

## 6.7 Plan de operación y mantenimiento

### 6.7.1 Operación del sistema de bombeo y conducción

Será introducido en el Proyecto un sistema semiautomático de operación, el cual consiste en dispositivos automáticos combinados con la operación manual por parte de operadores. Los componentes automáticos comprenden indicadores automáticos del nivel de agua de los tanques (reservorios), y la operación automática de válvulas eléctricas (Altamira). Las informaciones sobre los componentes automáticos son intercambiados entre los operadores por medio de la radio, y la operación manual de las bombas se efectúa en base a estas informaciones. En este sistema semiautomático de operación también se incluye un indicador automático de nivel y un sistema de alarma para los pozos.

Un subcentro de operación será establecido en el área de Ticuantepe durante la Fase 1 del Proyecto, y consistirá de las oficinas de la estación de bombeo, de la estación de reservorio Santo Domingo y de la estación Altamira. Otro subcentro de operación está planeado para el área de Sabana Grande en la Fase 2 del Proyecto, el cual estará compuesto de la estación de reservorio Las Américas y la estación de bombeo Sabana Grande. Otro subcentro de operación, similar al de Sabana Grande, será también instalado en la Fase 3 del Proyecto.

La supervisión general de los 3 subcentros de operación será realizada por el Centro de Operaciones ubicado en las oficinas principales de INAA por medio de un sistema de radiocomunicación.

La Fig. 6.7.1 representa el plan general del sistema semiautomático de operación para las Fases 1 y 2 del Proyecto, juntamente con la organización del personal planeado para cada uno de los subcentros de operación.

### 6.7.2 Estimación de costos de operación y mantenimiento

Los costos totales de operación y mantenimiento de las construcciones de las Fases 1 y 2 se estiman en C\$14,318.000 Córdobas por año. El costo unitario de producción por metro cúbico por día será de C\$0,21 Córdoba, cifra que se obtiene al dividir los costos totales por la producción total de 183.900 m<sup>3</sup>/día (48,58 MGD).

Se presentan a continuación los mayores componentes en la estimación de costos de operación y mantenimiento. (No se tuvo en cuenta el cambio de valor con el tiempo).

- a) Costo de energía eléctrica (Para bombas de pozos y de transporte)

Fase 1 (Ticuantepe): 53.184 Kwh/día  
Fase 2 (Sabana Grande): 44.280 Kwh/día  
 $C\$0,282/\text{Kwh} \times 97.464 \text{ Kwh/día} = C\$27.500/\text{día}$

- b) Gastos de personal de O y M en sub-estaciones

Sub-estación Ticuantepe: C\$...../mes  
Sub-estación Sabana Grande: C\$...../mes  
 $C\$...../\text{mes} \times 12 = C\$626.400/\text{año}$

- c) Gastos de Cloración

Ticuantepe:  $71.000 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,0067 \text{ g/l/m}^3 = 473 \text{ g/l/m}^3/\text{día}$

Sabana Grande:  $113.000 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,0067 \text{ g/l/m}^3 = 753 \text{ g/l/m}^3/\text{día}$

$C\$2,5 \text{ g/l/m}^3 \times (473+753) \text{ g/l/m}^3 = C\$3.065/\text{día}$

- d) Gastos de reparación (bombeo y transmisión)

Asumiendo .....% del costo de equipos de bombeo y .....% de los costos de tuberías de transmisión y tanques se obtiene lo siguiente.

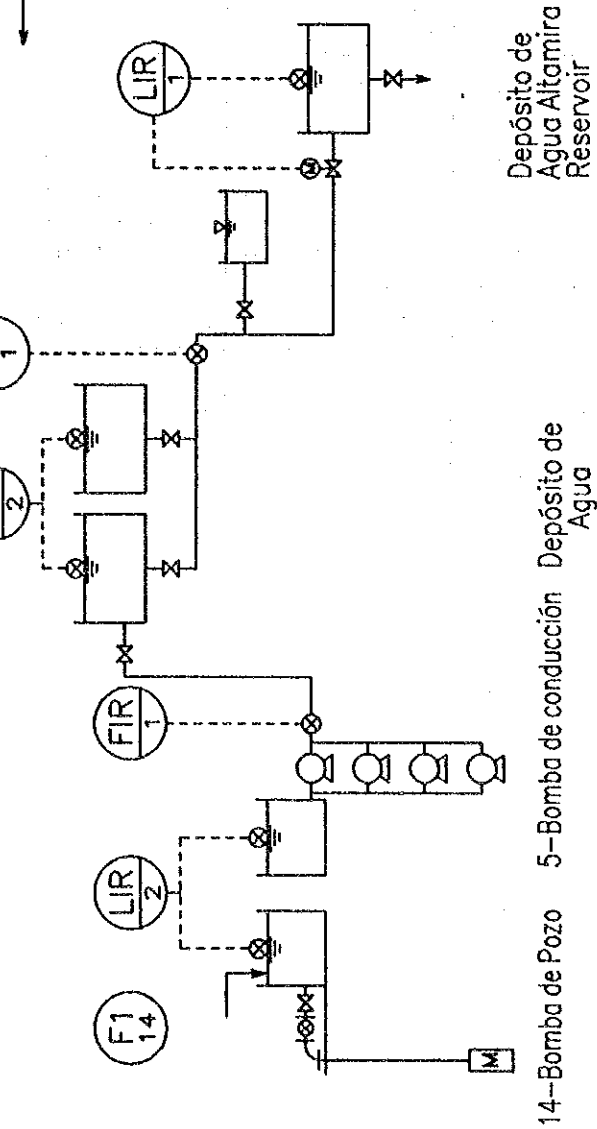
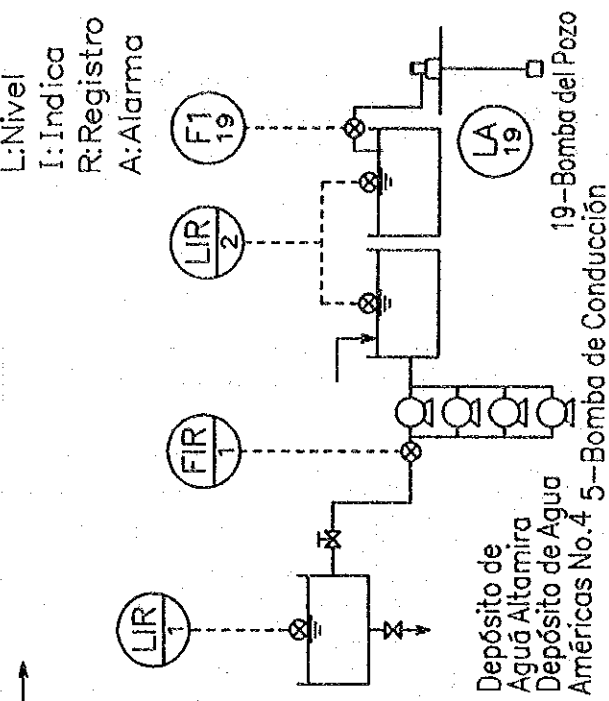
Ticuantepe: C\$ 641.000/año  
Sabana Grande: C\$1.880.000/año

Los costos anuales de operación y mantenimiento estimados arriba se comparan con los costos de operación y mantenimiento de 1992 en el cuadro siguiente.

Cuadro 6.6.4 Comparación de costos de operación y mantenimiento entre la situación existente en 1992 y el Proyecto

Componentes de costos	Costos anuales de operación y mantenimiento y costos unitarios de O y M por metro cúbico			
	Para el sistema de abastecimiento de agua de Managua en 1992 (Producción 97.909.000 m <sup>3</sup> /año)		Para las fases 1 y 2 del Proyecto (Producción planeada de 67.122.000 m <sup>3</sup> /año)	
	Costo unitario		Costo unitario	
	Costo de O y M	por m <sup>3</sup>	Costo de O y M	por m <sup>3</sup>
Energía eléctrica	21.600.000	0,221	10.052.000	0,150
Personal	4.949.000	0,051	626.400	0,009
Cloración	508.000	0,005	1.119.000	0,017
Reparación	11.238.000	0,115	2.521.000	0,028
Otros	--	--	---	--
Total	38.771.000	0,396	14.318.000	0,232

Nota ---- F: Cantidad  
L: Nivel  
I: Indica  
R: Registro  
A: Alarma



Centro de Sub-operación	
Américas No.4 Reservoir Station	Estación de Bombeo
2-Operador	1-Ingeniero Jefe 2-Operador 2-Trabajador 1-Chofer 1-Secretaria 2-Cuidador

Centro de Sub-operación Ticuantepe	
Estación de la Bomba	Artamila Estación de Depósito de Agua
1-Ingeniero Jefe 2-Operador 2-Trabajador 1-Chofer 1-Secretaria 2-Cuidador	2-Operador 2-Trabajador 1-Chofer 1-Secretaria 2-Cuidador

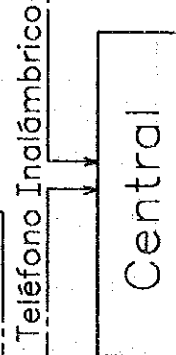


Fig. 6.7.1  
Sistemas de Control de Operación General

## 6.8 Evaluación del Proyecto

Se considera en general que los proyectos de abastecimiento de agua brindan grandes beneficios sociales, tales como el mejoramiento de la salud y la valorización de las propiedades que cuentan con sistemas de abastecimiento de agua. El tipo particular de mejoramiento de la salud proviene de la disminución de incidencia de la mortalidad infantil y de las enfermedades en los adultos, problemas éstos que se reconocen son causados por la baja calidad de agua. Estos beneficios sociales, sin embargo, no serán explícitamente cuantificados debido a las dificultades en la obtención de datos pertinentes y confiables. Es suficiente reconocer que estos beneficios sociales sí existen y son generalmente grandes.

Por lo tanto, la evaluación de este Proyecto se basará en la viabilidad financiera de las inversiones requeridas para la implementación del Proyecto. Este criterio es de la mayor importancia para INAA, ya que define la capacidad de la agencia ejecutora en realizar las inversiones para el Proyecto. Un proyecto viable financieramente cuenta con los beneficios sociales arriba mencionados como elementos adicionales para justificar la factibilidad del Proyecto.

La evaluación financiera del Proyecto se efectuará siguiendo el procedimiento indicado abajo.

- Definición de los supuestos para la estimación de ingresos
- Estimación de los ingresos
- Cálculo del índice de viabilidad financiera
- Interpretación de los resultados

### 6.8.1 Definición de los Supuestos para la Estimación de Ingresos

Los supuestos relevantes son los siguientes.

- (1) La vida útil del Proyecto se asume como 30 años.
- (2) El primer año del Proyecto será dedicado a la formulación del diseño detallado y a los trabajos preparatorios para la construcción de pozos y las instalaciones conexas.

- (3) Los trabajos de construcción de pozos nuevos comenzarán en el segundo año.
- (4) El agua proveniente de pozos nuevos construidos por el Proyecto será distribuido a los consumidores el siguiente año.
- (5) Por lo tanto, la generación de ingreso por el Proyecto comenzará en el tercer año y subsecuentemente aumentará anualmente en función del incremento en la producción de agua. Además, el aumento de ingreso dependerá de la eficacia en la cobranza.
- (6) La producción incremental bruta de agua es una función del número de pozos nuevos construidos y del rendimiento esperado de cada pozo.
- (7) La producción incremental neta de agua es una función de la producción incremental bruta de agua y de las reducciones esperadas en la pérdida de agua.
- (8) El ingreso incremental es una función de la producción incremental neta de agua y del ingreso estimado por unidad de volumen de agua consumida.
- (9) El patrón de consumo, es decir, la distribución del consumo de agua por categoría de consumidores se asume que permanecerá igual que al presente.

#### 6.8.2 Estimación de Ingresos

La estimación de ingresos se basa en los supuestos arriba mencionados, algunos de los cuales reflejan las características operacionales de INAA, mientras que otros fueron definidos específicamente para el Proyecto. Los ingresos estimados fueron calculados de acuerdo a los pasos siguientes.

##### (1) Cálculo de la producción incremental bruta de agua

La producción incremental bruta de agua del Proyecto es simplemente la sumatoria de la producción de agua de pozos a ser construidos en cada uno de los años de construcción de pozos, multiplicada por los rendimientos esperados de los pozos respectivos (Cuadro 6.8.1).

(2) Cálculo de la producción incremental neta de agua

Las pérdidas de agua se asumen en 20%, 25%, 30%, 40% y 50%. Por consiguiente, la producción incremental neta de agua (producción incremental bruta menos pérdidas de agua) se asume en 50%, 60%, 70%, 75% y 80% de la producción incremental bruta de agua del Proyecto (Cuadro 6.8.1). Un supuesto adicional es que la producción incremental neta de agua es igual al consumo.

(3) Estimación del ingreso por unidad de volumen de agua

Los pagos medios mensuales por categoría de consumidores se estiman en base al presente consumo medio mensual, el número de conexiones por categoría de consumidores y la tarifa vigente de agua. La sumatoria del pago medio mensual por categoría de consumidores representa el ingreso potencial por mes. El resultado obtenido fue de C\$5.383.078,44 por mes.

Por otra parte, el consumo total de agua por mes se estima en base al consumo medio mensual y el número de conexiones por categoría de consumidores. El resultado obtenido fue de 1.140.342.370 galones por mes, es decir, 4.310.494,16 m<sup>3</sup> de agua consumida por mes.

Finalmente, el ingreso potencial por unidad de volumen de agua se estima dividiendo el ingreso potencial por mes entre el consumo mensual de agua. En otras palabras, el ingreso potencial por unidad de volumen de agua se obtiene dividiendo C\$5.383.078,44 entre 4.310.494,16 m<sup>3</sup>. El resultado obtenido fue de C\$1,2488 por metro cúbico de agua, lo que puede ser redondeado a C\$1,25 por m<sup>3</sup>.

Los datos para la estimación del ingreso potencial por unidad de volumen de agua se presentan en el Cuadro 6.8.2 que se refiere a la tarifa vigente de agua, y en el Cuadro 6.8.3 que se refiere a las características existentes en cuanto al consumo y pago de agua.

(4) Estimación del ingreso incremental

La producción incremental neta de agua, bajo diferentes situaciones de pérdidas de agua, se multiplica por C\$1,25/m<sup>3</sup> que es el ingreso estimado por unidad de volumen de agua. El resultado es el ingreso potencial del Proyecto, es decir, ingreso

total asumiendo la cobranza del 100% de la facturación (Cuadro 6.8.4). Sin embargo, en la realidad los ingresos dependen también de la eficacia en la cobranza. Es por eso que se asumieron dos situaciones de cobranzas consistentes en 75% y 85%. La cobranza del 85% es similar al 86% logrado por INAA en 1992, mientras que el 75% de cobranza se refiere a la situación del caso peor.

El ingreso incremental del Proyecto se estima en base a las cobranzas del 85% y 75%, asumiendo la producción incremental neta de agua (agua vendible) del 80%, 75%, 70%, 60% y 50% de la producción bruta. El ingreso estimado es mas bien conservador en el sentido de que se ignoran los pagos atrasados, pero es optimista en el sentido de que se suponen pagos inmediatos hasta los 75% y 85% de cobranzas (Cuadros 6.8.5 y 6.8.6).

### 6.8.3 Cálculo del Índice de Viabilidad Financiera

La evaluación financiera del Proyecto fue efectuada utilizando los costos estimados en la sección correspondiente sobre Estimación de Costos y resumidos en el Cuadro 6.8.7, y los ingresos estimados arriba. Estos dos rubros generaron el flujo de caja neto por año para las diferentes situaciones durante los 30 años del Proyecto. Los flujos de caja netos sirvieron de base para el cálculo de la tasa interna de retorno financiero. Los flujos de caja y las tasas internas de retorno financiero correspondientes a las diferentes situaciones se presentan en los Cuadros 6.8.8 y 6.8.9.

Es conveniente observar que la evaluación financiera del Proyecto no se efectuó de acuerdo al procedimiento convencional de estimar la viabilidad del "caso base", para luego realizar el análisis de sensibilidad. En este caso, se delinearon diferentes situaciones en base a la combinación de diversos supuestos sobre pérdidas de agua y eficacia en la cobranza, y se computaron los correspondientes índices de viabilidad financiera. Se escogió este procedimiento debido a las incertidumbres que rodean a las reducciones de pérdidas de agua y al mejoramiento en la cobranza. Se considera, sin embargo, que los resultados del análisis son igualmente valederos.



#### 6.8.4 Interpretación de los Resultados

Se presentan abajo las tasas internas de retorno financiero obtenidas bajo diferentes situaciones.

<u>Agua Vendible</u>	<u>Tasas Internas de Retorno Financiero</u>	
	<u>85% de Cobranza</u>	<u>75% de Cobranza</u>
80%	4,95%	3,12%
75%	4,00%	2,19%
70%	3,00%	1,21%
60%	0,79%	-1,01%
50%	-1,84%	-3,75%

La conclusión más general es que las tasas de retorno son bastante bajas. Aun asumiendo la situación poco realista de solamente 20% de pérdidas de agua, combinada con una cobranza efectiva del 85%, la tasa interna de retorno financiero es meramente del 4,95%. Aun así, es el mejor resultado entre todas las situaciones supuestas.

Aun con el 25% de pérdida de agua, que representa una operación muy satisfactoria, las tasas internas de retorno financiero son de 4,0% para 85% de cobranza, y de 2,2% para 75% de cobranza. Si las pérdidas de agua aumentan al 30%, las tasas internas de retorno financiero disminuyen al 3,0% para 85% de cobranza, y al 1,2% para 75% de cobranza.

INAA logró un mejoramiento dramático en la eficacia de cobranza en 1992, alcanzando el 86% de la facturación en Managua. Si esta eficacia en la cobranza puede ser sostenida, INAA puede dedicarse de lleno a la siguiente tarea de mayor significancia, cual es la reducción de las pérdidas de agua. El efecto de las pérdidas de agua sobre las finanzas es bastante serio, ya que las tasas internas de retorno financiero se vuelven negativas cuando las pérdidas de agua sobrepasan el 40% y el 30%, para los casos de 85% de cobranza y 75% de cobranza, respectivamente.

Las bajas tasas internas de retorno financiero implican la necesidad de ejercer mucho cuidado en la implementación del Proyecto. Como ya se ha mencionado, no existen dudas de que los beneficios sociales del Proyecto son grandes. Sin embargo, debido a las bajas tasas internas de retorno financiero, la implementación del Proyecto debe ser realizada sujeta a la búsqueda cuidadosa de una agencia de asistencia financiera que sea reconocida por el otorgamiento de financiamiento

especialmente "blando".

#### 6.8.5 Evaluación General

La ciudad de Managua enfrenta un déficit crítico en el abastecimiento de agua, déficit que se presume continuará hasta el futuro previsible. El problema radica en la explosión poblacional y a las limitaciones de las existentes fuentes de agua subterránea. Debido a la falta de disponibilidad de apropiadas fuentes de aguas superficiales, la meta del Proyecto es satisfacer la demanda de agua hasta el año 2000 a través del desarrollo de nuevas fuentes de agua subterránea.

La selección del desarrollo de nuevas fuentes de agua subterránea ha sido acertada, ya que el área objetivo resultó ser rica en agua subterránea de buena calidad que requiere únicamente la cloración para su distribución a los consumidores. El desarrollo de estas nuevas fuentes de agua permitirá la gradual eliminación de la muy inconveniente práctica actual de suspender el suministro de agua, que al presente afecta a los residentes de Managua dos días por semana.

Adicionalmente, se presume que la creciente disponibilidad de agua para el suministro público brindará grandes beneficios en términos de mejoramiento de la salud de la población. El Proyecto incrementará el abastecimiento de agua a Managua, diseñado de tal manera a economizar el consumo de la energía eléctrica, al evitar la utilización conjunta de las bombas para los propósitos de extracción y distribución de agua.

A pesar de que son bastante bajas las tasas internas de retorno financiero bajo las diferentes situaciones supuestas, no existen dudas de que el déficit realmente crítico en el abastecimiento de agua en Managua requiere de una rápida solución. Es por eso que, en consideración a los beneficios sociales y otros efectos favorables, se recomienda la implementación inmediata del Proyecto, en especial si se logra un financiamiento lo suficientemente "blando".

**Cuadro 6.8.1 Producción Incremental Bruta y Neta de Agua**

Ano	Cien (%)	Ochenta (%)	Setenta y cinco (%)	Setenta (%)	Sesenta (%)	Cincuenta (%)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	1851	1481	1388	1296	1111	926
4	14808	11846	11106	10366	8885	7404
5	25914	20731	19436	18140	15548	12957
6	34594	27675	25946	24216	20756	17297
7	60634	48507	45476	42444	36380	30317
8	67144	53715	50358	47001	40286	33572
9	67144	53715	50358	47001	40286	33572
10	67144	53715	50358	47001	40286	33572
11	67144	53715	50358	47001	40286	33572
12	67144	53715	50358	47001	40286	33572
13	67144	53715	50358	47001	40286	33572
14	67144	53715	50358	47001	40286	33572
15	67144	53715	50358	47001	40286	33572
16	67144	53715	50358	47001	40286	33572
17	67144	53715	50358	47001	40286	33572
18	67144	53715	50358	47001	40286	33572
19	67144	53715	50358	47001	40286	33572
20	67144	53715	50358	47001	40286	33572
21	67144	53715	50358	47001	40286	33572
22	67144	53715	50358	47001	40286	33572
23	67144	53715	50358	47001	40286	33572
24	67144	53715	50358	47001	40286	33572
25	67144	53715	50358	47001	40286	33572
26	67144	53715	50358	47001	40286	33572
27	67144	53715	50358	47001	40286	33572
28	67144	53715	50358	47001	40286	33572
29	67144	53715	50358	47001	40286	33572
30	67144	53715	50358	47001	40286	33572

Cuadro 6.8.2 Tarifa de Consumo de Agua, Efectiva  
Enero 1993

Unidad: CS/1000 Gal.

Rango de Consumo (1000 gal)	Tarifa de Consumo												
	Doméstico					Govt. Commerc. Indust.							
	I	D	F	SP	MF	I	D	F	SP	MF			
0 - 4	2.22	4.16	4.35	1.11	1.11	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
0 - 10	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	3.92	5.73	4.58	n.a	n.a	n.a	4.58
4 - 7	n.a	5.52	4.53	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
4 - 8	2.94	n.a	n.a	1.44	1.66	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
7 - 10	n.a	5.56	5.43	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
8 - 10	3.43	n.a	n.a	2.17	2.5	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
10 - 15	4.26	5.85	8.42	2.82	3.14	5.28	8.59	6.4	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
15 & Up	n.a	n.a	n.a	3.5	3.89	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
15 - 20	6.17	11.5	14.2	n.a	n.a	7.18	12.89	8.97	n.a	n.a	12.89	8.97	n.a
20 - 30	8.87	16.86	18.43	n.a	n.a	9.85	19.34	12.55	n.a	n.a	19.34	12.55	n.a
30 - 40	12.23	21.92	22.15	n.a	n.a	13.59	25.14	17.57	n.a	n.a	25.14	17.57	n.a
40 - 50	14.69	26.3	28.86	n.a	n.a	18.88	32.68	24.6	n.a	n.a	32.68	24.6	n.a
50 & Up	17.07	31.56	37.59	n.a	n.a	24.54	39.22	34.44	n.a	n.a	39.22	34.44	n.a

**Cuadro 6.8.3 Características Supuestas de Consumo y Pago de Agua**

Categoría de Consumo	Número Conexional	Consumo Mensual Medio Gal.1000	Consumo Mensual Total Gal.1000	Pago Mensual Medio (Córdobas)	Pago Mensual Total (Córdobas)
Doméstica I	89416	8.99	803849.84	24.04	2149560.64
Doméstica D	6671	15.64	104334.44	86.49	576974.79
Doméstica F	396	11.75	4653	62.02	24559.92
Puestos Públicos	809	36.5	29528.5	103.89	84047.01
Multi-familiar	771	25.73	19837.83	73.52	56683.92
Gubernamental	1048	92.18	96604.64	1559.8	1634670.4
Comercial	2772	25.37	70325.64	268.56	744448.32
Industrial	304	36.87	11208.48	368.86	112133.44
<b>Total</b>	<b>102187</b>		<b>1140342.37</b>		<b>5383078.44</b>

**Cuadro 6.8.4 Ingreso Potencial Asumiendo el 100% de Recaudación**

Año	Cien (%)	Ochenta (%)	Setenta y cinco (%)	Setenta (%)	Sesenta (%)	Cincuenta (%)
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	2314	1851	1735	1620	1388	1157
4	18510	14808	13883	12957	11106	9255
5	32393	25914	24294	22675	19436	16196
6	43243	34594	32432	30270	25946	21621
7	75793	60634	56844	53055	45476	37896
8	83930	67144	62948	58751	50358	41965
9	83930	67144	62948	58751	50358	41965
10	83930	67144	62948	58751	50358	41965
11	83930	67144	62948	58751	50358	41965
12	83930	67144	62948	58751	50358	41965
13	83930	67144	62948	58751	50358	41965
14	83930	67144	62948	58751	50358	41965
15	83930	67144	62948	58751	50358	41965
16	83930	67144	62948	58751	50358	41965
17	83930	67144	62948	58751	50358	41965
18	83930	67144	62948	58751	50358	41965
19	83930	67144	62948	58751	50358	41965
20	83930	67144	62948	58751	50358	41965
21	83930	67144	62948	58751	50358	41965
22	83930	67144	62948	58751	50358	41965
23	83930	67144	62948	58751	50358	41965
24	83930	67144	62948	58751	50358	41965
25	83930	67144	62948	58751	50358	41965
26	83930	67144	62948	58751	50358	41965
27	83930	67144	62948	58751	50358	41965
28	83930	67144	62948	58751	50358	41965
29	83930	67144	62948	58751	50358	41965
30	83930	67144	62948	58751	50358	41965

**Cuadro 6.8.5 Ingreso Estimado con el 85% de Recaudación**

Año	Ochenta (%)	Setenta y cinco (%)	Setenta (%)	Sesenta (%)	Cincuenta (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	1573	1475	1377	1180	983
4	12587	11800	11013	9440	7867
5	22027	20650	19274	16520	13767
6	29405	27567	25729	22054	18378
7	51539	48318	45097	38654	32212
8	57072	53505	49938	42804	35670
9	57072	53505	49938	42804	35670
10	57072	53505	49938	42804	35670
11	57072	53505	49938	42804	35670
12	57072	53505	49938	42804	35670
13	57072	53505	49938	42804	35670
14	57072	53505	49938	42804	35670
15	57072	53505	49938	42804	35670
16	57072	53505	49938	42804	35670
17	57072	53505	49938	42804	35670
18	57072	53505	49938	42804	35670
19	57072	53505	49938	42804	35670
20	57072	53505	49938	42804	35670
21	57072	53505	49938	42804	35670
22	57072	53505	49938	42804	35670
23	57072	53505	49938	42804	35670
24	57072	53505	49938	42804	35670
25	57072	53505	49938	42804	35670
26	57072	53505	49938	42804	35670
27	57072	53505	49938	42804	35670
28	57072	53505	49938	42804	35670
29	57072	53505	49938	42804	35670
30	57072	53505	49938	42804	35670

**Cuadro 6.8.6 Ingreso Estimado con el 75% de Recaudación**

Año	Ochenta (%)	Setenta y cinco (%)	Setenta (%)	Sesenta (%)	Cincuenta (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	1388	1301	1215	1041	868
4	11106	10412	9718	8330	6941
5	19436	18221	17006	14577	12147
6	25946	24324	22702	19459	16216
7	45476	42633	39791	34107	28422
8	50358	47211	44063	37769	31474
9	50358	47211	44063	37769	31474
10	50358	47211	44063	37769	31474
11	50358	47211	44063	37769	31474
12	50358	47211	44063	37769	31474
13	50358	47211	44063	37769	31474
14	50358	47211	44063	37769	31474
15	50358	47211	44063	37769	31474
16	50358	47211	44063	37769	31474
17	50358	47211	44063	37769	31474
18	50358	47211	44063	37769	31474
19	50358	47211	44063	37769	31474
20	50358	47211	44063	37769	31474
21	50358	47211	44063	37769	31474
22	50358	47211	44063	37769	31474
23	50358	47211	44063	37769	31474
24	50358	47211	44063	37769	31474
25	50358	47211	44063	37769	31474
26	50358	47211	44063	37769	31474
27	50358	47211	44063	37769	31474
28	50358	47211	44063	37769	31474
29	50358	47211	44063	37769	31474
30	50358	47211	44063	37769	31474



**Cuadro 6.8.7 Costos Estimados**

Año	Costos de Invers	Costos Reemplaz.	Costos O & M	Costo Total
1	7093	-	-	7093
2	32784	-	-	32784
3	94425	-	802	95227
4	78884	-	4407	83291
5	54449	-	7343	61792
6	143678	-	8566	152244
7	150836	-	14311	165147
8	-	-	15592	15592
9	-	-	15592	15592
10	-	-	15592	15592
11	-	-	15592	15592
12	-	-	15592	15592
13	-	-	15592	15592
14	-	-	15592	15592
15	-	-	15592	15592
16	-	-	15592	15592
17	-	-	15592	15592
18	-	1953	15592	17545
19	-	5859	15592	21451
20	-	5859	15592	21451
21	-	9400	15592	24992
22	-	28200	15592	43792
23	-	7050	15592	22642
24	-	-	15592	15592
25	-	-	15592	15592
26	-	-	15592	15592
27	-	-	15592	15592
28	-	-	15592	15592
29	-	-	15592	15592
30	-	-	15592	15592

**Cuadro 6.8.8 Flujo de Caja Asumiendo el 85% de Recaudación**

Año	Ochenta y cinco (%)	Setenta y cinco (%)	Setenta (%)	Sesenta y cinco (%)	Cincuenta (%)
1	-7093	-7093	-7093	-7093	-7093
2	-32784	-32784	-32784	-32784	-32784
3	-93654	-93752	-93850	-94047	-94244
4	-70704	-71491	-72278	-73851	-75424
5	-39765	-41142	-42518	-45272	-48025
6	-122839	-124677	-126515	-130190	-133866
7	-113608	-116829	-120050	-126493	-132935
8	41480	37913	34346	27212	20078
9	41480	37913	34346	27212	20078
10	41480	37913	34346	27212	20078
11	41480	37913	34346	27212	20078
12	41480	37913	34346	27212	20078
13	41480	37913	34346	27212	20078
14	41480	37913	34346	27212	20078
15	41480	37913	34346	27212	20078
16	41480	37913	34346	27212	20078
17	41480	37913	34346	27212	20078
18	39527	35960	32393	25259	18125
19	35621	32054	28487	21353	14219
20	35621	32054	28487	21353	14219
21	32080	28513	24946	17812	10678
22	13280	9713	6146	-988	-8122
23	34430	30863	27296	20162	13028
24	41480	37913	34346	27212	20078
25	41480	37913	34346	27212	20078
26	41480	37913	34346	27212	20078
27	41480	37913	34346	27212	20078
28	41480	37913	34346	27212	20078
29	41480	37913	34346	27212	20078
30	41480	37913	34346	27212	20078
FIRR	0.049501	0.040004	0.030001	0.007936	-0.01844

**Cuadro 6.8.9 Flujo de Caja Asumiendo el 75% de Recaudación**

Año	Ochenta (%)	Setenta y cinco (%)	Setenta (%)	Sesenta (%)	Cincuenta (%)
1	-7093	-7093	-7093	-7093	-7093
2	-32784	-32784	-32784	-32784	-32784
3	-93838.7	-93925.5	-94012.2	-94185.8	-94359.3
4	-72185	-72879.1	-73573.2	-74961.5	-76349.7
5	-42356.5	-43571.2	-44785.9	-47215.3	-49644.8
6	-126298.	-127920.	-129541.	-132784.	-136028.
7	-119671.	-122513.	-125355.	-131040.	-136724.
8	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
9	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
10	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
11	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
12	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
13	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
14	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
15	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
16	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
17	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
18	32813	29665.62	26518.25	20223.5	13928.75
19	28907	25759.62	22612.25	16317.5	10022.75
20	28907	25759.62	22612.25	16317.5	10022.75
21	25366	22218.62	19071.25	12776.5	6481.75
22	6566	3418.625	271.25	-6023.5	-12318.2
23	27716	24568.62	21421.25	15126.5	8831.75
24	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
25	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
26	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
27	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
28	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
29	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
30	34766	31618.62	28471.25	22176.5	15881.75
FIRR	0.031207	0.021934	0.012075	-0.01006	-0.03747



## CAPITULO 7 PLAN DE MANEJO DEL AGUA SUBTERRANEA



## **CAPITULO 7 PLAN DE MANEJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

El desarrollo del agua subterránea por medio de pozos tubulares profundos, en el Area de Estudio se inició en el año 1970 y ha aumentado rápidamente desde mediados de 1980. El agua extraída es principalmente para agua potable y parcialmente para la riego y uso industrial.

Sin embargo, el derecho al uso del agua subterránea no ha sido establecido de forma clara en Nicaragua, lo que implica que no se ha promulgado o no ha entrado en vigor una legislación general sobre el uso de los recursos de agua, ni una ley específica sobre el uso del agua subterránea. En otras palabras, el desarrollo del agua subterránea ha avanzado sin dar la consideración debida a los principios del manejo del agua subterránea.

En el Area de Estudio el agua subterránea ha sido el único recurso de agua usado, por este hecho casual en el año 1980 se llevaron a cabo demasiadas perforaciones por la rápida expansión de la ciudad; como consecuencia se presume que hay sobre extracción en algunas áreas de la ciudad, además es evidente el problema del decrecimiento de la producción de los pozos en algunas áreas.

Consecuentemente, el manejo racional de los recursos de agua subterránea basándose en el enfoque científico y en el desarrollo del agua subterránea bajo el concepto de "Rendimiento Permisible" es quizás la acción más significativa que se debe tomar hasta que se desarrollen fuentes de aguas alternativas.

El plan de manejo del agua subterránea se tiene que establecer con el objetivo de proteger y utilizar de manera efectiva este recurso vital, y con miras a satisfacer la demanda hasta el año 2000, la que se ha pronosticado está aumentando rápidamente, en la ciudad de Managua.

### **7.1 Política Básica**

#### **7.1.1 Conceptos Relevantes**

Como se menciona en la Sección 5.1, la descarga de bombeo disponible como "rendimiento permisible" es la cantidad

determinada por los siguientes factores.

(a) Factor Económico

Este factor refleja los aspectos desfavorables de la extracción de agua tales como; pozos secos, aumento del costo del bombeo, hundimiento del terreno, contaminación y salinización del agua subterránea por el decrecimiento de nivel.

(b) Factor de Balance Natural del Agua

Este factor se refiere a la posibilidad de la extracción continua, de acuerdo con la capacidad de recarga natural del área sin causar abatimiento adverso especial.

En el caso del Area de Estudio se recomiendan las siguientes medidas desde el punto de vista de utilización efectiva de los recursos limitados.

- (a) La capacidad de bombeo debe restringirse por el valor de recarga natural el que se puede estimar científicamente.
- (b) Aun en la condición de balance secundario bajo extracción el nivel del agua subterránea no debe ser menor que el nivel del lago de Managua, con el propósito de proteger el agua subterránea de la intrusión de agua proveniente del lago contaminado.
- (c) Los efectos adversos en los pozos tubulares existentes deben ser minimizados.
- (d) El alcance del nivel dinámico de los pozos situados en el área dentro de 2 km de distancia del Lago de Managua debe ser especialmente controlado.

#### 7.1.2 Prioridad del Uso de Agua Subterránea

De acuerdo con los resultados del balance de agua calculado de manera poco específica, la sub-cuenca hidrogeológica central enfrenta el problema de sobre extracción, la sub-cuenca hidrogeológica oriental puede desarrollarse, pero sin el potencial para satisfacer completamente la demanda hasta el año 2000. Esta evaluación es todavía tentativa porque muchas de los



supuestos usados en el modelo de simulación fueron estimaciones. Lo que significa que se necesita la revisión de los resultados del análisis del balance de agua, por medio de la introducción de datos más precisos y recientemente obtenidos con el monitoreo adicional, el cual continuará bajo el plan de manejo de agua subterránea.

Para establecer las prioridades en la utilización del recurso de agua, el concepto del derecho del agua es muy importante. Por ejemplo, en el caso de los EEUU la Conferencia Nacional de Comisionados sobre las Leyes Estatales Uniformes preparó la Ley Modelo del Uso del Agua en 1958 a través de un Comité Especial para la Ley Modelo de Conservación de los Recursos Hídricos. Esta ley modelo afirma que todos los recursos hídricos son para el uso público, y que el Comité de Conservación de los Recursos Hídricos es la autoridad a cargo del manejo y de la regulación de los recursos mencionados.

Desde el punto de vista de la utilización de los recursos de agua, el agua potable tiene la mayor prioridad. A este respecto la organización que maneja el abastecimiento público de agua potable tiene autorización de usar la cantidad necesaria de agua de todas las fuentes disponibles.

En el caso de Nicaragua la preparación y promulgación de una Ley de Recursos Hídricos incluyendo el agua subterránea se necesita urgentemente debido a que se espera un crecimiento rápido de la población alrededor de la Ciudad de Managua, mientras los recursos de agua son cada vez más escasos.

Con la ausencia de una legislación sobre los Recursos Hídricos las siguientes recomendaciones son válidas para el presente y el futuro cercano en el Area de Estudio.

- (1) El uso del agua subterránea para el riego y para la industria no debe tener un incremento mayor al del nivel existente en las sub-cuencas hidrogeológicas central y oriental de Managua. En el caso de la instalación excepcional de plantas industriales nuevas en las sub-cuencas mencionadas, se recomienda que el agua para uso industrial sea comprada a INAA, en vez de permitir la perforación de pozo particular.
- (2) El nivel de agua subterránea en la zona de los manantiales, alrededor de las hondonadas de Sabana Grande será afectada con el desarrollo de pozos nuevos en el área superior. Sin

embargo, la utilización del agua en el área es casi exclusivamente para recreación y para irrigación, por eso se justifica un poco de decrecimiento en el flujo de los manantiales.

### 7.1.3 Ahorro de Agua

Es muy importante tomar acciones prácticas para el ahorro del agua en el Area de Estudio. Estas acciones deben concentrarse en dos aspectos, uno de los cuales es disminuir las pérdidas de conducción de agua ("pérdidas físicas"), el otro es prevenir el desperdicio de agua en las casas ("pérdida no-físicas").

- (1) Las pérdidas físicas o fugas se reflejan en el aumento del costo unitario de producción. Este tipo de pérdidas será contrarrestado con el programa de rehabilitación de las líneas de conducción y de los tanques de almacenamiento, además de la instalación y reparación de contadores para medir de forma precisa la producción de agua.
- (2) Las pérdidas "no físicas" se refieren al agua consumida sin pagar, lo que se refleja en los ingresos de pérdidas. Este tipo de pérdidas se puede enfrentar con las siguientes tres acciones.
  1. Instalación o reparación de los contadores de agua apropiados a cada categoría de consumo.
  2. Educación a los consumidores para estimular la buena calidad de los trabajos de instalaciones sanitarias y para prevenir el mal uso del agua.
  3. Tarifa de agua progresiva, es decir las tarifas aumenta de acuerdo con el aumento en los bloques de consumo. Esta es la estructura de tarifa que prevalece en INAA.

### 7.1.4 Contaminación del Agua Subterránea y Fuentes de Agua Futuras

Una vez que el agua subterránea se ha contaminado su uso se debe restringir completamente; debido a los estrictos requerimientos de calidad para el agua potable, por tal razón es

importante que el acuífero este protegido contra cualquier tipo de contaminación.

Por el punto de vista, arriba mencionado, se debe poner mucha atención a las siguientes áreas.

- (1) El área de Sabana Grande y Veracruz en el presente se usa para la agricultura, por lo que la contaminación por el uso de productos químicos agrícolas es una clara posibilidad. Consecuentemente, se recomienda que en el futuro se continúe la realización periódica del análisis de calidad de agua.
- (2) El lago de Managua es considerado como una fuente muy importante de agua para todas las áreas potenciales de la sub-cuenca hidrogeológica oriental. Por lo tanto, los desperdicios de agua deben pasar por un tratamiento antes de ser descargados al lago.
- (3) El Lago de Nicaragua se espera llegue a ser la fuente de agua dominante en el futuro. Por lo tanto, se recomienda fuertemente la regulación de los desperdicios de agua que en el presente drenan en el lago y el comienzo del monitoreo de calidad de agua.

## **7.2 Manejo del Agua Subterránea**

### **7.2.1 Manejo del Agua Subterránea Area Objetivo**

El área objetivo para el manejo es el Area de Estudio incluyendo las sub-cuencas hidrogeológicas central y oriental Managua y parte de la sub-cuenca occidental. La sub-cuenca hidrogeológica occidental se tiene que investigar hidrogeológicamente en el área de Los Brasiles y se recomienda la formulación de un modelo de flujo de agua subterránea separado. Cada cuenca debe ser tratada como cuenca hidrogeológica integrada, porque todas las actividades humanas tienen influencia en el acuífero.

#### **(a) Sub-cuenca hidrogeológica central**

Esta sub-cuenca pertenece al área donde el uso del agua subterránea debe regularse porque se presume existe sobre extracción.

(b) Sub-cuenca hidrogeológica oriental

Esta sub-cuenca pertenece al área a ser desarrollada como la nueva fuente de agua potable. La zona de recarga para esta sub-cuenca es importante y deberá ser protegida contra cualquier actividad que puede dañarla.

### 7.2.2 Restricciones de Extracción Tentativas

Las ideas básicas del plan de reducción de extracción fueron simuladas y discutidas en el Capítulo 5, por lo tanto, aquí se discuten sólo regulaciones tentativas.

El objetivo más importante de reducción es la extracción de la Laguna de Asososca, porque una vez que se de la intrusión de aguas de desperdicio en la laguna y ésta no se pueda utilizar como agua potable, un tercio (en 1991) de la fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Managua se tendrá que dar por terminado.

La descarga de extracción de la laguna se redujo de 67,000 m<sup>3</sup>/día (promedio en 1991) a 55,000 m<sup>3</sup>/día (promedio, abril 1992). Es difícil comprobar claramente los efectos de esta reducción de extracción sobre la recuperación del nivel de la laguna, debido a las sequías continuas en años recientes y por la falta de datos nuevos. Para evaluar la recuperación del nivel de la laguna se deben considerar los resultados del monitoreo futuro y los datos de la precipitación.

También se ha predicho el decrecimiento del nivel de agua subterránea en el área central de la ciudad de Managua, si la tasa de extracción actual continúa y si la precipitación es normal. Sin embargo, el comportamiento detallado de esta área no se ha clarificado. Por consiguiente, en esta área el control de extracción debe considerarse conjuntamente con los resultados del monitoreo, lo que se discutirá luego.

### 7.2.3 Programa de Monitoreo

El monitoreo es un factor muy importante para el manejo del agua subterránea, porque todas las contramedidas pueden concebirse, de acuerdo con la condición más nueva revelada por los resultados del monitoreo.

Básicamente, todos los registros metereológicos mostrados en la Sección 4.3 fueron reunidos por INETER. Durante el curso del Estudio se instalaron 5 limnigrafos automáticos y una estación pluviométrica. El monitoreo con el uso de esos equipos ha sido conducido por los miembros de la contraparte de INAA, quienes periódicamente han colectado e interpretado los datos de los análogos a los registros reales. Adicionalmente, como investigación simultánea se realizó la medición del nivel de agua en más de 40 pozos durante la época seca y la época lluviosa.

Todos los registros de descarga de extracción de INAA fueron reunidos por la Sección de Mantenimiento. La descarga de la extracción en los pozos privados se estimó basándose en las entrevistas realizadas.

Para revisar el enfoque usado para la recolección de datos en el Area de Estudio, se requerirá del siguiente programa de monitoreo.

(1) Precipitación

Se deberán coleccionar datos de precipitación diaria en los alrededores de la Concepción, Sabana Grande y Veracruz con el fin de obtener estimaciones más exactas de la precipitación del area.

(2) Nivel de Agua

Para el manejo del agua subterránea es muy significativo el monitoreo continuo del nivel de agua subterránea, porque los datos existentes no fueron suficientes para comprender completamente el movimiento real del agua subterránea. Por consiguiente, los resultados del monitoreo del nivel del agua subterránea permitirán la revisión y la modificación de los supuestos usados en el modelo de simulación. Además se debe modificar el plan de manejo de agua subterránea, de acuerdo con los resultados de la simulación con los supuestos revisados.

Se sugieren los siguientes sitios adicionales para el monitoreo del nivel de agua subterránea.

- (a) Cerca del lago de Managua
- (b) Entre la laguna de Asososca y la zona industrial
- (c) En las áreas donde no hay equipo de monitoreo, pero se requieren datos desde el punto de vista hidrogeológico.

La Fig. 7.2.1 muestra la localización de los sistemas de monitoreo existentes y los puntos recomendados para el monitoreo de la precipitación y del nivel de agua subterránea.

### (3) Calidad del Agua

El monitoreo de la calidad del agua en las lagunas, estaciones de bombeo y en los sitios seleccionados de los sistemas de distribución se ha realizado periódicamente desde 1990 por el Departamento O/M de INAA.

El monitoreo de la calidad del agua adquiere especial importancia con referencia a la posible intrusión de aguas de desperdicios al acuífero de agua subterránea de la laguna de Asososca. La observación periódica y los análisis semanales o mensuales de calidad de agua serán necesarios para la laguna de Asososca y para algunos pozos situados entre el área industrial y la laguna. También se recomienda analizar anualmente muestras de agua de algunos de los sitios de monitoreo usados durante el Estudio.

### (4) Investigación sobre el Uso del Agua subterránea

La falta de medidores de descarga en los pozos de producción de INAA hace que el factor básico de la investigación hidrogeológica sea incierto, o sea los datos de extracción de agua, por eso aún los resultados del análisis de la simulación son tentativos. Por tanto, los medidores de descarga acumulativa y de presión deben instalarse en todos los pozos y otros sitios necesarios en la línea de distribución, con el objetivo de captar la producción extraída.

Adicionalmente, se deben coleccionar los datos de la descarga extraída en los pozos privados o públicos, de uso industrial, agrícola y doméstico. El informe periódico sobre el consumo de agua se requerirá bajo disposición legal, en caso que el consumidor extraiga una cantidad de agua mayor a la especificada.

#### 7.2.4 Sub-estudio (Sub-proyectos)

Los siguientes sub-estudios se consideran tentativamente necesarios, en base a los datos de monitoreo, arriba mencionados.

#### (1) Investigación sobre la Contaminación del Agua Subterránea

La investigación sobre la contaminación del agua subterránea debe comenzar lo más pronto posible en las áreas alrededor de la laguna de Asososca y en la parte sur de lago de Managua. Este estudio debe constar del análisis de la calidad de agua y del análisis del flujo del agua subterránea.

#### (2) Revisión del Análisis de Simulación

Como se describe en el Capítulo 5, el análisis de simulación se llevó a cabo basándose en muchos supuestos estimados de forma poco específica. Por eso, se recomienda fuertemente, después de 2-3 años, la revisión de todos los parámetros empleados en este análisis de simulación, agregando los datos del monitoreo, arriba mencionado.

#### (3) Establecimiento de Modelos Nuevos

En este Estudio se realizó el modelo de toda el Área de Estudio como una área de simulación. Cuando se cuente con registros detallados de nivel de agua subterránea y se tengan también otros datos de campo como resultado del programa de monitoreo arriba sugerido, se recomienda establecer sub-modelos que representen áreas más pequeñas, como por ejemplo, sub-modelos de la laguna de Asososca y de Sabana Grande.

#### (4) Análisis de la Recarga

El análisis de la recarga deberá realizarse con el uso de datos de las precipitaciones diarias y del nivel de agua subterránea diario de las sub-áreas hidrogeológicas Central y Oriental, después de haber colectado datos de monitoreo durante 2-3 años. Para el análisis se recomienda el modelo de tanque, u otro método, el cual pueda considerar el balance de agua en la condición del suelo.

#### 7.2.5 Programa de Tiempo

El manejo del agua subterránea se debe implementar en las fases siguientes.

(a) Fase I

Todos los pozos, a excepción de los pozos someros pequeños para uso personal, deben ser registrados en el inventario de pozos junto con los datos correspondientes sobre el nivel, la calidad y la cantidad de agua. Estos datos sirven como base para estudios hidrológicos, que proporcionarán una evaluación sobre los actuales problemas.

Los resultados de la evaluación de los estudios hidrológicos serán usados para clasificar, el área de manejo de agua subterránea en sub-áreas, de las cuales a cada una se le asignarán metas tentativas en relación con el rendimiento permisible y con la calidad del agua.

(b) Fase II

El uso del agua subterránea, bajo la meta tentativa se reducirá a través de la racionalización de las operaciones existentes. El sistema de monitoreo se mejorará y todos los resultados se evaluarán de manera integral. Las metas de rendimiento permisible y calidad de agua se definirán claramente.

(c) Fase III

El monitoreo y la regulación se realizará continuamente. En esta fase los problemas originales ya casi no existirán. De otra manera, se tendrán que establecer metas nuevas y más estrictas.

Basándose en las consideraciones arriba mencionadas, el programa de manejo tentativo será de la siguiente manera, con los ajustes apropiados de acuerdo con los resultados del monitoreo.



1993-1994

Establecimiento del sistema de monitoreo

Establecimiento de los recursos de agua (agua subterránea)  
Comité de manejo

Proyecto de rehabilitación

Extracción de la laguna de Asososca en el nivel actual

Establecimiento de un plan de regulación tentativo de  
acuerdo con los resultados del monitoreo

1995-1999

Proyecto de desarrollo en Ticuantepe y Sabana Grande

Evaluación de la escala de desarrollo final en el Area de  
Estudio

Revisión del plan de regulación tentativo

Establecimiento del plan de regulación final

Regulación en algunas partes del área

2000

Desarrollo de todo el potencial de agua subterránea

Establecimiento del control a escala completa bajo el Plan  
de Manejo del Agua Subterránea

(Regulación del Manejo del Agua Subterránea

## 7.2.6 Organización

Se recomienda que el manejo del agua subterránea en el Area sea unificado bajo la responsabilidad de sólo un comité, cuyos miembros representen a las organizaciones concernientes. Debido a que en la ciudad de Managua y otras municipalidades cercanas, los recursos de agua son utilizados no solamente para agua potable, sino también para uso industrial y agrícola. INAA debe estar a la cabeza de este comité para la investigación, la observación, el análisis y la evaluación del agua subterránea.

INAA, INETER e IRENA son las principales instituciones gubernamentales que tienen la responsabilidad de velar por los recurso naturales en Nicaragua.

INAA está a cargo de la responsabilidad particularmente difícil como es el desarrollo las fuentes de agua y el abastecimiento de agua potable a la población de Nicaragua, a través de la utilización racional de los escasos recursos de agua. Desde este punto de vista, se recomienda que INAA este a la cabeza del Comité de Manejo Ejecutivo, el cual estará conformado por representantes de INAA, INETER e IRENA.

### Bases Legales

Regulación del Manejo del Agua Subterránea	Nicaragua Managua
--	----------------------

### Comité Ejecutivo de Manejo

Comité de Manejo del Agua Subterránea	INAA INETER IRENA
---------------------------------------	-------------------------

### Oficina de Manejo

Oficina de Manejo Cuerpo Ejecutivo	INAA
---------------------------------------	------

## Trabajos Principales

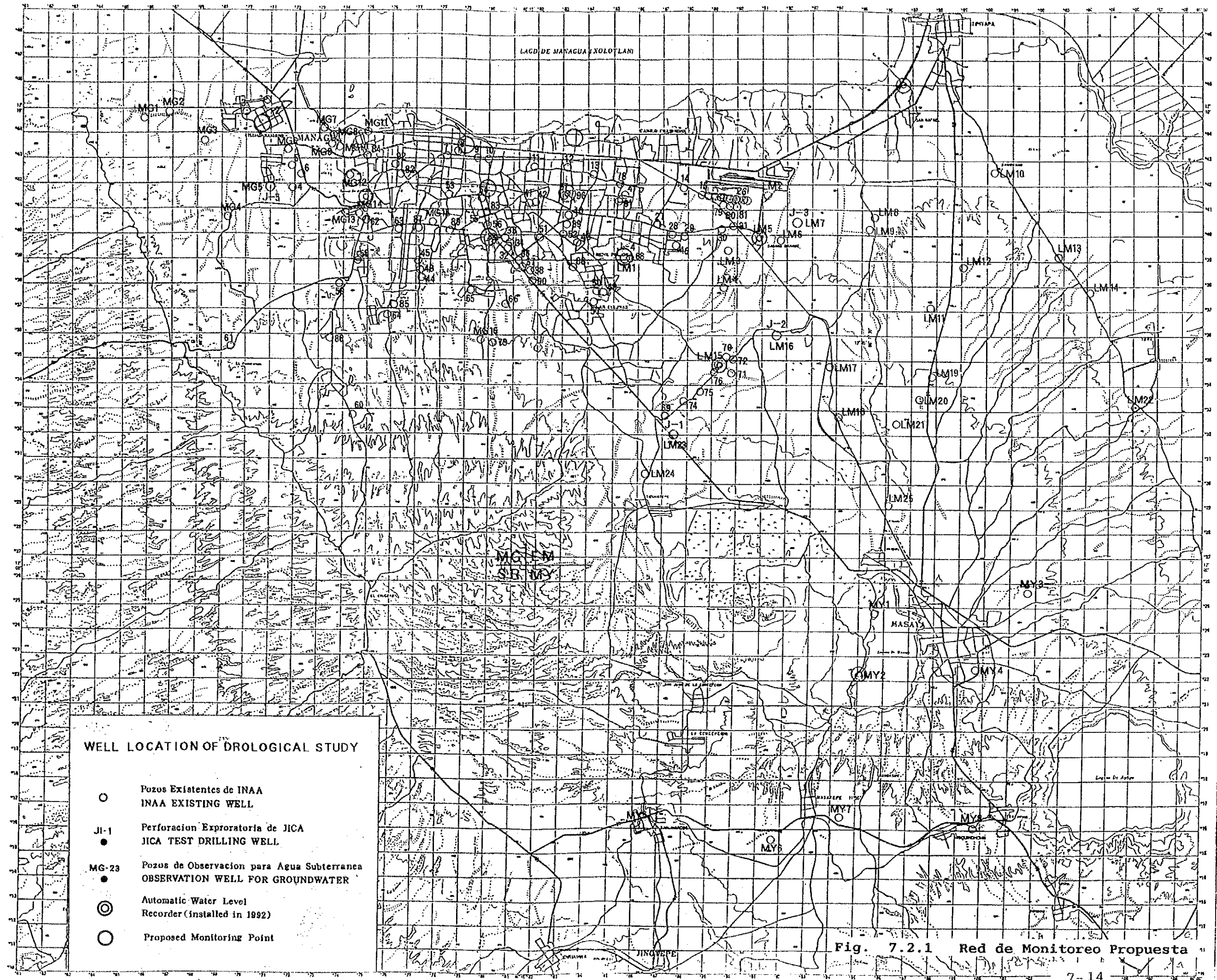
Investigación sobre el Desarrollo del Agua Subterránea Permiso y Registro de Perforación de Pozos Nuevos Manejo del Sistema de Monitoreo Control de la Descarga de Bombeo Reservación del Area de Recarga de Agua Subterránea Control de la Calidad del Agua
---

### 7.3 Fuentes de Agua Alternativas

De acuerdo con los resultados del análisis del balance de agua y de la estimación de la demanda se recomienda fuertemente el desarrollo de fuentes de agua alternativas lo más pronto posible. Dos posibles fuentes de agua alternativas para la ciudad de Managua son las siguientes:

- (1) Desarrollo del agua subterránea en el área de Tisma y Granada
- (2) Proyecto de conducción de agua desde el lago de Nicaragua

El contenido detallado de estos proyectos se mencionan en el Capítulo 8. Se recomienda la realización pronta del monitoreo del nivel del agua subterránea, de la descarga de los ríos y de la precipitación, antes de comenzar las investigaciones detalladas de proyectos específicos.



WELL LOCATION OF DROLOGICAL STUDY

- Pozos Existentes de INAA  
INAA EXISTING WELL
- JI-1 Perforacion Exporatoria de JICA  
JICA TEST DRILLING WELL
- MG-23 Pozos de Observacion para Agua Subterranea  
OBSERVATION WELL FOR GROUNDWATER
- ⊙ Automatic Water Level Recorder (installed in 1992)
- Proposed Monitoring Point

Fig. 7.2.1 Red de Monitoreo Propuesta



## CAPITULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## CAPÍTULO 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones

#### 8.1.1 Condiciones Hidrogeológicas del Area de Estudio

El Area de Estudio cubre la cuenca "Sur del Lago Managua" y tiene una superficie total de 880 km<sup>2</sup>. Está dividido en tres cuencas hidrogeológicas, a saber, sub-área Occidental (65 km<sup>2</sup> y extensiones hacia el norte), sub-área Central (245 km<sup>2</sup>) y sub-área Oriental (570 km<sup>2</sup>). La hidrogeología de toda esta área, ubicada en el extremo suroeste de la Depresión Nicaraguense, es generalmente buena desde los puntos de vista de la topografía, geología y condiciones de recarga, ya que está cubierta por abundantes sedimentos de varios materiales volcánicos. La sub-área oriental se considera particularmente buena para el desarrollo del agua subterránea.

#### 8.1.2 Potencial de Desarrollo del Agua Subterránea

El potencial de desarrollo del agua subterránea en el Area de Estudio se estima en aproximadamente 158,5 millones de m<sup>3</sup> por año (114,72 MGD), distribuidos entre las tres sub-áreas hidrogeológicas de la manera siguiente.

Sub-área	Potencial de desarrollo del agua subterránea/ Rendimiento permisible del agua subterránea
Occidental	8,9 millones de m <sup>3</sup> /año (6,44 MGD)
Central	41,6 millones de m <sup>3</sup> /año (30,11 MGD)
Oriental	108,0 millones de m <sup>3</sup> /año (78,17 MGD)



### 8.1.3 Bombeo en el Area de Estudio y Balance de Agua Subterránea

La extracción total del agua subterránea del Area de Estudio en 1991, incluyendo el agua bombeada de la laguna de Asososca, fue de 111,78 millones de m<sup>3</sup>/año (80,91 MGD). El potencial de desarrollo remanente en el Area de Estudio es, por lo tanto, de 46,72 millones de m<sup>3</sup>/año (33,81 MGD). El balance de agua subterránea difiere en las tres sub-áreas, como se muestra a continuación.

Sub-área	Extracción en 1991	Potencial de desarrollo remanente (Balance)
Occidental	3,11 millones de m <sup>3</sup> /año (2,25 MGD)	4,19 MGD
Central	69,45 millones de m <sup>3</sup> /año (50,27 MGD)	-20,16 MGD
Oriental	39,22 millones de m <sup>3</sup> /año (28,39 MGD)	49,78 MGD

El potencial negativo de la sub-área central indica el sobrebombeo que ha causado el descenso del nivel del agua subterránea en el área, lo que ha llegado a afectar también el nivel de agua de la laguna de Asososca. El descenso del nivel de agua de la laguna es preocupante ya que existe el temor de que provoque la intrusión de las aguas contaminadas provenientes del Lago Managua.

### 8.1.4 Producción de Agua por Categoría de Uso en 1991 y Demanda de Agua en el Año 2000

Se espera que los diferentes usos de agua observados en 1991 continúen en el futuro. El volumen de agua subterránea producida en el Area de Estudio en 1991 fue de 80,91 MGD, mientras que la demanda de agua en el año 2000 se estima en 150,05 MGD. Estas cifras indican que el volumen de agua subterránea que puede ser desarrollada en el Area de Estudio (máximo de 114,72 MGD) no

podrá satisfacer la demanda del año 2000, aun al nivel de servicio que prevalece actualmente.

Se presenta a continuación la producción del agua subterránea por categoría de uso en 1991, así como la demanda de agua estimada para el año 2000.

Categoría de uso de agua	Producción en 1991	Demanda Estimada en 2000
Abastecimiento Managua	70,94 MGD	138,88 MGD
Abastecimiento Municipal/Rural	4,81 MGD	6,01 MGD
Uso Industrial	4,26 MGD	4,26 MGD
Uso Agrícola	0,90 MGD	0,90 MGD

#### 8.1.5 Balance entre el Potencial de Desarrollo y Demanda Estimada en Managua en el Año 2000

Asumiendo como constantes los usos de agua municipal/rural, industrial y agrícola, y substrayendo estas cifras del potencial de desarrollo del agua subterránea, el resto constituye el balance entre el potencial de desarrollo del agua subterránea y la demanda estimada en el año 2000 para Managua.

Sub-área	Potencial asignado a Managua en 2000	Demanda en 2000	Balance
Occidental (Distrito 1)	6,44 MGD	9,15 MGD	-2,71 MGD
Central   Distritos 2-6	25,85 MGD	129,73 MGD	-32,62 MGD
Oriental	71,26 MGD		

### 8.1.6 Rendimiento Permisible en el Area de Estudio

Ya que se está extrayendo agua subterránea en cada una de las sub-áreas, el potencial remanente es como sigue.

Sub-área	Potencial de Desarrollo	Extracción en 1991	Potencial Remanente
Occidental	6,44 MGD	2,25 MGD	4,19 MGD
Central	25,85 MGD	46,01 MGD	-20,16 MGD
Oriental	71,26 MGD	22,68 MGD	48,58 MGD

### 8.1.7 Plan de Abastecimiento de Agua a los Distritos 2-6

El potencial remanente de desarrollo del agua subterránea en el Area de Estudio no es suficiente para satisfacer la demanda del año 2000. Esto requiere el desarrollo adicional de nuevas fuentes de agua subterránea fuera del Area de Estudio.

El Proyecto está previsto ser implementado en tres Fases como se indica a continuación.

#### Fase 1

Con el desarrollo de 18,74 MGD de agua subterránea al norte de Ticuantepe en el sub-área oriental, se busca mitigar la frecuencia de la suspensión periódica en el suministro de agua así como del abastecimiento por horas limitadas a las zonas muy elevadas.

#### Fase 2

Con el desarrollo del potencial remanente de 29,84 MGD de agua subterránea en el área de Sabana Grande, el suministro diario per capita de agua para uso doméstico será aumentado de 170 l/c/d a 208 l/c/d.

#### Fase 3

Se desconoce el potencial de desarrollo del agua subterránea en el este del Area de Estudio. Es por eso que

se necesita de un estudio previo a la formulación de un plan detallado. Se requiere un mínimo de 12,46 MGD para satisfacer la demanda del año 2000, pero si se pretende eliminar el sobrebombeo en la sub-área central se requiere de 12,46 a 32,62 MGD de agua subterránea.

#### 8.1.8 Costos Estimados del Proyecto

Se estima que los costos totales del Proyecto oscilan entre C\$748 millones y C\$1.053 millones. Los costos por Fase son como se indican a continuación.

##### Fase 1

A un costo de C\$210 millones, se construirán 14 pozos al norte de Ticuantepe, juntamente con el sistema de conducción de agua al reservorio de Santo Domingo, además de la construcción de dos tanques de 11.000 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno.

##### Fase 2

A un costo de C\$349 millones, se construirán 19 pozos en Sabana Grande, juntamente con el sistema de conducción de agua al reservorio de Las Américas No. 4, además de la construcción de dos tanques de 15.000 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno.

##### Fase 3

Los costos de desarrollo de 12,46 MGD a 32,62 MGD fuera del Area de Estudio oscila entre C\$189 millones y C\$494 millones para la construcción de pozos, sistema de conducción de agua, tanques, incluyendo además los costos de los estudios previos. Los costos de la Fase 3 fueron estimados a grosso modo asumiendo un costo unitario que supera en 40% (1,4 veces) el costo de la Fase 2.

#### 8.1.9 Costos de Operación y Mantenimiento correspondientes a las Fases 1 y 2

Los costos anuales de operación y mantenimiento de las instalaciones correspondientes a las Fases 1 y 2 se estiman en C\$14.318.400, lo que equivale a un costo unitario de C\$0,21/m<sup>3</sup>/día.

#### 8.1.10 Evaluación del Proyecto

La evaluación financiera de las Fases 1 y 2 del Proyecto indica que el Proyecto difícilmente puede ser considerado "factible", ya que la tasa interna de retorno financiero es de solamente 4%, aun asumiendo condiciones tan favorables como ser 75% de agua vendida y 85% de cobranzas.

Sin embargo, en consideración de los grandes beneficios sociales y los efectos favorables que se esperan del Proyecto, es recomendable la implementación inmediata del Proyecto, especialmente si se logra un financiamiento lo suficientemente "blando".

## 8.2 Recomendaciones

### 8.2.1 Generalidades

El Proyecto debe ser implementado con urgencia con el fin de hacer frente al crítico déficit en el abastecimiento de agua en Managua. INAA será responsable para mejorar el sistema de abastecimiento de agua de Managua a un nivel digno de la ciudad capital de Nicaragua.

El agua subterránea es un valioso recurso natural, especialmente para el abastecimiento de agua de Managua. Ya que la población de Managua equivale a la tercera parte de la población total del país, el abastecimiento de agua a la ciudad capital debe ser reconocido como un proyecto de envergadura nacional. Por consiguiente, se deben promulgar leyes y reglamentos en materia de desarrollo y manejo del agua subterránea, con el fin de proteger las fuentes de agua dentro y en los alrededores de Managua.

En forma previa o simultánea a la implementación del Proyecto, se deben tomar medidas para mitigar el bombeo excesivo en el sub-área central, con el fin de minimizar la probabilidad de contaminación del acuífero a causa de la intrusión de las aguas contaminadas del Lago Managua. Para este propósito, no solamente se debe reducir la extracción de la laguna de Asososca, sino también se debe reducir o prevenir el incremento de bombeo de los pozos del sub-área central.

### 8.2.2 Monitoreo y Otros Estudios

#### (1) Monitoreo del agua subterránea

Con el fin de establecer un sistema de manejo del agua subterránea, se debe comenzar el monitoreo necesario a la brevedad posible. La determinación de cuándo y cómo reducir el bombeo excesivo en el sub-área central depende del monitoreo continuado de la descarga de agua subterránea, nivel de agua subterránea, calidad de agua y precipitación en el área de captación. En cada pozo se deben instalar medidores de caudal con el fin de asegurar el registro de la descarga de agua subterránea a través de pozos. Además, se deben instalar

pluviómetros adicionales con el fin de fortalecer la red de estaciones meteorológicas.

Se deben utilizar los datos recolectados por monitoreo, para efectuar la revisión periódica del modelo de simulación del agua subterránea.

(2) Estudio del agua subterránea al este del Area de Estudio

Antes de formular los detalles de la Fase 3 del Proyecto, se debe efectuar el estudio del potencial de agua subterránea en el área ubicada al este del Area de Estudio que se extiende hasta el Lago Nicaragua. Los puntos a ser incluidos en el estudio son los siguientes:

- Estudios hidrológicos e hidrogeológicos para confirmar el potencial de desarrollo del agua subterránea
- Uso agrícola del agua subterránea, ya que la agricultura constituye la actividad principal del área
- Calidad de agua, especialmente la influencia de agroquímicos

(3) Estudio del agua subterránea al norte del sub-área occidental

El Distrito 1 se considera como un área independiente desde el punto de vista del abastecimiento de agua, debido principalmente al sobrecosto que implicaría la conducción de agua desde el este. Ya que está previsto un déficit en el abastecimiento de agua en el Distrito 1 en el futuro cercano, se debe estudiar el potencial del agua subterránea en el área completa de captación, solamente cuya parte sur estaba incluida como Area de Estudio de este Proyecto.

(4) Estudio de factibilidad del Lago Nicaragua como fuente de abastecimiento de agua para Managua

Simultáneamente con el estudio arriba mencionado, se recomienda un estudio de factibilidad sobre la utilización del Lago Nicaragua como fuente de abastecimiento de agua para Managua. El área ubicada al este del Area de Estudio puede satisfacer la demanda de agua del año 2000, pero puede llegar a ser insuficiente en unos pocos años aun asumiendo un crecimiento poblacional más lento.

(5) Capacitación de personal

El desarrollo del agua subterránea requiere de una tecnología muy especializada y muy amplia, para cuya aplicación son esenciales vastos conocimientos y experiencias. Por consiguiente, se requiere que el ingeniero de agua subterránea posea y sepa aplicar conocimientos especializados sobre exploración del agua subterránea, perforación de pozos, prueba de bombeo, análisis cuantitativo y cualitativo, desarrollo de pozos y monitoreo el agua subterránea. En las etapas correspondientes al diseño detallado y la construcción del Proyecto, se espera que INAA seleccione y asigne al Proyecto el personal apropiado a fin de elevar el nivel técnico a través del entrenamiento en servicio.

8.2.3 Abastecimiento de Agua

(1) Disminución de la sobrecarga de las bombas

Con el fin de aumentar la eficiencia de las bombas, el agua extraída de los pozos debe ser almacenada en unos tanques a ser ubicados en las proximidades de los pozos. De esta manera se evitaría la sobrecarga ejercida actualmente a las bombas que están siendo utilizadas para los propósitos de extracción de agua de los pozos y para la conducción/distribución.

(2) Aumento de capacidad de los tanques reservorios

Actualmente la capacidad total es de 7,5 horas de tiempo de retención, lo que se considera muy insuficiente. Por lo tanto, el mejoramiento/rehabilitación del sistema existente de abastecimiento debe incluir la construcción de reservorios adicionales.

(3) Mejoramiento de la estación de bombeo Rafaela Herrera

La estación de bombeo Rafaela Herrera parece estar especialmente sobrecargada, y se sugiere la construcción de reservorios como una solución a este problema.

(4) Reducción de pérdidas de agua

Se deben continuar los esfuerzos para reducir las pérdidas de agua, a fin de lograr un uso eficaz del limitado recurso.







