estructurales de la obra, y las condiciones del suelo, y además mediante análisis sísmico y dinámico se realizará una construcción antisísmica considerando la seguridad.

La precipitación media anual en la Ciudad de Managua es de 1,120mm, siendo el 77% de dicha cantidad, la acumulada durante los 6 meses de la estación de lluvias entre mayo a octubre. En esta estación, la zona es asolada por los fuertes vientos y lluvias de los huracanes producidos en el Mar del Caribe. Por lo tanto, la construcción de las instalaciones podría ser influida por estas condiciones atmosféricas, existiendo la necesidad de evitar dicha estación para las obras de construcción de los cimientos de tanques de colección, estación de rebombeo y reservorios.

#### (2) Lineamientos referentes a las condiciones sociales.

Considerando la conveniencia de construcción, operación y mantenimiento de los pozos, éstos han sido ubicados a lo largo de las carreteras. Aunque las tuberías de colección serán instaladas a lo largo de los caminos rurales en donde el tráfico vehicular es escaso, las tuberías de aducción serán construidas a lo largo de la carretera troncal por donde el tráfico es más pesado, y por donde pasan continuamente vehículos pesados, buses y automóviles que provienen de la zona metropolitana. Por consiguiente, durante la ejecución de las obras, un asunto de suma importancia será la toma de medidas de seguridad a terceros de manera que no se produzcan accidentes.

(3) Lineamientos referentes a las circunstancias especiales del sector construcciones.

De acuerdo con las condiciones geológicas de las zonas de perforación de pozos, se tendrán que utilizar paralelamente los equipos de rotación y percusión en las perforaciones. Debido a que ENACAL actualmente se encuentra utilizando las máquinas de perforación por rotación donadas por el Gobierno del Japón para el "Proyecto de Desarrollo de las Aguas Subterráneas y Abastecimiento de Aguas en el Sector Rural de la Meseta de Carazo", se tendrá que conocer el plan de operaciones de las demás máquinas que posee ENACAL, para elaborar un plan de operaciones de manera que no se produzca problema alguno, y a la vez, planear un programa de perforaciones haciendo uso de maquinarias de perforación de empresas locales o de los países vecinos.

Se estudiará la posibilidad de enviar el personal técnico japonés para la instalación de tuberías, ya que el diámetro de las tuberías de colección y aducción es muy grande y se requiere una capacidad especial para la conexión de tubos.

(4) Lineamientos referente a la participación de empresas locales y al uso de materiales y equipos adquiridos en la localidad.

Como se ha mencionado anteriormente, se estudiará la participación de empresas de perforación locales o de los países vecinos, pero para la construcción, tendido de tuberías, y obras civiles, de acuerdo a los estudios del lugar, se considerará la participación de grandes empresas constructoras de la Ciudad de Managua. Además, los materiales y equipos disponibles en el mercado local tales como tubos de fierro fundido dúctil, tuberías de cloruro de vinilo (PVC) y los productos fabricados de cemento, etc., serán adquiridos en Nicaragua.

(5) Lineamientos referentes a la capacidad de operación y mantenimiento de la entidad ejecutora del Proyecto.

Para la construcción de las instalaciones y el equipamiento del presente Proyecto, se

utilizarán los materiales y equipos que están siendo utilizados en Nicaragua y de posible adquisición en el mercado local. En la etapa de diseño se adaptará las normas de diseño utilizadas en ENACAL.

En cuanto a la operación de las instalaciones, se tendrá en consideración la capacidad técnica de ENACAL para la operación y mantenimiento, introduciendo en el diseño el sistema de control centralizado, los equipos de detención automática, y métodos de operación manual.

(6) Ambito y rango de las instalaciones

El plan de diseño se divide en el plan de instalaciones de captación y colección, de aducción, y, de distribución, sin embargo el diseño de dichas instalaciones será realizado bajo los siguientes conceptos.

Ahora bien, en cuanto al rango (nivel antisísmico), será el correspondiente a los lineamientos de construcción antisísmica de instalaciones de agua (Exposición de la Asociación Japonesa de Instalaciones de Agua). (Referencia: Apéndice 19: Estudio sobre la Resistencia de las Estructuras).

1) Instalaciones de captación

Las instalaciones principales de captación del Proyecto constan de pozos, bombas de pozos y tanques de conexión. Aunque las instalaciones de captación se encuentran situadas en la parte más elevada, están dispersas en 13 pozos los cuales están distanciados entre sí por más de 600m, por lo que los riesgos de desastres naturales y humanos se dispersan. Ante este concepto, al igual que las estaciones de bombeo existentes de ENACAL, las instalaciones de captación de este Proyecto serán calificadas dentro del rango de importancia B. Se ha bajado un rango con relación a las instalaciones de captación de la "Fase I", debido a que aquellas se encuentran concentradas en un solo lugar.

2) Instalaciones de conducción

Las instalaciones de conducción, se dividen en colección y aducción (tanques de conexión, bombas impulsoras, y tuberías de colección). Debido a que los pozos de las instalaciones de colección se encuentran dispersos, la ruta de colección consta de 3 sistemas. Por la misma razón que la de las instalaciones de captación, al estar el riesgo disperso, el rango de importancia es B.

Las instalaciones de aducción, son las obras principales del presente Proyecto, y al no existir ninguna otra instalación que la reemplace, y debido a que se prevee dificultades en su restablecimiento en caso de desastres, han sido calificadas dentro

del rango A, la misma calificación dada en la "Fase I". Esta calificación corresponde al "Grupo 1" otorgado a las instalaciones de mayor importancia de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción de la República de Nicaragua.

### 3) Instalaciones de distribución

Las instalaciones de distribución, están formadas por los reservorios de distribución y equipos de inyección de cloro. Debido a que se trata de instalaciones vitales y que se prevee dificultades en su restablecimiento en caso de desastres, han sido calificadas dentro del rango A, la misma calificación dada en la "Fase I". Esta calificación corresponde al "Grupo 1" otorgado a las instalaciones de mayor importancia de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcción de la República de Nicaragua. Los equipos de inyección de cloro han sido calificados dentro del rango B.

### (7) Lineamiento sobre el plazo de ejecución

Para establecer el plazo de ejecución, se ha calculado la cantidad de trabajo de construcción de cada una de las instalaciones de captación, colección y aducción y, distribución, por los días de trabajo, excluyendo la eficiencia de operación de las máquinas de construcción utilizadas. Además, entre los meses de mayo a octubre, en la Ciudad de Managua es la estación de lluvias, por lo que es necesario considerar la época en se pueda realizar a la vez los trabajos de construcción de los cimientos y las obras de instalación de tuberías. Como resultado de tales análisis, considerando la cantidad de trabajo por cada tipo de obra; para las obras de captación será necesario entre 13.0 a 14.0 meses; para las obras de las instalaciones de colección e instalaciones de aducción entre 15.0 a 19.0 meses. Además, en las obras para las instalaciones de distribución es necesario considerar las obras de cimentación, siendo necesario un plazo de 19 meses. Por consiguiente, el presente Proyecto, se llevará a cabo durante 2 años con el presupuesto multianual del Gobierno del Japón.

## 2-3-2 Plan Básico

### (1) Plan general

El Cuadro 2-4 indica las especificaciones de los equipos e instalaciones a ser proporcionados por la parte japonesa.

**Cuadro 2-4 Especificaciones de equipos e instalaciones**

Construcción de instalaciones	Cantidad	Unidad	Principales especificaciones
<b>1. Instalaciones de colección</b>			
Pozos	2	Pozo	Profundidad: 200m/pozo Diámetro: 300mm
Bomba de pozo	16	bomba	Capacidad de bombeo: 2.6m <sup>3</sup> /min/bomba
Caseta de control	16	caseta	Superficie: 12m <sup>2</sup> /caseta
<b>2. Instalaciones de colección y aducción</b>			
Tuberías de colección	12.9	Km	Diámetro: 250mm a 600mm Extensión total: 12,900m Material: Tubo PVC o hierro dúctil
Tanque colector	2	tanque	Capacidad: 1.140m <sup>3</sup> Dimensión: 16.2m x 16.2m x 7.7m
Estación de rebombeo	1	estación	Superficie: 19.0m x 26.5m Estructura: hormigón armado
Bomba impulsora	4	bomba	Tipo: Centrífuga de eje horizontal de doble succión. Volumen de descarga: 13m <sup>3</sup> /min/bom. Altura total de bombeo: 93m
Tubería de aducción	8.6	Km	Diámetro: 800mm Extensión total: 8,600m Material: tubo de hierro fundido dúctil
<b>3. Instalaciones de distribución</b>			
Reservorio	2	tanque	Capacidad: 9123m <sup>3</sup> /tanque Estructura: Concreto armado Medida: 17.6m x 32.4m x 6.7m
Equipo de inyección de cloro	1	juego	Inyector: bomba con diafragma Cantidad de inyección: máx. 1.47m <sup>3</sup> /día

**(2) Plan de diseño de las instalaciones de captación**

Al realizar un proyecto de desarrollo de aguas subterráneas como uso de agua potable, debe tenerse en cuenta conceptos muy importantes como son la calidad del agua, el volumen potencial de captación, interferencias entre pozos, etc. En el presente Estudio, se analizaron estos conceptos en forma general para el diseño de la construcción de los pozos.

**1) Calidad del agua subterránea**

Mediante la revisión de los datos existentes conseguidos por el Estudio, la investigación de la calidad del agua, los estudios hidrogeológico y la prospección eléctrica realizados, se ha detectado que en la zona noreste de la antigua vía ferroviaria existe la Formación Geológica Coyal Superior que forma parte del

basamento hidrogeológico de rocas intrusivas. Las aguas subterráneas alrededor de esta formación, tienen un carácter termal y no son adecuadas para el uso como agua potable. Por consiguiente, se ha decidido trasladar el área de explotación solicitada hasta la zona sudoeste de la antigua vía férrea donde no aparece la Formación Coyol Superior. La calidad de las aguas subterráneas a desarrollar, será evaluada conforme a la guía establecida por el Organismo Mundial de la Salud.

## 2) Zonas y Potencial de desarrollo de las aguas subterráneas

Tal como se indica en el "Proyecto de Desarrollo", las aguas subterráneas de la zona hidrogeológica central (zona comprendida entre el Distrito 2 hasta el Distrito 5) están siendo sobre explotadas, y la única área explotable es la zona hidrogeológica oriental. Por consiguiente, se ha analizado el potencial del volumen de desarrollo en esta zona para el campo de pozos del Proyecto. El resultado del cálculo aproximado sobre el balance de aguas freáticas del Proyecto de Desarrollo ha sido reconfirmado con la cantidad de bombeo actual de la ENACAL y el volumen de bombeo de la Fase I.

De acuerdo con los resultados de esta reconfirmación, el volumen nuevamente explotable en la zona hidrogeológica oriental es de 28.48 millones de metros cúbicos por año. Por lo tanto, es posible conseguir un promedio de 21.17 millones de metros cúbicos por año ( $57,998\text{m}^3/\text{día}$ ), volumen que corresponde a la totalidad de aguas subterráneas a ser explotadas por el presente Proyecto.

## 3) Volumen potencial de bombeo

Conforme con el resultado de la prueba de perforación y análisis sobre los datos existentes, se ha confirmado que la capa acuífera principal en la zona de desarrollo es la formación de QvM (Grupo volcánico Masaya) con casi 45 metros de espesor y la segunda capa acuífera es la formación de Tqps (Grupo Las Sierras Medio) con unos 30 metros de espesor, siendo un total de aproximadamente 75 metros de espesor del acuífero existente.

En base al estudio de datos de los pozos existentes, así como de los resultados de las pruebas de bombeo en los pozos JI-2 y JI-3, y, del efecto del abatimiento de aguas subterráneas, se ha determinado que el volumen de bombeo en las zonas de Sábana Grande y Veracruz es de  $2.6\text{m}^3/\text{min}/\text{pozo}$ . Es decir, que de acuerdo con el resultado de las pruebas de bombeo escalonadas del pozo JI-2, no se ha observado mayor variación en la curva pendiente de abatimiento, siendo difícil considerar que haya alcanzado al caudal crítico. Por lo tanto, para definir el caudal de equilibrio ( $2.6\text{m}^3/\text{min}$ ), se tomó el

promedio 85% ( $2.65\text{m}^3/\text{min}$ ) y 80% ( $2.5\text{m}^3/\text{min}$ ) de los volúmenes de bombeo de las etapas 3 y 4 en las que se observó cierta variación. (Referencia: Apéndice 9: Pruebas de Bombeo).

#### 4) Ubicación de Pozos

Se ubicaron 15 pozos dentro del Proyecto basado en la formación de la curva VES de la prospección eléctrica, considerando la estructura hidrogeológica, la observación del mecanismo de flujo de las aguas subterráneas, y los resultados de los análisis de calidad de agua. (Referencia: Apéndice 7: Prospección Eléctrica).

En base al resultado de pruebas de bombeo realizadas en el pozo JI-2 perforado por el Proyecto de Desarrollo y en otros existentes, se ha estimado la interferencia entre los pozos y el nivel del abatimiento. El plan de ubicación de los pozos se definió mediante el análisis de la estructura hidrogeológica y del mecanismo dinámico de aguas subterráneas, así como del resultado del balance de aguas, tal como lo muestra el plano de ubicación. Para definir la distancia entre los pozos a construir, se ha calculado el radio de influencia (R). Es decir que suponiendo que se pueda observar hasta 1.0cm del abatimiento, la distancia de  $S=1.0\text{cm}$  corresponde al radio (R) de influencia. Si se saca el valor R con la ecuación Thiess, R será igual a 770m. La distancia entre los pozos de este Proyecto, considerando los datos de la calidad de agua de los pozos existentes en los alrededores, la ubicación del punto de construcción de los pozos será de más de 600m.

#### 5) Estructura de los pozos

El diámetro de los pozos y del encamisado, y la longitud de la rejilla han sido proyectados como sigue:

- Diámetro del encamisado y pozos perforados

De acuerdo con las máquinas de perforación disponibles y las bombas a instalar, se ha determinado en 12 pulgadas el diámetro del encamisado. El diámetro del pozo será 4 pulgadas mayor que el del encamisado, respetando el estándar de diseño de pozos de ENACAL.

- Longitud de la rejilla

La longitud de la rejilla se calculará con la siguiente ecuación.

$$L_r = Q/4.37pd$$

en donde:  $L_r$ : Longitud de la rejilla (m)

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/h)

p: Apertura de la rejilla (%)

d: Diámetro de la rejilla (pulgadas)

De acuerdo con los resultados de perforación el pozo JI-2, ha quedado confirmado que la población de Veracruz está ubicada a 110 metros sobre el nivel del mar con el nivel freático de GL-43.5 metros aproximadamente. Hasta el nivel GL-110m ocupa la capa freática principal de QvM y a partir de esta profundidad aparece la capa secundaria de TQpS(M). Se estima que, referente a la cantidad de bombeo de diseño, la altura de abatimiento del nivel dinámico es de 12 metros. Por lo tanto, se utilizará la rejilla del tipo Jhonson (#60) entre GL-60m y GL-110m 18m (3.0m x 6 unidades, apertura 21%) y entre GL-110m a GL-150m, se empleará la rejilla ranurada (1/8" = 3.2mm, apertura 13%. 30m x 10 unidades) con la apertura promedio de 17%.

#### 6) Especificaciones de los pozos del Proyecto.

Las especificaciones de cada pozo se muestra en el siguiente Cuadro 2-5.

Cuadro 2-5 Especificaciones de los pozos

No. Pozo	Profundidad (m)	Nivel estático (m)	Cantidad bombeo (m <sup>3</sup> /min)	Abatimiento (m)	Nivel dinámico (m)	Nivel del mar (m)
1	200	25	2.6	12	37	79
2	200	30	2.6	12	42	83
3	200	35	2.6	15	50	94
4	200	40	2.6	15	55	106
5	200	35	2.6	15	47	86
6	200	30	2.6	12	42	94
7	200	30	2.6	12	42	101
8	200	35	2.6	12	47	111
9	200	40	2.6	15	55	119
10	200	50	2.6	15	65	129
11	200	40	2.6	12	52	116
12	200	25	2.6	12	37	88
13	200	30	2.6	12	42	91
14	200	35	2.6	12	47	97
15	200	35	2.6	12	47	101
16	200	44	2.6	12	56	108(JI-2)

Nota: Los pozos No. 5, No. 11 y, No. 12 serán construidos por la parte nicaragüense.

El pozo No. 16 corresponde al pozo de prueba existente JI-2.

## 7) Bombas de pozo

- Tipo de bomba de pozo

De acuerdo con los resultados de los estudios hidrogeológicos, el nivel freático de cada pozo está por debajo de los 37 metros de profundidad, además debido a que es posible asegurar el suministro eléctrico, se utilizará la bomba de motor sumergible para pozos profundos.

- Altura de bombeo

La altura de bombeo de la bomba de pozo ha sido determinada considerando el nivel estático de aguas subterráneas de cada pozo, el nivel de abatimiento durante el funcionamiento de la bomba (de 12 a 15m) el abatimiento en el futuro (10m) y la pérdida de carga en la tubería etc.

- Capacidad de bombeo

La capacidad de bombeo diseñada para cada bomba ha sido determinada en 2.6 / min. en base a los análisis hidrogeológicos.

- Operación de la bomba de pozo

Se instalarán detectores de nivel mínimo a cada bomba para evitar la operación en vacío, y se colocarán caudalímetros para el control de producción. Se controlarán las bombas a distancia desde la estación de rebombeo, pero también se podrá operar manualmente desde el tablero de control de cada caseta de bombeo.

- Especificaciones de las bombas de pozo

Las especificaciones de las bombas se describen en el Cuadro 2-6

Cuadro 2-6 Especificaciones de las bombas de pozo

No. Pozo	Nivel dinámico (m)	Abatimiento en el futuro (m)	Pérdida en tubería (m)	Diferen. de carga (m)	Altura total bom. (m)	Potencia Calculada (kW)	Potencia normal (kW)
1	37	10	6	29	82	55.6	75
2	42	10	6	28	86	58.3	75
3	50	10	7	24	91	61.7	75
4	55	10	7	0	72	48.8	55
5	47	10	7	12	76	51.5	55

No. Pozo	Nivel dinámico (m)	Abatimiento en el futuro (m)	Pérdida en tubería (m)	Diferen. de carga (m)	Altura total bom. (m)	Potencia Calculada (kW)	Potencia normal (kW)
6	42	10	6	0	58	39.3	45
7	42	10	6	0	58	39.3	45
8	47	10	7	0	64	43.4	45
9	55	10	7	0	72	48.8	55
10	65	10	8	0	83	56.3	75
11	52	10	7	0	69	46.8	55
12	37	10	6	7	60	40.7	45
13	42	10	6	3	61	41.4	45
14	47	10	7	0	64	43.4	45
15	47	10	7	2	66	44.8	45
16	56	10	7	0	73	49.5	55

Nota: La construcción de los pozos No. 5, No. 11 y No. 12 estarán a cargo de la parte nicaragüense.

El pozo No. 16 es el pozo ya existente.

#### 8) Instalaciones relacionadas con los pozos

- Terreno

Las instalaciones de los pozos constan de pozos, bombas de pozo, tanques de conexión, casetas de bombeo y casetas de vigilancia. Para construir estas instalaciones se requiere de un terreno mínimo de 900m<sup>2</sup> (30mx30m). El aseguramiento del terreno estará a cargo de la parte nicaragüense.

- Acceso

Los caminos de acceso hacia las instalaciones de cada pozo, han sido proyectados bordeando las carreteras rurales por donde es posible que ingresen las máquinas perforadoras y los vehículos de apoyo. El ancho de la pista es de 4.5 a 5.0m; y, para que una vez concluidas las obras, éstos puedan ser utilizados como caminos de mantenimiento. El aseguramiento de los terrenos pertinentes y la construcción de dichas pistas estarán a cargo del Gobierno Nicaragüense.

### (3) Plan de diseño de las instalaciones de colección y aducción

#### 1) Tuberías de colección

- Ruta de trazado de las tuberías de colección

En el campo de pozos del Proyecto, la parte sudoeste tiene una mayor elevación, inclinándose suavemente hacia la antigua línea férrea. En lo posible se tratará de conducir por gravedad las aguas subterráneas bombeadas en el campo de pozos, aprovechando la inclinación topográfica. En las rutas en donde la conducción por gravedad es difícil, se utilizarán bombas de pozo para su envío hacia los tanques colectores.

- **Selección de los materiales de tubería**

Los diámetros que pueden ser utilizadas para las tuberías colectoras abarcan desde 250mm hasta 600mm, y existe la siguiente clasificación dependiendo del rango de diámetro.

De 250mm a 300mm de diámetro: Tubo de PVC, tubo de acero o tubo de hierro fundido dúctil.

De 350mm a 600mm de diámetro: Tubo de acero o tubo de hierro dúctil.

Se ha decidido utilizar los tubos de PVC para la tubería de colección de 250mm a 300mm de diámetro, por ser menos costosos y debido a la facilidad de instalación,

Los tubos de acero de 350mm a 600mm de diámetro resultan ser más caros que los de hierro fundido dúctil. Para el empalme de los tubos de acero es necesario la soldadura sin embargo, el tratamiento anticorrosivo que tiene que realizarse en la parte interior de la soldadura es difícil. Además, debido a que ENACAL que se hará cargo del mantenimiento de las tuberías tiene experiencia con los tubos de hierro fundido dúctil, se van a utilizar los tubos de hierro fundido dúctil.

- **Ubicación y profundidad de la instalación**

Desde el punto de la conveniencia de construcción y de mantenimiento, se va a construir los pozos a lo largo de los caminos rurales hasta donde los vehículos puedan acceder fácilmente. Debido a que en estos caminos rurales el tráfico es relativamente escaso, la altura de cobertura de las tuberías será de 1.2 m de acuerdo con la norma de diseño de ENACAL. El plano de corte diseñado se encuentra en la Figura 8-1 del Diseño Básico.

- **Resistencia del suelo de la ruta de tuberías**

De los resultados de la prueba de penetración simple y del estudio de resistencia del suelo (expuestos en el Apéndice 13: Estudio de Resistencia del Suelo de la Ruta Tuberías), se considera que no se producirán problemas.

- En cuanto a los métodos de conexión, considerando los movimientos sísmicos, se utilizará el método de juntas de empuje para evitar la separación. (Referencia: Apéndice 18- "Estudio sobre la Técnica de Conexión de Tuberías" (Tubos de hierro fundido dúctil)).
- Las especificaciones de las tuberías de colección se detallan en el Cuadro 2-7

**Cuadro 2-7 Especificaciones de las tuberías de colección**

Tuberías de colección	Distancia (m)	Caudal (l/s)	Diámetro (mm)	Tipo de tubería
4-3	800	43	250	PVC
3-2	620	87	300	PVC
2-1	630	130	350	Hierro dúctil
1-5	1,750	173	400	Hierro dúctil
Est. rebomb.5	300	217	450	Hierro dúctil
10-9	950	43	250	PVC
9-8	610	87	350	Hierro dúctil
8-7	830	130	350	Hierro dúctil
7-6	720	173	450	Hierro dúctil
Est. rebomb.6	490	217	500	Hierro dúctil
11-16	810	43	250	Hierro dúctil
16-15	1,520	87	350	Hierro dúctil
15-14	850	130	450	Hierro dúctil
14-13	680	173	500	Hierro dúctil
13-12	600	217	600	Hierro dúctil
Est. rebomb.12	320	260	600	Hierro dúctil

## 2) Tanques de conexión

Las especificaciones de los tanques de conexión se muestran en el Cuadro 2-8. (Referencia: Apéndice 13: Estudio sobre las obras relacionadas con los Pozos).

**Cuadro 2-8 Especificaciones de los tanques de conexión**

No. de tanque	Diá.tubo entrada (mm)	Diá.tubo salida (mm)	Diá.tubo Drenaje (mm)	EL (mm)
4	200	250	100	120.200
6	200 450	500	100	96.507
7	200 350	450	100	102.190
8	200 350	350	100	111.182
9	200 250	350	100	117.371
10	200	250	100	128.473
14	200 450	500	100	97.321
16	200 250	350	100	106.731
11	200	250	100	113.973

Nota: El número del tanque coincide con el número del pozo.  
Los pozos No. 1,2,3,5,12,13,y 15 no tienen tanque de conexión.

### 3) Tanques Colectores

Las especificaciones se muestran en el Cuadro 2-9. (Referencia: Apéndice 20: Estudio sobre Tanques de Recolección, Estación de bombeo y Reservorios)

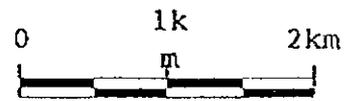
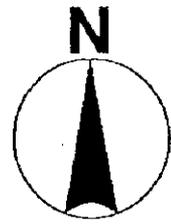
**Cuadro 2-9 Especificaciones de los tanques de colección**

Conceptos	Especificaciones
Estructura	Hormigón armado
Dimensión	16.2m x 16.2m x 7.7m.
Volumen	1,140m <sup>3</sup>
Número de tanques	2

### 4) Estación de rebombeo

#### • Selección de ubicación

La estación de rebombeo será ubicada en la zona de Sábana Grande (Referencia: Apéndice 15: Selección de la Ruta de Tuberías de Aducción).



Scale: 1/50,000

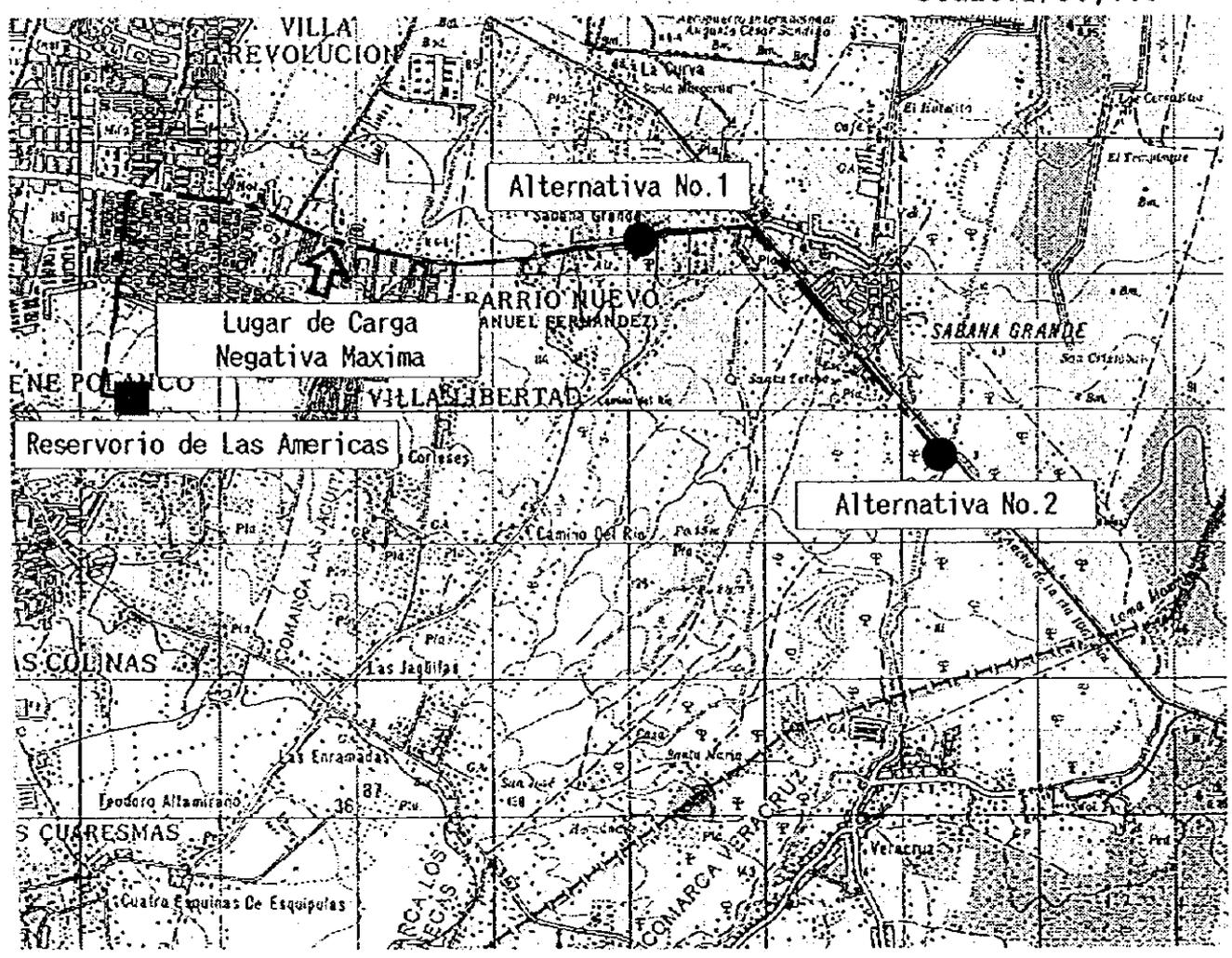


Figura 2-2 ALTERNATIVAS DE LA ESTACION DE BOMBEO

- Estructura y dimensión

La estación de bombeo tendrá una superficie de 19.0m x 26.5m, en donde serán instaladas 4 bombas impulsoras, un tablero de control de las bombas impulsoras y el equipo de control centralizado de las bombas de los pozos. El edificio será construido con bloques de concreto y techo de fibrocemento y contará con estructuras antisísmicas.

### 5) Bombas impulsoras

- Altura de bombeo

Las bombas impulsoras tienen la función de conducir a presión las aguas captadas desde los tanques de recolección de la estación de bombeo hasta el reservorio de Las Américas que se encuentra a 8.5km de distancia. Las bombas deberán tener la capacidad de envío para el volumen máximo de suministro de 54,737m<sup>3</sup>/día sin incluir a la zona rural de Nindirí. La elevación es como sigue:

Elevación real:	96.6 m
Pérdida de carga en la bomba:	3.0 m
<u>Pérdida de carga en la tubería de aducción:</u>	<u>20.4 m</u>
Altura total del bombeo:	93.0 m

- Número de bombas, capacidad y tipo

Debido a que existe muy poca variación en el volumen de aducción al reservorio durante el día o durante el año sin depender de la estación, se van a instalar 4 bombas de la misma capacidad, de los cuales 3 serán puestos en operación y 1 de reserva. Considerando la cantidad de descarga por bomba y la altura total de bombeo, se ha decidido emplear la bomba de tipo centrífuga de eje horizontal de doble succión. El volumen de conducción por bomba será de 13m<sup>3</sup>/min. y el volumen de posible conducción con las 3 bombas en funcionamiento será de 39m<sup>3</sup>/min. (56.160m<sup>3</sup>/día).

- Prevención de golpes de ariete

Se ha estudiado la posible existencia de golpes de ariete en la tubería de aducción cuando ocurra una parada de emergencia de la bomba por interrupción de la energía eléctrica. En la tubería de aducción aparecen cargas negativas superiores al límite permisible, por lo cual es necesario tomar medidas para aliviar dichas cargas. En general, las medidas para evitar las cargas negativas son: i) colocar el volante, ii) instalar la cámara de alivio, y, iii) construir el tanque de presión. Desde el punto de

vista de la altura de bombeo, conveniencia de mantenimiento e inspección, y costo de instalación, se ha decidido instalar al igual que en la Fase I del Proyecto, el volante como solución menos costosa y fácil de operar y mantener.

- Las especificaciones de las bombas impulsoras son como se muestra en el Cuadro 2-10.

**Cuadro 2-10 Especificaciones de las bombas impulsoras**

Conceptos	Especificaciones
Tipo	Bomba centrífuga de eje horizontal de doble succión
Volumen de descarga	13 m <sup>3</sup> /min.
Altura de bombeo	93 m
Revolución sincronizada	1800 rpm.
Volante GD2	350 kgm <sup>2</sup>
Número de unidades	4 unidades (una de reserva)

#### 6) Tuberías de aducción

- Tuberías de aducción.

En cuanto a las tuberías de aducción, se determinó el uso de tubos de fierro fundido dúctil de 800mm de diámetro. (Referirse al Apéndice 15: Selección de la Ruta de Tuberías de Aducción).

- Resistencia del suelo en donde se instalarán las tuberías

La resistencia del suelo de las tuberías de aducción tiene una resistencia de carga precedente de 3,200kgf/m<sup>2</sup> y no tendrá un mayor hundimiento. (Referencia: Apéndice 13: Estudio de la Resistencia del Suelo de la Ruta de Tuberías).

- Diseño antisísmico

En cuanto a los métodos de conexión, se ha elegido el tipo de juntas de empuje, considerando los movimientos sísmicos. (Referencia: Apéndice 18: Estudio sobre la Técnica de Conexión de Tuberías).

- Las especificaciones de las tuberías de aducción se indican en el Cuadro 2-11

**Cuadro 2-11 Especificaciones de las tuberías de aducción**

Conceptos	Especificaciones
Longitud total	8,520m
Diámetro de la tubería	Ø 800mm
Material de la tubería	Hierro fundido dúctil
Unión para evitar el desprendimiento	Juntas de empuje

**(4) Instalaciones de Distribución**

**1) Reservorio de distribución**

Las especificaciones del reservorio se muestran en el Cuadro 2-12. (Referencia: Apéndice 20: Estudio sobre el Tanque de Recolección, Estación de Bombeo y Reservorio)

**Cuadro 2-12 Especificaciones del reservorio**

Concepto	Especificaciones
Estructura	Hormigón armado
Configuración	45.2m x 36.8m. x 7.6m.
Capacidad	18,246m <sup>3</sup> (9,123m <sup>3</sup> /reservorio)
Número	2

**2) Equipo de inyección de cloro**

- Estará ubicado dentro del terreno del reservorio. (Referencia: Apéndice 21-Estudio sobre el Equipo Clorador.
- Las especificaciones del método de cloración y materia prima del cloro se muestran en el Cuadro 2-13 (Referencia: Apéndice 20: Estudio sobre el equipo clorador).

**Cuadro 2-13 Especificaciones del equipo de inyección de cloro**

Concepto	Especificaciones
Equipo inyector	Inyección por diafragma
Material de inyección	Hipoclorito de sodio
Cantidad de inyección	1.47 m <sup>3</sup> /día como máximo

Concepto	Especificaciones
Caseta de cloración	con bloque de concreto de 8m x 7.5m

(5) Control de instalaciones y equipos

1) Bombas de los pozos

Para evitar la rotación en vacío y el daño de las bombas de los pozos, se instalarán en las bombas un indicador de nivel mínimo, un sistema de parada automática y un sistema de alarma que llegue a la sala de control central en la estación de rebombeo. Se puede poner en funcionamiento la bomba del pozo desde un tablero de control ubicado en la casa del pozo o también por control a distancia desde la estación de rebombeo.

Se instalarán caudalímetros en la salida de cada pozo, para hacer posible la medición automática de la cantidad de agua bombeada.

2) Tanques de conexión

En cada tanque se proyecta colocar válvulas de regulación del nivel y de caudal de para evitar los reboses.

3) Tanques de colección

Para evitar los reboses en el tanque de colección, se colocará un indicador de nivel máximo (H.W.L.) en cada tanque, que enviará una señal de alarma que llegue a la sala de control central y el operador pueda parar manualmente la bomba de pozo. También se instalará un indicador de nivel mínimo (L.W.L), y para evitar la cavitación de la bomba de impulsión se enviará una señal de alarma a la sala de control central para que esta bomba se detenga automáticamente. Una condición para poner en funcionamiento la bomba de impulsión es que el tope de la camisa de la bomba esté cubierto con agua, por lo tanto, se colocará un indicador de nivel de agua en el tanque de colección como condición del arranque de la bomba y el operador arrancará la bomba manualmente.

4) Bombas impulsoras

La bomba impulsora estará diseñada para operar normalmente con tres bombas. Cuando se opere con dos o una bomba, se seleccionará el modelo H-Q que evite la cavitación sin ajuste de apertura de la válvula. La bomba impulsora se detendrá automáticamente cuando el nivel de agua del tanque colector disminuya al nivel mínimo y también se podrá detener manualmente cuando llegue un aviso desde el reservorio.

#### 5) Equipo de inyección de cloro

Para corresponder a las 4 bombas impulsoras se instalarán 4 equipos de inyección de cloro. La cantidad de inyección de solución de hipoclorito de sodio será de acuerdo al número de bombas en funcionamiento, siendo el inyector y la bomba de envío a presión serán puestos en marcha manualmente.

#### 6) Reservorios

En los reservorios se instalarán medidores de nivel de agua, para que cuando el volumen de aducción alcance el nivel superior H.W.L. se active la alarma en la caseta de control del reservorio, y de aquí medianteradio (o teléfono) instalado por ENACAL, se informe a la central de operaciones de la estación de rebombeo para detener manualmente la bomba impulsora.

#### (6) Planos del diseño básico

Los planos del diseño básico se muestran en los planos anexos del Diseño Básico.