

## *Capítulo 4*

### *Selección de los Proyectos para el Plan Maestro*

## CAPITULO 4

### SELECCION DE LOS PROYECTOS PARA EL PLAN MAESTRO

#### 4.1 PRINCIPIOS GENERALES

La revisión del sistema de suministro de agua existente revela que la capacidad total disponible de las fuentes de agua no es suficiente para satisfacer la demanda de los usuarios, especialmente en el verano. El resultado es un racionamiento de agua crónico y fallas accidentales de agua, sobre todo en el verano. Es aparente la necesidad de desarrollar fuentes de agua adicionales para satisfacer la demanda de agua. Un sistema eficiente para el abastecimiento de agua únicamente podrá establecerse con la capacidad adecuada de las fuentes de agua.

Asimismo, la revisión de las condiciones existentes muestra que la cantidad actual de fugas se estima en alrededor de 30% del agua distribuida. El Plan Maestro deberá poner una alta prioridad al control de fugas desde el punto de vista, no únicamente de ahorrar el precioso recurso de agua, sino también el aportar recursos en el proceso de producción.

Tegucigalpa es la capital de Honduras y la cobertura de servicio del suministro de agua actual excede el 90%. Considerando estos hechos, las metas generales a continuación se fijaron para el Plan Maestro propuesto en el Estudio.

Un servicio estable de suministro de agua con 99% de fiabilidad contra sequías, lo que equivale al mes más seco en 10 años.

Un servicio de suministro de agua continuo, las 24 horas con una cantidad y calidad adecuada.

El Estudio analizó la capacidad de suministro de agua disponible en el área de estudio basándose en la capacidad de rendimiento de cada fuente de agua, fiable el 99%. Por lo que los componentes del Plan Maestro, los cuales permitirán lograr estas metas, se seleccionaron basándose en el análisis de costos y beneficios. Estos podrán satisfacer la tasa de producción de agua requerida para el futuro, la cual es 267.494 m<sup>3</sup>/día (3.096 l/seg) basándose en el promedio diario. Deberá notarse que el agua subterránea fue excluida de la discusión debido a que la proporción actual del agua subterránea al suministro de agua total es solo el 1,4% y se identificó en el Estudio con menor posibilidad de desarrollo posterior.

#### 4.2 TASA DE PRODUCCIÓN DE AGUA EN EL SISTEMA EXISTENTE

El Estudio asumió que la capacidad de suministro de agua después de los proyectos en marcha antes mencionados, pudiera ser considerada como la condición existente, por el hecho de que su ejecución ya ha sido comprometida y endosada por su necesidad, justificación y volumen de trabajo. Las capacidades del rendimiento fiables 99% antes y después de los proyectos en marcha se resumen en la *Tabla 4.1*.

**Tabla 4.1 Capacidad de Rendimiento Después de los Proyectos en Marcha**

Subsistema	Antes de los Proyectos en Marcha (l/seg)	Después de los Proyectos en Marcha (l/seg)
Picacho	200	350
Los Laureles	540	540
Concepción	1.000	1.310
Miraflores	0	50
Total	1.740	2.260

El propósito de esta sección es estimar el déficit entre la tasa de producción disponible en el sistema existente y la tasa de producción requerida en el 2015. Por consiguiente, la tasa de producción existente se discute basándose en el valor diario promedio, aunque actualmente las plantas de tratamiento pueden trabajar casi a su entera capacidad diseñada, la cual normalmente equivale al valor diario máximo.

#### 4.2.1 SUBSISTEMA PICACHO

Después del proyecto de rehabilitación en marcha, las capacidades de conducción y las instalaciones de tratamiento del subsistema Picacho se muestran en la *Tabla 4.2*.

**Tabla 4.2 Capacidad de Diseño del Subsistema Picacho**

Instalación	Capacidad de Diseño (m <sup>3</sup> /día)	Valor Diario Promedio Equivalente (m <sup>3</sup> /día)
Rendimiento de Aportación	30.240 (350 l/seg)	26.266 (304 l/seg)
Conducción	90.720 (900 l/seg)	67.570 (782 l/seg)
Planta de Tratamiento	90.720 (900 l/seg)	67.570 (782 l/seg)

La tasa de producción de agua disponible está limitada por la capacidad de rendimiento de la fuente. Las fuentes de agua del subsistema Picacho consisten en pequeños arroyos sin capacidad de almacenamiento, por lo que la capacidad de rendimiento es equivalente al valor diario máximo.

La tasa de producción disponible del subsistema Picacho se estima a 24.689 m<sup>3</sup>/día (286 l/seg) basándose en el promedio diario. Se asume que la pérdida por operación es 6% de la tasa de aportación.

#### 4.2.2 SUBSISTEMA LOS LAURELES

Las capacidades actuales de conducción y de las instalaciones de tratamiento en el subsistema Los Laureles se muestran en la *Tabla 4.3*.

**Tabla 4.3 Capacidad de Diseño del Subsistema Los Laureles**

Instalación	Capacidad de Diseño (m <sup>3</sup> /día)	Valor Diario Promedio Equivalente (m <sup>3</sup> /día)
Rendimiento de Aportación	46.656 (540 l/seg)	*46.656 (540 l/seg)
Conducción	57.900 (670 l/seg)	50.300 (582 l/seg)
Planta de Tratamiento	57.900 (670 l/seg)	50.300 (582 l/seg)

\*: La capacidad de rendimiento será reducida aproximadamente 430 m<sup>3</sup>/día (5 l/seg) por año, debido a la sedimentación.

La capacidad de rendimiento es equivalente al valor diario promedio debido a que el Embalse Los Laureles tiene suficiente capacidad de almacenamiento para absorber la fluctuación de la tasa de aportación requerida. Esta tabla muestra que la tasa de producción de agua disponible está limitada por la capacidad del rendimiento en la fuente. Al deducir una pérdida por operación del 6%, la tasa de producción disponible en el subsistema Los Laureles se estima en 43.856 m<sup>3</sup>/día (508 l/seg) en base al promedio diario. Deberá notarse que la capacidad de rendimiento del Embalse Los Laureles está disminuyendo 5 l/seg por año, debido a la sedimentación. Por consiguiente, la tasa de producción disponible del subsistema Los Laureles disminuye 406 m<sup>3</sup>/día, por año.

### 4.2.3 SUBSISTEMA CONCEPCIÓN

Después del proyecto de rehabilitación en marcha, las capacidades de conducción y las instalaciones de tratamiento en el subsistema Concepción se muestran en la *Tabla 4.4*.

**Tabla 4.4 Capacidad de Diseño del Subsistema Concepción**

Instalación	Capacidad de Diseño (m <sup>3</sup> /día)	Valor Diario Promedio Equivalente (m <sup>3</sup> /día)
Rendimiento de Aportación	113.120 (1.310 l/seg)	113.120 (1.310 l/seg)
Conducción	129.600 (1.500 l/seg)	112.579 (1.303 l/seg)
Planta de Tratamiento	129.600 (1.500 l/seg)	112.579 (1.303 l/seg)

La capacidad de rendimiento es equivalente al valor diario promedio porque el Embalse Concepción tiene suficiente capacidad de almacenamiento para absorber la fluctuación de la tasa de aportación requerida. Esta tabla muestra que la tasa de producción de agua disponible está limitada por la capacidad de conducción e instalaciones de tratamiento. Al deducir una pérdida de operación del 6%, la tasa de producción disponible del subsistema Concepción se estima en 105.824 m<sup>3</sup>/día (1.225 l/seg) en base al promedio diario.

### 4.2.4 SUBSISTEMA MIRAFLORES

Después del proyecto de rehabilitación en marcha, las capacidades de conducción y las instalaciones de tratamiento del subsistema Miraflores se muestran en la *Tabla 4.5*.

**Tabla 4.5 Capacidad de Diseño del Subsistema Miraflores**

Capacidad Diseño (m <sup>3</sup> /día)	Capacidad de Diseño (m <sup>3</sup> /día)	Valor Diario Promedio Equivalente (m <sup>3</sup> /día)
Rendimiento de Aportación	4.320 (50 l/seg)	3.752 (43 l/seg)
Conducción	8.640 (100 l/seg)	7.500 (87 l/seg)
Planta de Tratamiento	4.320 (50 l/seg)	3.752 (43 l/seg)

La tasa de producción de agua disponible está limitada tanto por la capacidad del rendimiento en la fuente como por la capacidad de tratamiento. Las fuentes de agua del subsistema Miraflores son ríos sin capacidad de almacenamiento, por lo que la capacidad de rendimiento equivale al valor diario máximo. Al deducir una pérdida por operación del 6%, la tasa de producción disponible del subsistema Miraflores se estima a las 3.527 m<sup>3</sup>/día (41 l/seg) en base al promedio diario.

### 4.2.5 TASA DE PRODUCCIÓN EXISTENTE

Como resultado del análisis anterior, la tasa de producción de agua existente basada en la capacidad de rendimiento 99% fiable se estima en 177.896 m<sup>3</sup>/día (2.059 l/seg) en base al promedio diario, como se muestra en la *Tabla 4.6*. Esta tasa de producción disminuirá 406 m<sup>3</sup>/día (4,7 l/seg) cada año, debido a la sedimentación en el Embalse Los Laureles.

**Tabla 4.6 Tasa Actual de Producción de Agua Disponible**

Subsistema	Tasa de producción de agua disponible, 99% fiable (m <sup>3</sup> /día)
Picacho	24.689 (286 l/seg)
Los Laureles	*43.856 (*508 l/seg)
Concepción	105.824 (1.225 l/seg)
Miraflores	3.527 (41 l/seg)
Total	*177.896 (*2.059 l/seg)

\*: Tasa de producción en 2000. Disminuirá 406 m<sup>3</sup>/día (4.7 l/seg) por año.

El déficit existente entre la tasa de producción y la tasa de producción requerida en el 2015, 267.494 m<sup>3</sup>/día (3.096 l/seg), es 89.598 m<sup>3</sup>/día (1.037 l/seg).

### 4.3 PROYECTOS CANDIDATOS

Los siguientes proyectos se estudiaron como los candidatos para el Plan Maestro:

El proyecto de dragado en el Embalse Los Laureles;

Proyecto Los Laureles II, el cual consiste en la construcción de la Presa Los Laureles II y las instalaciones necesarias para el suministro de agua así como la excavación del embalse existente Los Laureles;

Proyecto Quebra Montes, el cual consiste en la construcción de la Presa Quebra Montes y las instalaciones necesarias para el suministro de agua;

Proyecto Sabacuante, el cual consiste en la construcción de la Presa Sabacuante y las instalaciones necesarias para el suministro de agua;

Proyecto Tatumbra, el cual consiste en la construcción de la Presa Tatumbra y las instalaciones necesarias para el suministro de agua; y

Proyecto de reducción de fugas de agua.

La ubicación de cada sitio de proyecto se muestra en la *Figura 4.1*.

El beneficio de cada proyecto candidato fue evaluado basándose en la tasa de producción disponible para maximizar el uso de la capacidad de rendimiento estimada de las fuentes de agua.

El costo requerido para cada proyecto candidato consiste en el costo de inversión de las instalaciones requeridas para la tasa de producción disponible y el costo requerido para la transmisión primaria.

#### 4.3.1 PROYECTO DE DRAGADO DEL EMBALSE LOS LAURELES

Este proyecto tiene como objeto el aumentar la capacidad de rendimiento del embalse existente Los Laureles por medio del dragado de los sedimentos. El dragado de 3.000.000 m<sup>3</sup> de sedimento existente aumentará el volumen efectivo de almacenamiento en el embalse Los Laureles por 1.000.000 m<sup>3</sup>, lo que equivale a un aumento en la capacidad de rendimiento por 50 l/seg. Después del dragado, la capacidad de rendimiento del embalse Los Laureles será 590 l/seg.

Para maximizar el uso del rendimiento de agua del embalse Los Laureles de 590 l/seg, es necesaria la expansión de la planta de tratamiento (PTA) Los Laureles en 780 m<sup>3</sup>/día (9 l/seg). Las instalaciones actuales de conducción de la PTA Los Laureles tienen suficiente capacidad para manejar el aumento en el flujo de aportación. Debido a que la PTA Los Laureles se encuentra localizada en su área de distribución, no se requiere de ninguna transmisión primaria.

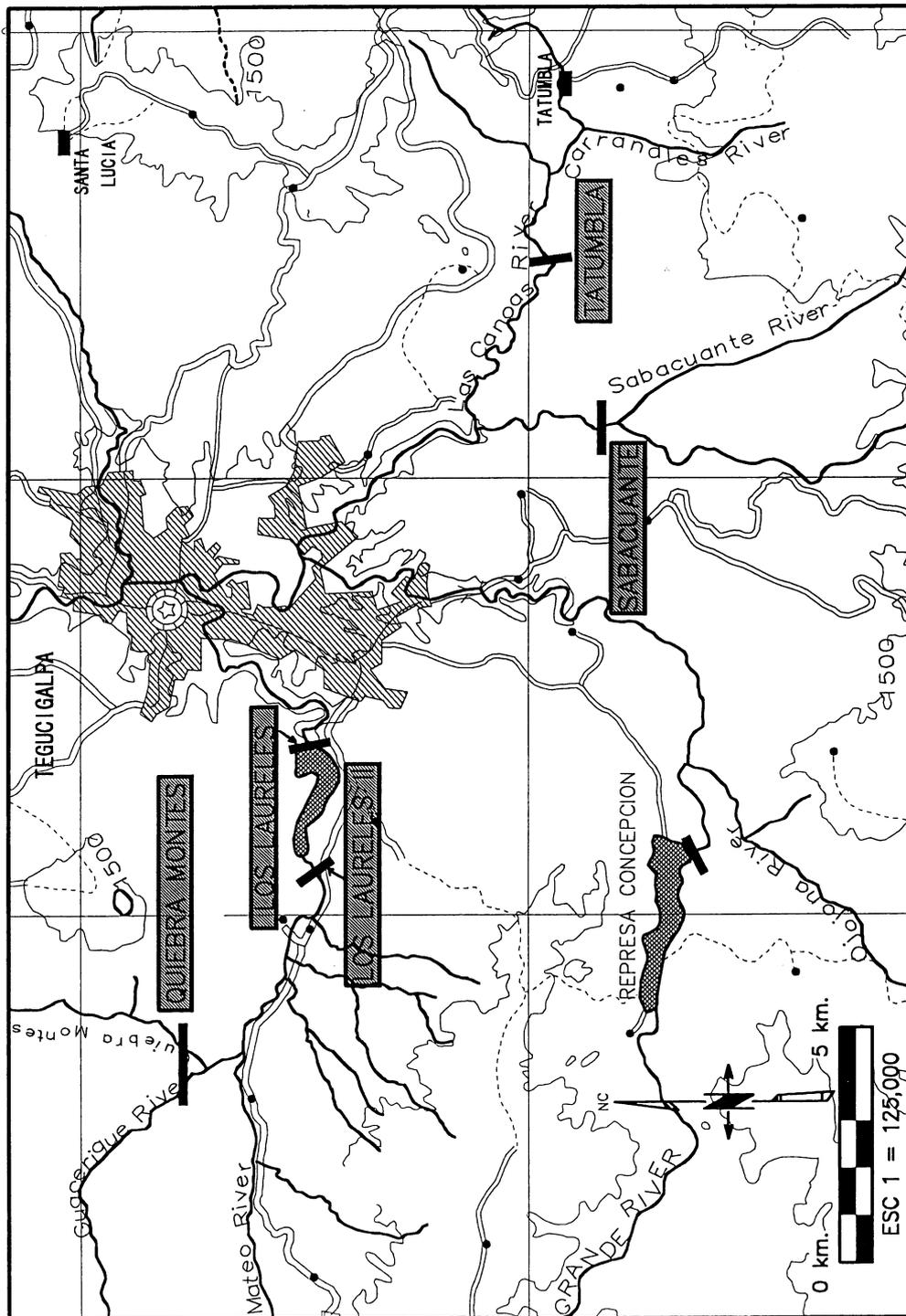


Figura 4.1

Ubicación de los Sitios de los Proyectos Candidatos

El incremento de la tasa de producción debido al dragado en el embalse Los Laureles es de 4.057 m<sup>3</sup>/día. El costo requerido es US\$ 48.800.000 como se muestra en la *Tabla 4.7*.

**Tabla 4.7 Costo del Proyecto de Dragado del Embalse Los Laureles**

Instalación	Costo (US\$)	Especificaciones
Dragado	46.500.000	3.000.000 m <sup>3</sup>
Planta de Tratamiento	2.300.000	780 m <sup>3</sup> /día
Transmisión Primaria	0	0 km
Total	48.800.000	

#### 4.3.2 PROYECTO LOS LAURELES II

El análisis del equilibrio de agua en el embalse Los Laureles II se realizó basándose en los registros de la descarga de caudal. El rendimiento de agua en el embalse Los Laureles II durante el mes más seco en 10 años se estimó en 130 l/seg.

El embalse Los Laureles II se encuentra ubicado aproximadamente cuatro (4) km río arriba del embalse existente Los Laureles, y es posible utilizar la PTA Los Laureles existente con expansión. La construcción de la presa Los Laureles II requiere por lo menos cinco (5) años, mientras que la capacidad de rendimiento del embalse existente Los Laureles disminuye 510 l/seg debido a la sedimentación. La presa Los Laureles II facilitará la eliminación de los sedimentos del embalse existente Los Laureles. En este caso, es posible restaurar la capacidad de rendimiento actual de 540 l/seg, a través de la excavación normal de 600.000 m<sup>3</sup> de sedimentos.

La capacidad total de rendimiento del embalse Los Laureles II y el embalse existente Los Laureles será 670l/seg. Para poder maximizar el uso de esta capacidad de rendimiento, es necesaria la expansión de la PTA Los Laureles en 8.760 m<sup>3</sup>/día (101 l/seg). La construcción de instalaciones de conducción no es necesaria debido a que las instalaciones de conducción existentes tienen suficiente capacidad para tratar con el flujo de aportación aumentado. Puesto que la PTA Los Laureles se encuentra ubicada en su área de distribución, no se requiere ninguna transmisión primaria.

El incremento de la tasa de producción debido al embalse Los Laureles II y a la excavación del embalse Los Laureles es de 12.995 m<sup>3</sup>/día. El costo requerido es US\$ 28.300.000 como se muestra en la *Tabla 4.8*.

**Tabla 4.8 Costo del Proyecto Los Laureles II**

Instalación	Costo (US\$)	Especificaciones
Presa	14.800.000	Alt. presa: 31.0 m
Planta de Tratamiento	9.700.000	8.760 m <sup>3</sup> /día
Transmisión Primaria	0	0 km
Excavación del embalse Los Laureles	3.800.000	600.000 m <sup>3</sup>
Total	28.300.000	

#### 4.3.3 PROYECTO QUIEBRA MONTES

El análisis del equilibrio de agua en el embalse Quebra Montes fue efectuado basándose en los registros de descarga del caudal. El rendimiento de agua del embalse Quebra Montes en el mes más seco en diez (10) años se estimó en 1.040 l/seg.

Para maximizar el uso de esta fuente de agua, es necesario construir las instalaciones de

conducción y una planta de tratamiento de agua con una capacidad diseño de 103.450 m<sup>3</sup>/día (1.197 l/seg). La PTA Quebra Montes requiere de ocho (8) km de línea de transmisión primaria.

La tasa de producción disponible es 84.464 m<sup>3</sup>/día. El costo requerido es US\$ 212.000.000 como se muestra en la *Tabla 4.9*.

**Tabla 4.9 Costo Requerido para el Proyecto Quebra Montes**

Instalación	Costo (US\$)	Especificaciones
Presa	143.900.000	Alt. presa: 66.0 m
Conducción	1.600.000	Diámetro 1,2 m × 1 km
Planta de Tratamiento	42.200.000	103.450 m <sup>3</sup> /día
Transmisión Primaria	24.300.000	8 km
Total	212.000.000	

#### 4.3.4 PROYECTO SABACUANTE

El análisis del equilibrio de agua en el embalse Sabacuante se realizó en base a los registros de descarga del caudal. El rendimiento de agua del embalse Sabacuante en el mes más seco en diez (10) años se estimó en 250 l/seg.

Para maximizar el uso de esta fuente de agua, es necesario construir las instalaciones de conducción y una planta de tratamiento de agua con una capacidad diseño de 24.900 m<sup>3</sup>/día (288 l/seg). La PTA Sabacuante requiere de tres (3) km de línea de transmisión primaria.

La tasa de producción disponible es 20.332 m<sup>3</sup>/día. El costo requerido es US\$ 93.000.000 como se muestra en la *Tabla 4.10*.

**Tabla 4.10 Costo Requerido para el Proyecto Sabacuante**

Instalación	Costo (US\$)	Especificaciones
Presa	68.900.000	Alt. presa: 76,5 m
Conducción	4.000.000	Diámetro 0,8 m × 5,2 km
Planta de Tratamiento	17.800.000	24.900 m <sup>3</sup> /día
Transmisión Primaria	2.300.000	3 km
Total	93.000.000	

#### 4.3.5 PROYECTO TATUMBLA

El análisis del equilibrio de agua en el embalse Tatumbra se llevó a cabo basándose en los registros de descarga del caudal. El rendimiento de agua del embalse Tatumbra en el mes más seco en diez (10) años se estimó en 220 l/seg.

Para maximizar el uso de esta fuente de agua, es necesario construir las instalaciones de conducción y una planta de tratamiento de agua con una capacidad diseño de 21.900 m<sup>3</sup>/día (253 l/seg). La PTA Tatumbra requiere de tres (3) km de línea de transmisión primaria.

La tasa de producción disponible es 17.882 m<sup>3</sup>/día. El costo requerido es US\$ 115.000.000 como se muestra en la *Tabla 4.11*.

**Tabla 4.11 Costo Requerido para el Proyecto Tatumbla**

Instalación	Costo (US\$)	Especificaciones
Presa	92.300.000	Alt. presa: 81,0 m
Conducción	5.000.000	Diámetro 0,8 m × 6,5 km
Planta de Tratamiento	15.400.000	21.900 m <sup>3</sup> /día
Transmisión Primaria	2.300.000	3 km
Total	115.000.000	

### 4.3.6 PROYECTO DE REDUCCIÓN DE FUGAS

Las fugas se pueden considerar como una fuente de agua potencial debido a que una reducción en las pérdidas permite a los usuarios del suministro de agua por tubería, el aumento del agua disponible. La cantidad actual de fugas en el mes más seco durante diez (10) años se estimó en 41.757 m<sup>3</sup>/día (483 l/seg) que es equivalente al 30% de la tasa de producción disponible de 139.190 m<sup>3</sup>/día (1.611 l/seg), antes de los proyectos en marcha.

De acuerdo a los resultados del estudio de fugas llevado a cabo durante el Estudio, existen fugas esparcidas por la red y es necesaria la sustitución de la tubería para reducir la cantidad de fugas. Los registros de reparación de SANAA muestran que el 97,3% de las fugas ocurre en tubería de 8 pulgadas de diámetro o menor, el 33,5% ocurre en la tubería de conexión de las viviendas con ¾ de pulgada de diámetro o menor. Basándose en estos hechos, se estudiaron las siguientes dos (2) alternativas como medidas para la reducción de fugas.

Sustitución de toda la tubería de 8 pulgadas de diámetro o menores, y

Sustitución de toda la tubería de conexión con las viviendas, que es de ¾ de pulgada de diámetro o menor.

Aunque es difícil estimar cuantitativamente los beneficios por la reducción de fugas, los beneficios de ambas alternativas se asumieron empíricamente de la siguiente manera:

La sustitución de la tubería de 8 pulgadas de diámetro o menor reducirá la tasa de fugas del 30% al 10%. Por lo que la tasa de producción se estima en 27.833 m<sup>3</sup>/día (322 l/seg).

El efecto de la sustitución de la tubería de conexión de las casas de ¾ de pulgada de diámetro o menor será 8% de la sustitución de tubería de 8 pulgadas o menor, asumiendo que el volumen de fugas será en proporción al número de ocurrencias de fugas y diámetro de tubería, por lo que la tasa de producción se estima en 2.227 m<sup>3</sup>/día (26 l/seg).

Los costos de inversión requeridos se resumen en la *Tabla 4.12*.

**Tabla 4.12 Costo Requerido para el Proyecto de Reducción de Fugas de Agua**

Actividad	Tubería de 8 pulgadas o menor		Tubería de ¾ de pulgada o menor	
	Costo (US\$)	Especificaciones	Costo (US\$)	Especificaciones
Sustitución de tubería	160.000.000	1.870 km	22.800.000	120.000 contratos × 3 m

## 4.4 SELECCIÓN DE LOS PROYECTOS PARA EL PLAN MAESTRO

### 4.4.1 ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

La *Tabla 4.13* muestra el resultado del Análisis de Costos y Beneficios.

**Tabla 4.13 Resultado del Análisis de Costos y Beneficios**

Proyecto	Tasa de Producción Desarrollada	Costo de Inversión Requerida (US\$)	Costo Específico (US\$/m <sup>3</sup> /día)
Proyecto de Dragado para el Embalse Los Laureles	4.057 m <sup>3</sup> /día	48.800.000	12.029
Proyecto Los Laureles II	12.995 m <sup>3</sup> /día	28.300.000	2.178
Presa Quiebra Montes	84.464 m <sup>3</sup> /día	212.000.000	2.510
Presa Sabacuante	20.332 m <sup>3</sup> /día	93.000.000	4.574
Presa Tatumbra	17.882 m <sup>3</sup> /día	115.000.000	6.431
Reducción de Fugas de Agua (8 pulgadas o menor)	27.833 m <sup>3</sup> /día	160.000.000	5.749
Reducción de Fugas de Agua (3/4 pulgadas o menor)	2.227 m <sup>3</sup> /día	22.800.000	10.238

Desde el punto de vista de la eficiencia del costo, se les dio mayor prioridad a los proyectos con un costo específico reducido.

#### 4.4.2 INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DEL SUMINISTRO DE AGUA

Basándose en la prioridad proporcionada por el Análisis de Costos y Beneficios, se estudió el incremento de la capacidad del suministro de agua requerido. Como se muestra en la *Tabla 4.14*, los dos (2) proyectos con el menor costo específico, es decir, el proyecto Los Laureles II proyecto y el proyecto Quiebra Montes satisfacen la tasa de producción requerida de 267.494 m<sup>3</sup>/día. Estos dos (2) proyectos fueron los seleccionados como los proyectos del Plan Maestro.

**Tabla 4.14 Incremento de la Capacidad del Suministro de Agua**

Proyecto	Tasa de Producción Desarrollada (m <sup>3</sup> /día)	Tasa de Producción Cumulativa (m <sup>3</sup> /día)	Déficit del Requerimiento (m <sup>3</sup> /día)
(Condición Existente)	-	*175.459	92.035
Proyecto Los Laureles II	12.995	188.454	79.040
Proyecto Quiebra Montes	84.464	272.918	(-5.424)

\*: Tasa de producción en el año 2006 al completar el Proyecto Los Laureles II.

#### 4.4.3 MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LAS FUGAS DE AGUA

A pesar de que a los proyectos para la reducción de fugas de agua se les dieron una menor prioridad como resultado del análisis del costo beneficio, la necesidad del control de fugas es aún alta desde el punto de vista no sólo de ahorrar el precioso recurso de agua, sino también aportar el recurso al proceso de producción.

Actualmente, la falta de datos acerca de las fugas y la reducida cobertura de medidores en operación dificultan la preparación de un eficiente programa de reducción de fugas. En este momento, debido a que es imposible medir el consumo de agua real debido a la insuficiencia de medidores, ni siquiera se sabe con claridad la cantidad de fugas. Es esencial para la ejecución del programa para la reducción de fugas, el entender la situación real de fugas y monitorear tanto la salida de los tanques de distribución como el consumo de agua de cada usuario.

Por consiguiente, una medida para el control de fugas, la instalación de medidores a todos los usuarios y de medidores de flujo en todos los tanques de distribución se proponen como proyectos del Plan Maestro.

## *Capítulo 5 Plan Maestro Propuesto*

## CAPÍTULO 5 PLAN MAESTRO PROPUESTO

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, los tres (3) proyectos, denominados Los Laureles II, Quebra Montes, y Control de Fugas, fueron seleccionados para alcanzar los objetivos del Plan Maestro.

Dos (2) de estos tres proyectos, Los Laureles II y Quebra Montes, pretenden desarrollar las fuentes de agua adicionales, construyendo nuevas presas, y suministrando el agua producida a las áreas de distribución existentes y futuras, a través de la implementación de instalaciones de suministro de agua nuevas o adicionales. El aumento de la capacidad de suministro de agua, tanto para mitigar la falta de agua actual como para satisfacer el incremento de la demanda futura, debe ser realizado por estos dos (2) proyectos.

El Proyecto de Control de Fugas tiene como objetivo implementar un sistema para adquirir datos cuantitativos necesarios para un programa de reducción de fugas. El programa de reducción de fugas, el que será formulado e implementado como resultado del Programa de Control de Fugas propuesto, mitigará el aumento en la cantidad de agua requerida, reduciendo la pérdida ocasionada por fugas.

En este capítulo, primero se presentarán los componentes físicos propuestos de cada proyecto, junto con sus procesos de planificación, y después otros planes como el plan de operación y mantenimiento, la estimación de costos, el plan de organización, el plan financiero, los cuales asegurarán la ejecución del Plan Maestro propuesto.

### 5.2 PLANIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL PROYECTO LOS LAURELES II

#### 5.2.1 GENERALIDADES

Se puede considerar que el Proyecto Los Laureles II creará una fuente de agua, junto con el actual embalse de Los Laureles y la nueva presa de Los Laureles II que será construida 3 km más arriba. El rendimiento de agua de diseño del actual embalse de Los Laureles es de 750 l/seg, mientras que el rendimiento actual es de 540 l/seg, debido a la disminución del volumen del embalse originada por la sedimentación. El Proyecto Los Laureles II lo aumentará a 670 l/seg.

La capacidad de diseño de las instalaciones de suministro de agua, como plantas de tratamiento de agua, equipos de transmisión y red de distribución, es de 670 l/seg. Por lo tanto, se tiene planeado que el agua del embalse de Los Laureles II sea descargada al actual embalse Los Laureles río abajo; que sea tomada en el embalse de Los Laureles; que sea tratada en la planta de tratamiento de agua (PTA) existente; y que sea transmitida al tanque de distribución actualmente suministrado desde la PTA Los Laureles.

Como se discute posteriormente, los sistemas de transmisión y distribución serán reorganizados, con el fin de optimizar la eficiencia del sistema para cuando sea implementado el Proyecto Quebra Montes, el que satisfará la cantidad de agua finalmente requerida. Por consiguiente, la modificación de las áreas de distribución y la expansión de PTA de Los Laureles serán discutidas como parte del Proyecto Quebra Montes.

## 5.2.2 EXPANSIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

La expansión de las fuentes de agua del Proyecto Los Laureles II consiste en la construcción de la presa Los Laureles II, así como la excavación de sedimentos en el embalse existente de Los Laureles.

### (1) Condición del Sitio de la Presa

Se propone la construcción de la presa Los Laureles II en el extremo superior del embalse de la presa Los Laureles. El sitio está cerca de los poblados de Las Tapias y Campo de Balampie.

El Río Guacerique, localizado en las inmediaciones de la presa propuesta, tiene un canal en línea casi recta, en la dirección oeste a este, con una extensión aproximada de 600 m. Alrededor del eje de la presa, se encuentra formado un desfiladero de lava riolítica. La elevación del cauce del río en el eje de la presa es de 1.033 m, con unos 10 m de ancho. La gradiente del paramento es de 45 grados, aproximadamente, desde el fondo del río hasta la altura de 1.060m en la orilla izquierda, y de 40 grados en la orilla derecha.

Las rocas del basamento, dentro y alrededor de la presa, están compuestas de ignimbrita riolítica, otras piedras volcánicas y depósito de arenisca y limo. Existen dos tipos de ignimbrita, llamadas de unión fuerte y unión mediana y baja. La capa aluvial compuesta de arena y grava cubre el basamento rocoso, con un espesor de unos 5 m en el cauce, Se distribuye la capa superficial del suelo en la orilla con un espesor de 0,5 a 2 m.

No se conoce la resistencia al corte precisa de la brecha volcánica no expuesta, puesto que no se ha realizado la prueba de las rocas de fundación, pero con base en los resultados del reconocimiento del terreno, se considera que tiene suficiente firmeza para que se construya una presa de concreto, de una altura de 40 m. Como se observan fracturas en la capa rocosa, será necesario aplicar enlechado para mejorar la estanqueidad del agua.

### (2) Características de la Presa y del Embalse

Se diseñó la elevación del nivel superior de la presa, tomando en cuenta la elevación del puente Mateo y las casas a reubicarse en el proyecto. La elevación normal máxima del agua del embalse es de 1.053 m. Las Figuras 5.1 y 5.2 muestran la disposición general de la presa.

La Figura 5.3 indica la relación nivel-volumen del agua del embalse. El volumen del embalse fue diseñado en 2 millones de m<sup>3</sup> ante una futura sedimentación, tomando en cuenta 50 años de duración máxima de vida, y esperando el Proyecto Quebra Montes en el futuro.

El monto de la obra de construcción de la presa es como sigue:

Excavación:	65.000 m <sup>3</sup>
Concreto:	42.000 m <sup>3</sup>
Compuerta:	9 m × 8,6 m × 4 juegos

### (3) Excavación de Sedimentos

La Figura 5.4 muestra la planta del embalse Los Laureles existente. Éste fue construido en 1974. En la etapa inicial, tuvo una capacidad total de 12 millones de m<sup>3</sup>. Sin embargo, durante estos 26 años, se acumularon unos 3 millones de m<sup>3</sup> de sedimentos en el embalse, entorpeciendo el funcionamiento del mismo.

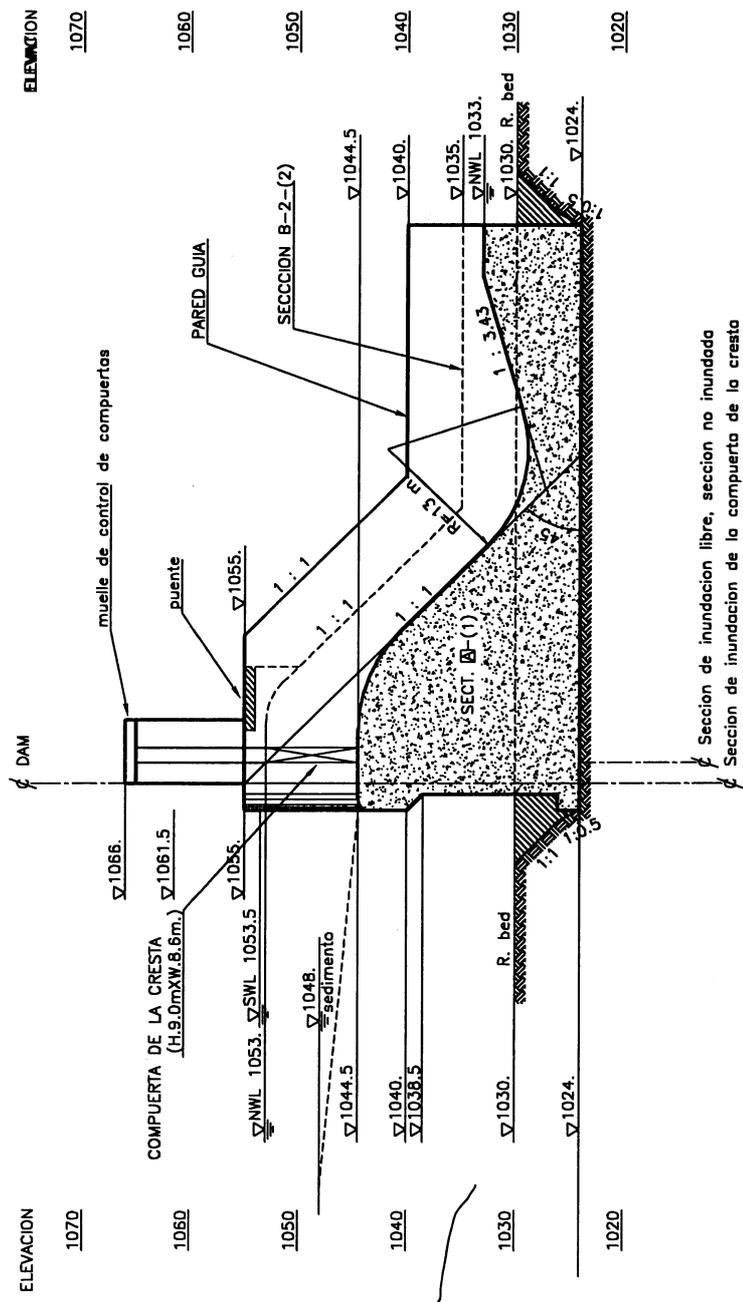
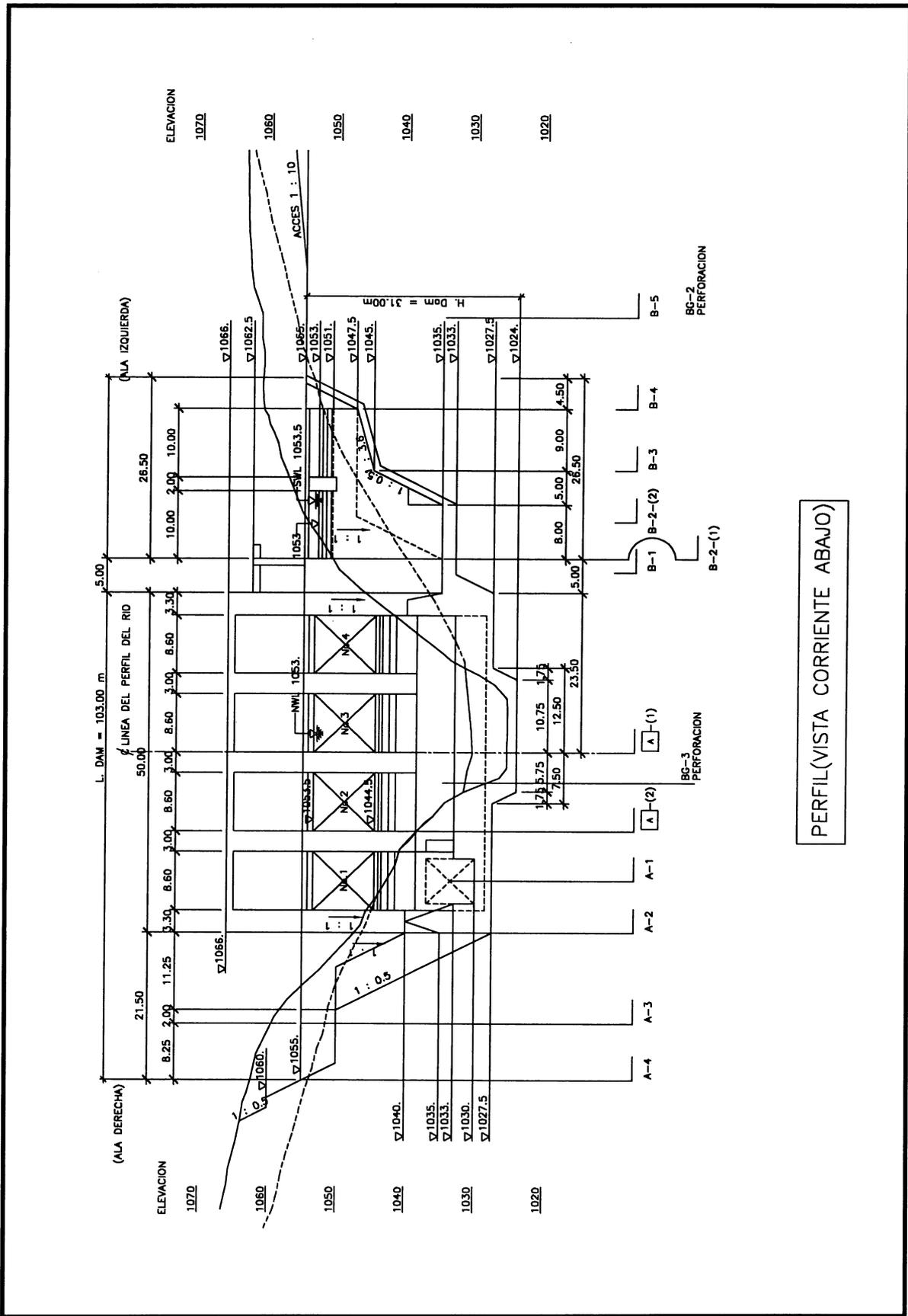


Figura 5.1

Sección Típica de la Presa Los Laureles II







Después del término de la construcción de la presa Los Laureles II más arriba, no habrá más sedimentación en el embalse y el volumen de excavación será el efectivo. Por consiguiente, esta excavación es un proyecto conjunto con la construcción de la presa Los Laureles II.

De acuerdo con el estudio del embalse de Los Laureles, los sedimentos se localizan principalmente en la elevación baja del embalse. Por lo tanto, se planeó excavar los sedimentos no sólo del embalse existente, sino también del embalse a construirse en el futuro. La *Figura 5.5* muestra la ubicación propuesta para la excavación de sedimentos. La cantidad total de excavación es de 600.000 m<sup>3</sup>.

Una parte de los sedimentos excavados será utilizada como material de construcción, pero la mayoría tendrá que ser acarreada y tirada al depósito de escombros cercano. El área de escombros estará disponible cerca del sitio.

#### **(4) Rendimiento de Agua**

##### **1) Presa Los Laureles II**

El rendimiento de agua fue calculado a través de la relación antes mencionada nivel-volumen del agua, así como el rebosamiento registrado en las estaciones de Guacerique II. Los registros de observación fueron elaborados entre 1982 y 1996, y se utilizó la totalidad de los datos. Se realizó el análisis del balance de agua con el fin de mantener el rendimiento del agua del embalse existente de Los Laureles tal como está. Los resultados indican que un rendimiento seguro con 99% de fiabilidad es de 130 l/seg.

##### **2) Excavación de Sedimentos**

El rendimiento de agua por este proyecto es calculado suponiendo que la capacidad del embalse se incrementa a 600.000 m<sup>3</sup>. El aumento del rendimiento de agua es de 30 l/seg.

### **5.2.3 INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA**

La cantidad de agua incrementada se suministra mediante las instalaciones de suministro de agua existentes, por lo que no han de requerirse instalaciones adicionales en el Proyecto Los Laureles II. Esto fue confirmado a través de la capacidad actual de las instalaciones de suministro de agua existentes, y el balance entre el suministro y la demanda de agua en las áreas de distribución que es como sigue.

#### **(1) Confirmación de la Capacidad de las Instalaciones Existentes**

La capacidad actual de las instalaciones existentes se confirma de la siguiente manera:

Conducto del embalse de Los Laureles a la planta de tratamiento de agua de Los Laureles: La capacidad de diseño del conducto es de 800 l/seg. Esta capacidad se calculó aplicando la capacidad de la bomba y las dimensiones de tuberías. Se confirmó que tiene la capacidad de diseño.

La capacidad de diseño es de 670 l/seg, y la planta opera a la tasa de diseño durante varios días al año. Actualmente, tiene un problema en el proceso de sedimentación, ocasionando fallas en la eliminación satisfactoria de la turbidez en el invierno cuando la turbidez del agua cruda se incrementa. Sin embargo, se confirmó que se efectuarían las labores de rehabilitación pronto. Por lo tanto, se llegó a la conclusión de que la planta recuperaría la capacidad de producción de diseño.

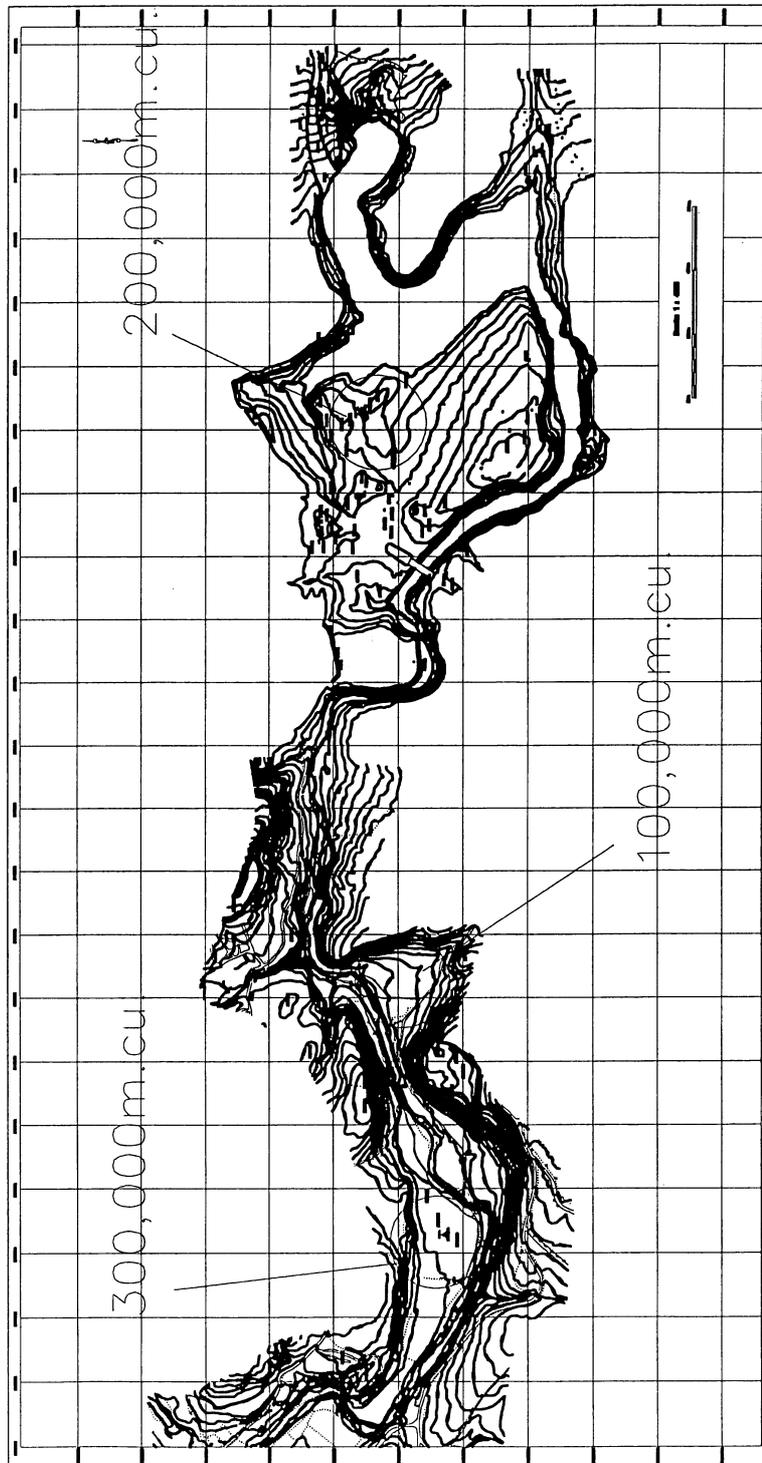


Figura 5.5

Ubicación Propuesta de la Excavación del Sedimento

Sistema de transmisión y distribución: A través del análisis de la red efectuado por EPANET, se confirmó que las líneas de transmisión, las estaciones de bombeo, los tanques de distribución y las tuberías de distribución primaria cuentan con suficiente capacidad para distribuir el agua de la red de distribución existente de la PTA Los Laureles. EPANET es una herramienta de simulación hidráulica y del comportamiento del agua dentro de redes de tuberías presurizadas, desarrollada por la Agencia Americana de Protección del Ambiente (EPA).

**(2) Balance entre Tasa de Producción de Agua y Demanda en Áreas de Distribución**

En la *Tabla 5.1* se muestran los tanques actuales de distribución de agua, que se alimentan de la PTA Los Laureles. Son 15 tanques de distribución. Nueve (9) de ellos reciben agua exclusivamente de la PTA Los Laureles, mientras que los demás reciben tanto de la PTA Los Laureles como de la PTA Concepción. Se estima que la tasa de producción de agua total requerida para los tanques de distribución es de 552 l/seg a 1.236 l/seg, dependiendo esto del suministro desde la PTA Concepción, como se indica en la *Tabla 5.1*. El excedente del agua sobre la tasa de producción requerida mínima (552 l/seg) podría distribuirse a otros tanques, por lo que PTA Los Laureles operará a la tasa de producción máxima (670 l/seg), siempre y cuando la fuente de agua pueda rendir para esta cifra. Por consiguiente, se estima que PTA Los Laureles operará en forma continua a la tasa de producción máxima, una vez que el rendimiento de agua se incremente a 670 l/seg por el Proyecto Los Laureles II.

**Tabla 5.1 Producción de Agua Requerida para el Subsistema Los Laureles**

Tanques de Distribución	Tasa Estimada de Producción Requerida (l/seg)	Alternativa de Suministro
Centro América Oeste	32,47	
Cerro grande	41,69	
Mogote	56,63	
Filtros 1/2	169,04	
La Fuente	6,58	
Los Laureles	45,04	
Olimpo 1	116,14	
Olimpo 2	70,42	
Residencia Centro América Este	14,24	
Sub-total	552,26	
Canal 11	126,40	PTA Concepción
Estiquirin	320,99	PTA Concepción
Juan A. Lainez	71,67	PTA Concepción
Kennedy 3	134,09	PTA Concepción
Las Hadas	4,75	PTA Concepción
San Francisco	25,99	PTA Concepción
Total	1.236,16	

**5.3 PLANIFICACIÓN DE INSTALACIONES DEL PROYECTO QUIEBRA MONTES**

**5.3.1 GENERALIDADES**

El Proyecto Quebra Montes consiste de los siguientes elementos:

- Construcción de la presa Quebra Montes

- Instalación de la línea de conducción desde la presa Quebra Montes a la nueva planta de

tratamiento de agua

Construcción de una nueva planta de tratamiento de agua

Expansión del tanque de agua clara de la PTA Los Laureles existente

Reorganización del sistema de transmisión

Reorganización del sistema de distribución

Se formula el Plan Maestro con el fin de adecuar la capacidad productiva del sistema a la tasa de producción de agua requerida en 2015, a través de la expansión de las fuentes de agua e instalaciones de suministro de agua. El desarrollo de las instalaciones de suministro de agua en el Plan Maestro cubre la reorganización del sistema actual para optimizar el sistema, como también propone instalaciones de suministro de agua para las nuevas fuentes de agua desarrolladas.

La optimización del sistema de suministro de agua incluye la optimización de las instalaciones de tratamiento de agua para utilizar plenamente la capacidad actual, y minimizar el incremento adicional de la capacidad de tratamiento, así como reorganizar los sistemas de distribución y transmisión. En esta sección, se discutirá, en primer lugar, la optimización de la capacidad de tratamiento de agua, a fin de determinar los requerimientos para las plantas de tratamiento de agua de Quebra Montes. Se tratará la reorganización de los sistemas de distribución y transmisión en la sección correspondiente a la planificación de instalaciones.

### 5.3.2 OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUA EN TODO EL SISTEMA

Cada uno de los subsistemas existentes cuenta con sus propios sistemas de conducción y tratamiento. Además, el subsistema de Quebra Montes propuesto deberá tener sus propios sistemas de conducción y tratamiento, ya que el rendimiento de agua disponible del embalse de Quebra Montes es tan grande, que resultaría irreal que se pudiese absorber este incremento sólo a través de la expansión de las plantas existentes. Por consiguiente, podría elaborarse un plan para optimizar mediante, básicamente, la armonía entre el rendimiento de la fuente de agua y la de los sistemas de conducción y tratamiento de cada subsistema.

La *Tabla 5.2* muestra la capacidad de rendimiento de la fuente de agua, y de las instalaciones de conducción y tratamiento existentes de cada subsistema.

**Tabla 5.2 Capacidad de Rendimiento Existente y Capacidad de Conducción y Tratamiento**

Subsistema	Capacidad de rendimiento	Capacidad de la línea de conducción	Capacidad de la PTA	Déficit de la capacidad de la PTA
Picacho	304 l/seg	782 l/seg	782 l/seg	-478 l/seg (excedte)
Concepción	1.310 l/seg	1.303 l/seg	1.303 l/seg	7 l/seg
Miraflores	43 l/seg	43 l/seg	43 l/seg	0 l/seg
Los Laureles	670 l/seg	800 l/seg	582 l/seg	88 l/seg

Nota: Todos los valores se basan en el promedio diario.

La tabla indica que los subsistemas de Picacho y Los Laureles necesitan mejorarse más todavía, mientras que los de Concepción y Miraflores ya han sido optimizados.

Existe la posibilidad de que se utilice el agua del embalse de Quebra Montes para optimizar los subsistemas de Picacho y Los Laureles. Primero habría que estudiar esta posibilidad. Dependiendo de los resultados de este estudio, se podrá planificar un sistema mejor.

### (1) Determinación del Sitio para la PTA Quebra Montes

Antes de los estudios que se mencionarán posteriormente, es necesario determinar el sitio para la PTA Quebra Montes.

El nivel inferior de agua del embalse de Quebra Montes está planeado a 1.113 m. Esta elevación ofrece el potencial de transmisión de agua a un nivel de 1.100 m, aproximadamente, por flujo por gravedad. Por lo tanto, un sitio con mayor elevación será ventajoso para una planta de tratamiento.

En la *Figura 5.6*, se muestran los sitios propuestos por SANAA para tal fin. Ambos sitios se encuentran localizados en la pendiente de un cerro, casi al mismo nivel (1.100m, aproximadamente). La accesibilidad desde el camino principal existente es casi similar. El largo de conducción y transmisión requerido es el mismo en total, aunque el sitio No.2 necesita una línea de conducción más larga, debido a que este sitio se encuentra más lejos del embalse que el No.1. Desde el punto de vista de la obra de construcción, el No.2 requiere una mayor preparación del terreno que el No.1, a causa de lo empinado de la pendiente. En conclusión, el No.1 fue elegido como sitio para la PTA Quebra Montes.

No se consideró ninguna opción para la línea de conducción, puesto que existe un camino que pasa cerca del sitio propuesto para la presa y abajo del sitio No.1, por lo que no se prevé ninguna dificultad en el trabajo de implementación a lo largo del camino.

### (2) Estudio Alternativo para Optimizar el Sistema Picacho

La PTA Picacho tiene una capacidad excesiva, hasta en un 99% de la capacidad productiva confiable, como se muestra en la *Tabla 5.2*. Puesto que la PTA Picacho está ubicada en la parte más elevada de todo el sistema de suministro de agua, la explotación de esta capacidad excesiva ofrece una ventaja para optimizar el sistema de distribución. Por lo tanto, se estudió la posibilidad de incrementar el flujo de entrada de la PTA Picacho enviando agua desde el embalse de Quebra Montes, a través de la comparación de los costos requeridos para las siguientes dos (2) alternativas.

#### Alternativa 1:

Utilizar el agua del embalse de Quebra Montes exclusivamente en la PTA Quebra Montes. El subsistema de Picacho permanecerá bajo las condiciones existentes.

#### Alternativa 2:

Cubrir el déficit de la capacidad de rendimiento de la PTA Picacho recibiendo agua del embalse de Quebra Montes. Esta alternativa requiere un sistema de transmisión desde el embalse de Quebra Montes hasta la PTA Picacho; por otro lado, la capacidad requerida de la PTA Quebra Montes podrá reducirse.

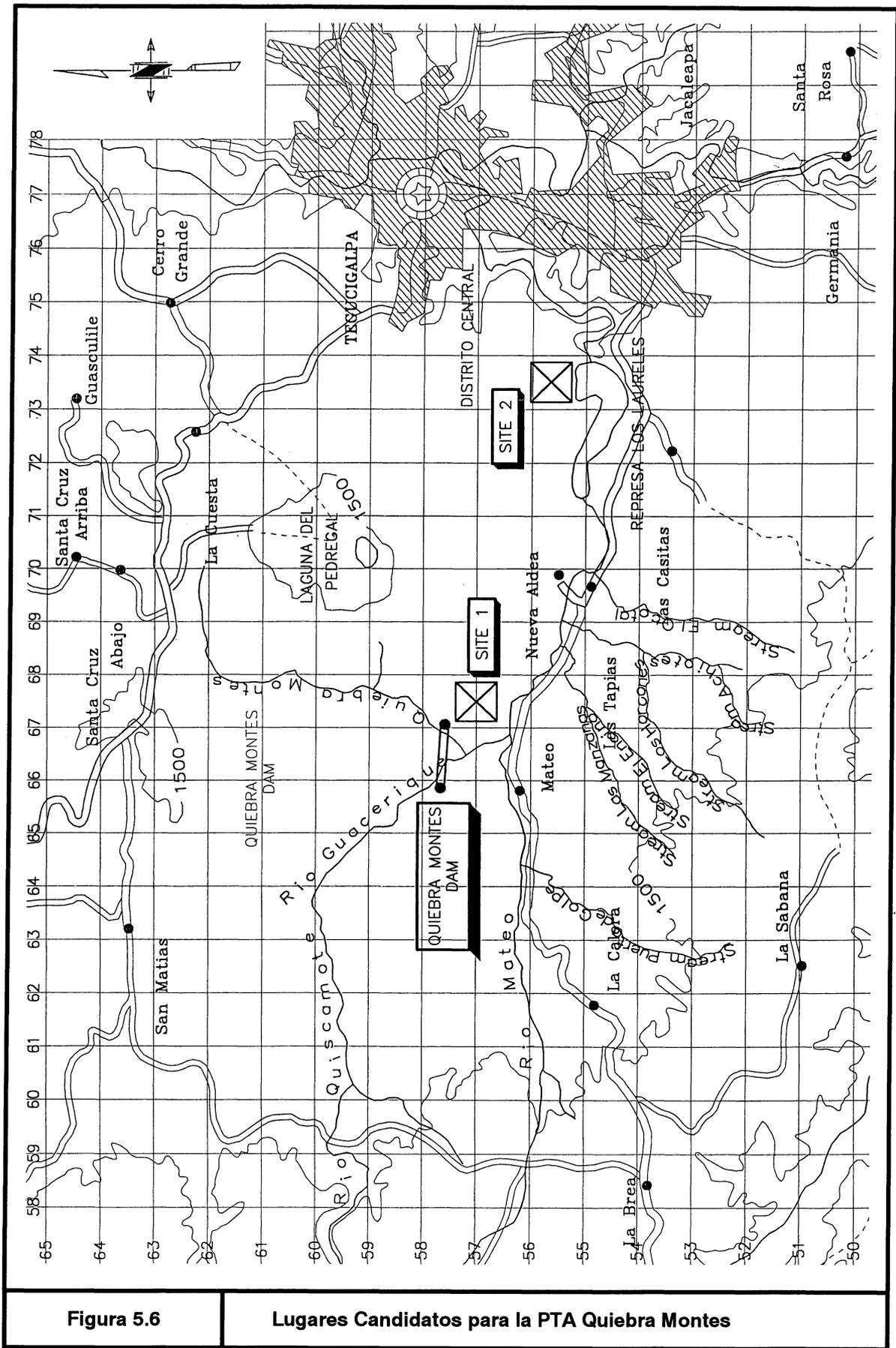
El déficit de la capacidad de rendimiento sobre la capacidad de conducción y tratamiento en el subsistema de Picacho es de 550 l/seg, sobre la base diaria máxima. Entonces, se adoptan las siguientes bases de planificación para cada alternativa.

#### Alternativa 1:

Capacidad de la PTA Quebra Montes: 1.240 l/seg

#### Alternativa 2:

Capacidad de conducción del embalse de Quebra Montes a la PTA Picacho: 550 l/seg  
Capacidad de la planta de Quebra Montes: 690 l/seg (= 1.240 l/seg - 550 l/seg)



**Figura 5.6**

**Lugares Candidatos para la PTA Quebra Montes**

El costo de construcción que se requiere para cada alternativa se resume en la *Tabla 5.3*.

**Tabla 5.3 Costo de Construction Requerido para cada Alternativa**

Instalación	Especificación	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio (USD)
<b>Alternativa 1</b>				
- PTA Quebra Montes	107,136 m <sup>3</sup> /día (1,240 l/seg)	1 juego		42,175,000
Costo total de construcción de la Alternativa 1				<b>42,175,000</b>
<b>Alternativa 2</b>				
- Tuberías de conducción	Diámetro 700 mm THFD	1,000 m	745	745,000
- Tuberías de conducción	Diámetro 900 mm THFD	16,500 m	1,050	17,325,000
- Cruce del río	Sifón (diámetro 900 mm THFD)	360 m	3,600	1,296,000
- Estación presurizadora	550 l/seg (33 m <sup>3</sup> /min) × 225 m	1 juego	0	0
- PTA Quebra Montes	59,616 m <sup>3</sup> /día (690 l/seg)	1 juego		28,000,000
Costo total de construcción de la Alternativa 2				<b>47,366,000</b>

Como resultado del estudio de alternativas, se abandonó la idea de explotar la capacidad excesiva de la PTA Picacho enviando agua del embalse de Quebra Montes a la PTA Picacho. Entonces, la tasa de producción del subsistema de Picacho se determina en 24,692 m<sup>3</sup>/día (286 l/seg) sobre la base del promedio diario.

### (3) Estudio de Alternativas para Optimizar el Subsistema de Los Laureles

La capacidad diseñada de PTA Los Laureles es de 57,888 m<sup>3</sup>/día (670 l/s), y se estima que la tasa de producción requerida del subsistema existente de Los Laureles será mayor de 800 l/s en el año 2006. Como resultado, la tasa mínima de producción diariamente requerida del subsistema será mayor de 679 l/s (800 l/s x 0.8488), cifra que excede a la capacidad diseñada de PTA Los Laureles.

Bajo esta condición, PTA Los Laureles operará siempre en su capacidad completa de 57,888 m<sup>3</sup>/día (670 l/s), con la capacidad de rendimiento de 670 l/s, después del término del Proyecto Los Laureles II.

No obstante ello, cuando se haya concluido el Proyecto Quebra Montes, el sistema de suministro de agua general será mejorado. Los sistemas de transmisión y distribución serán reorganizados, de tal modo que se satisfaga la demanda de agua estimada. En esta condición, el sistema de suministro de agua tendrá la capacidad para producir a la tasa máxima diariamente requerida. Como se muestra en la *Tabla 5.2*, la capacidad de PTA Los Laureles no es suficiente, en esta condición, para la capacidad de rendimiento disponible del embalse de Los Laureles.

Con el fin de mejorar el subsistema de Los Laureles, se estudiaron las siguientes dos (2) alternativas.

- Alternativa A:  
Optimizarla capacidad de PTA Los Laureles y Quebra Montes, por separado. Esto requiere la expansión de PTA Los Laureles, para que se absorba el pico de la fluctuación de la demanda.
- Alternativa B:  
Operación conjunta de PTA Los Laureles y PTA Quebra Montes, a fin de que PTA Los Laureles opere siempre a la capacidad de diseño existente. Toda la fluctuación será absorbida por PTA Quebra Montes.

## Capítulo 5: Plan Maestro Propuesto

En la Alternativa B, se tiene planeado conectar ambas plantas de tratamiento construyendo un canal de paso, desde el canal de transmisión del subsistema de Quebra Montes hasta el depósito de PTA Los Laureles, ya que el canal de transmisión del subsistema de Quebra Montes pasa cerca de PTA Los Laureles. El depósito de agua limpia deberá corresponder a la tasa de producción diaria máxima de 855 l/s, puesto que su valor diario mínimo es de 630 l/s. Entonces, la capacidad de la línea de desvío deberá ser de 225 l/s (= 855 l/s - 630 l/s).

Entonces, las bases de planeación para cada alternativa son como sigue:

- **Alternativa A:**  
 Expansión de Los Laureles PTA: 101 l/s  
 Capacidad de Quebra Montes PTA: 1,139 l/s (= 1,240 l/s - 101 l/s)
- **Alternativa B:**  
 Capacidad de Quebra Montes PTA: 1,240 l/s  
 Capacidad del canal de conexión de Quebra Montes PTA a Los Laureles PTA: 225 l/s  
 Expansión del depósito de agua limpia de Los Laureles PTA: 900 m<sup>3</sup> (= 1 hora de retención para 225 l/s)

El costo de construcción requerido para cada alternativa se resume en la *Tabla 5.4*.

**Tabla 5.4 Costo de Construcción Requerido para cada Alternativa**

Instalación	Especificación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio (USD)
<b>Alternativa A</b>				
- Expansión de Los Luareles PTA	8,800 m <sup>3</sup> /día (101.8 l/s)	1 juego		9,717,000
- Quebra Montes PTA	98,500 m <sup>3</sup> /día (1,140 l/s)	1 juego		40,080,000
Costo total de la construcción de la Alternativa A				<b>49,797,000</b>
<b>Alternativa B</b>				
- Quebra Montes PTA	107,136 m <sup>3</sup> /day (1,240 l/s)	1 juego		42,175,000
- Expansión del depósito de agua limpia	900 m <sup>3</sup>	1 juego		470,000
- Canal de paso a Los Laureles PTA	Diámetro 500 mm (DCIP)	300 m	460	138,000
Costo total de la construcción de la Alternativa B				<b>42,783,000</b>

No existen diferencias en los costos de operación y mantenimiento entre los sistemas de conducción y transmisión de ambas alternativas, puesto que el volumen total del agua tratada es el mismo. Sin embargo, la Alternativa B tiene la desventaja de perder la carga hidrostática enviando 112 l/s de agua limpia, de PTA Quebra Montes a la altura de 1,095 m a PTA Los Laureles a 1,015 m. Para compensar esta desventaja, se supone que la Alternativa B requiere bombear 112 l/s de agua a 1,095 m de elevación. El costo de operación requerido se calcula de la siguiente manera:

- Energía requerida:  $(0.112 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ seg} \times 80 \text{ m}) / (6.12 \times 0.75) = 125.5 \text{ kW/h}$
- Costo anual de operación:  $125.5 \text{ kW/h} \times 0.8 \times 24 \text{ hr} \times 0.1233 \text{ USD/kW} \times 365 \text{ días} = \text{USD } 108,430$

La comparación del costo entre las alternativas se muestra en la *Tabla 5.5*.

**Tabla 5.5 Comparación del Costo entre Alternativas**

	Precio (USD)
Alternativa A	
- Costo de construcción	49,797,000
<b>Costo total de Alternativa A por 30 años</b>	<b>49,797,000</b>
Alternativa B	
- Costo de construcción	42,783,000
- Costo anual de operación de bombeo	108,430
<b>Costo total de Alternativa B por 30 años</b>	<b>46,035,900</b>

Basándose en los resultados de la comparación del costo, se seleccionó la Alternativa B, es decir, la operación conjunta de PTA Quebra Montes y PTA Los Laureles.

Las bases de planeación de los subsistemas de Quebra Montes y Los Laureles se determinan como se muestra en la *Tabla 5.6*.

**Tabla 5.6 Bases de Planificación de los Subsistemas de Quebra Montes y Los Laureles**

Subsistema	Capacidad de diseño de PTA (m <sup>3</sup> /día)	Tasa de producción para estanques de distribución (m <sup>3</sup> /día)
Los Laureles	57,888 (670 l/s)	64,128 (742 l/s)
Quebra Montes	108,000 (1,250 l/s)	69,273 (802 l/s)

**(4) Resultado de Planeación del Sistema de los Sistemas de Conducción y Tratamiento**

La *Tabla 5.7* muestra la tasa de producción para los estanques de distribución en cada subsistema. El total de la tasa de producción satisfará la tasa de producción total requerida en 2015.

**Tabla 5.7 Tasa de Producción de cada Subsistema**

Subsistema	Tasa de producción para estanques de distribución (m <sup>3</sup> /día)
Picacho	24,692 (286 l/s)
Los Laureles	64,107 (742 l/s)
Concepción	105,823 (1,225 l/s)
Miraflores	3,527 (41 l/s)
Quebra Montes	69,345 (802 l/s)
<b>Total</b>	<b>267,494 (3,096 l/s)</b>

Las instalaciones de conducción y tratamiento propuestas son como sigue:

- Quebra Montes PTA: 108,000 m<sup>3</sup>/día
- Línea de desvío de la PTA Quebra Montes a la PTA Los Laureles: 225 l/s
- Expansión del depósito de agua limpia de Los Laureles PTA: 900 m<sup>3</sup>

**5.3.3 FUENTE DE AGUA**

**(1) Condición del Sitio de Presa**

Las inmediaciones del sitio conforman una extensa planicie. El ancho del desfiladero a la altura de 1,152 m es de 1,030 m. El paramento izquierdo tiene menos inclinación que el derecho, y la inclinación entre el cauce (1,1094m) y el paramento (1,152m) es de 1 a 18.

Las rocas de base del sitio están compuestas de ignimbrita riolítica, y el depósito del cause tiene un espesor de 5 a 8 m. El paramento izquierdo está cubierto de un talud con grosor de 5 a 10m. El depósito en el paramento derecho es delgado. Hay unas fracturas en las rocas de base, pero éstas están flojas y permeables. Sin embargo, se puede mejorar la estanqueidad del agua a través de un enlechado.

### (2) Características de la Presa y el Embalse

El proyecto fue estudiado por BCEOM en 1990, y fue evaluado en el Estudio. La capacidad del vertedero se revisó con base en el registro de la inundación ocasionada por el Huracán Mitch. Las Figuras 5.7 y 5.8 muestran la disposición general de la presa.

La Figura 5.9 presenta la relación entre el nivel de agua del embalse y el volumen del mismo. El monto de la obra de construcción de la presa es como sigue:

- Excavación: 753,000 m<sup>3</sup>
- Concreto: 64,000 m<sup>3</sup>
- Terraplenado: 3,500,000 m<sup>3</sup>

### (3) Rendimiento del Agua

Se calculó el rendimiento energético del agua utilizando la relación entre el nivel de agua del embalse, el volumen del mismo y el registro de rebosamiento en las estaciones de Quebra Montes. Se realizó el registro de observación entre 1938 y 1992, y se utilizó la totalidad de los datos. Se calculó el balance de agua con el fin de conservar el rendimiento energético del agua con el embalse de Los Laureles existente, así como maximizar el rendimiento con el embalse de Quebra Montes. Los resultados indican que el rendimiento seguro con un 99% de confiabilidad es de 1,040 l/s.

## 5.3.4 CONDUCCIÓN

### (1) Bases de Planeación

La capacidad de diseño adoptada es como sigue:

- Canal de conducción: 108,000 m<sup>3</sup>/día (1,250 l/s), correspondiente a la tasa de producción máxima de Quebra Montes PTA.

Los criterios de diseño adoptados son como sigue:

- Revestimiento del suelo: 1.2 m o más
- Material de tubería: Tubos de hierro dúctil fundido con prevención de corrosión

### (2) Instalación de Conducción Propuesta

Se muestra la instalación de conducción propuesta en la Tabla 5.8.

**Tabla 5.8 Instalación de Conducción Propuesta**

Tipo de flujo	Tasa de flujo diseñada (lit/s)	Tubería de conducción			
		Diámetro (mm)	Largo (km)	Material	Velocidad de flujo (m/s)
Flujo por gravedad	1,250	1,200	1.0	DCIP	1.1

Nota: DCIP (Ductile Cast Iron Pipe): Tubo de hierro dúctil fundido

Los costos de construcción requeridos para cada alternativa se resumen en la *Tabla 5.3*.

**Tabla 5.3 Costo de Construction Requerido para cada Alternativa**

Instalación	Especificación	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio (USD)
<b>Alternativa 1</b>				
- PTA Queibra Montes	107.136 m <sup>3</sup> /día (1.240 l/seg)	1 juego		42.175.000
Costo total de construcción de la Alternativa 1				<b>42.175.000</b>
<b>Alternativa 2</b>				
- Tuberías de conducción	Diámetro 700 mm THFD	1.000 m	745	745.000
- Tuberías de conducción	Diámetro 900 mm THFD	16.500 m	1.050	17.325.000
- Cruce del río	Sifón (diámetro 900 mm THFD)	360 m	3.600	1.296.000
- Estación presurizadora	550 l/seg (33 m <sup>3</sup> /min) × 225 m	1 juego	0	0
- PTA Queibra Montes	59.616 m <sup>3</sup> /día (690 l/seg)	1 juego		28.000.000
Costo total de construcción de la Alternativa 2				<b>47.366.000</b>

Como resultado del estudio de alternativas, se abandonó la idea de explotar la capacidad excesiva de la PTA Picacho enviando agua del embalse de Queibra Montes a la PTA Picacho. Entonces, la tasa de producción del subsistema de Picacho se determina en 24.692 m<sup>3</sup>/día (286 l/seg) sobre la base del promedio diario.

### (3) Estudio de Alternativas para Optimizar el Subsistema de Los Laureles

La capacidad de diseño de la PTA Los Laureles es de 57.888 m<sup>3</sup>/día (670 l/seg), y se estima que la tasa de producción requerida del subsistema existente de Los Laureles será mayor de 800 l/seg en el año 2006. Como resultado, la tasa mínima de producción diariamente requerida del subsistema será mayor de 679 l/seg (800 l/seg x 0,8488), cifra que excede la capacidad de diseño de la PTA Los Laureles.

Bajo esta condición, PTA Los Laureles operará siempre en su capacidad completa de 57.888 m<sup>3</sup>/día (670 l/seg), con una capacidad de rendimiento de 670 l/seg, después del término del Proyecto Los Laureles II.

No obstante ello, cuando se haya concluido el Proyecto Queibra Montes, será optimizado todo el sistema de suministro de agua. Los sistemas de transmisión y distribución serán reorganizados, de tal modo que se satisfaga la demanda de agua estimada. En esta condición, el sistema de suministro de agua tendrá la capacidad para producir a la tasa máxima diariamente requerida. Como se muestra en la *Tabla 5.2*, en esta condición la capacidad de la PTA Los Laureles no es suficiente para la capacidad de rendimiento disponible del embalse de Los Laureles.

Para optimizar el subsistema de Los Laureles, se estudiaron las siguientes dos (2) alternativas.

#### Alternativa A:

Optimizar la capacidad de la PTA Los Laureles y Queibra Montes, por separado. Esto requiere la expansión de la PTA Los Laureles, para que se absorba el pico de la fluctuación de la demanda.

#### Alternativa B:

Operación conjunta de la PTA Los Laureles y la PTA Queibra Montes, a fin de que la PTA Los Laureles opere siempre a la capacidad de diseño existente. Toda la fluctuación será absorbida por la PTA Queibra Montes.

En la Alternativa B, se tiene planeado conectar ambas plantas de tratamiento construyendo una línea de desvío, desde la línea de transmisión del subsistema de Quebra Montes hasta el tanque de agua clara de la PTA Los Laureles, ya que la línea de transmisión del subsistema de Quebra Montes pasa cerca de la PTA Los Laureles. El tanque de agua clara deberá corresponder a la tasa máxima de producción diaria de 855 l/seg, puesto que su valor diario mínimo es de 630 l/seg. Entonces, la capacidad de la línea de desvío deberá ser de 225 l/seg (= 855 l/seg - 630 l/seg).

Entonces, las bases de planificación para cada alternativa son como sigue:

Alternativa A:

Expansión de la PTA Los Laureles: 101 l/seg

Capacidad de la PTA Quebra Montes: 1.139 l/seg (= 1.240 l/seg - 101 l/seg)

Alternativa B:

Capacidad de la PTA Quebra Montes: 1.240 l/seg

Capacidad de la línea de conexión de la PTA Quebra Montes con la PTA Los Laureles: 225 l/seg

Expansión del tanque de agua clara de la PTA Los Laureles: 900 m<sup>3</sup> (= 1 hora de retención para 225 l/seg)

El costo de construcción requerido para cada alternativa se resume en la *Tabla 5.4*.

**Tabla 5.4 Costo de Construcción Requerido para cada Alternativa**

Instalación	Especificación	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio (USD)
<b>Alternativa A</b>				
- Expansión de la PTA Los Laureles	8.800 m <sup>3</sup> /día (101.8 l/seg)	1 juego		9.717.000
- PTA Quebra Montes	98.500 m <sup>3</sup> /día (1.140 l/seg)	1 juego		40.080.000
Costo total de la construcción de la Alternativa A				<b>49.797.000</b>
<b>Alternativa B</b>				
- PTA Quebra Montes	107.136 m <sup>3</sup> /día (1.240 l/seg)	1 juego		42.175.000
- Expansión del tanque de agua clara	900 m <sup>3</sup>	1 juego		470.000
- Línea de desvío a la PTA Los Laureles	Diámetro 500 mm (THFD)	300 m	460	138.000
Costo total de la construcción de la Alternativa B				<b>42.783.000</b>

No existen diferencias en los costos de operación y mantenimiento entre los sistemas de conducción y transmisión de ambas alternativas, puesto que el volumen total del agua tratada es el mismo. Sin embargo, la Alternativa B tiene la desventaja de perder altura hidrostática enviando 112 l/seg de agua tratada, de la PTA Quebra Montes a la altura de 1.095 m a la PTA Los Laureles a 1.015 m. Para compensar esta desventaja, se supone que la Alternativa B requiere bombear 112 l/seg de agua a 1.095 m de altura. El costo de operación requerido se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Energía requerida: } (0,112 \text{ m}^3/\text{seg} \times 60 \text{ seg} \times 80 \text{ m}) / (6,12 \times 0,75) = 125,5 \text{ kW/h}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo anual de operación: } & 125,5 \text{ kW/h} \times 0,8 \times 24 \text{ hr} \times 0,1233 \text{ USD/kW} \times 365 \text{ días} \\ & = \text{USD } 108.430 \end{aligned}$$

La comparación del costo entre las alternativas se muestra en la *Tabla 5.5*.

**Tabla 5.5 Comparación del Costo entre Alternativas**

	Precio (USD)
Alternativa A	
- Costo de construcción	49.797.000
<b>Costo total de la Alternativa A por 30 años</b>	<b>49.797.000</b>
Alternativa B	
- Costo de construcción	42.783.000
- Costo anual del bombeo	108.430
<b>Costo total de la Alternativa B por 30 años</b>	<b>46.035.900</b>

Basándose en los resultados de la comparación del costo, se seleccionó la Alternativa B, es decir, la operación conjunta de la PTA Quebra Montes y la PTA Los Laureles.

Las bases de planificación de los subsistemas de Quebra Montes y Los Laureles se determinan como se muestra en la *Tabla 5.6*.

**Tabla 5.6 Bases de Planificación de los Subsistemas de Quebra Montes y Los Laureles**

Subsistema	Capacidad de diseño de la PTA (m <sup>3</sup> /día)	Tasa de producción para tanques de distribución (m <sup>3</sup> /día)
Los Laureles	57.888 (670 l/seg)	64.128 (742 l/seg)
Quebra Montes	108.000 (1.250 l/seg)	69.273 (802 l/seg)

#### (4) Resultado de la Planificación de Sistema de los Sistemas de Conducción y Tratamiento

La *Tabla 5.7* muestra la tasa de producción para los tanques de distribución en cada subsistema. El total de la tasa de producción satisfará la tasa de producción total requerida en 2015.

**Tabla 5.7 Tasa de Producción de cada Subsistema**

Subsistema	Tasa de producción para tanques de distribución (m <sup>3</sup> /día)
Picacho	24.692 (286 l/seg)
Los Laureles	64.107 (742 l/seg)
Concepción	105.823 (1.225 l/seg)
Miraflores	3.527 (41 l/seg)
Quebra Montes	69.345 (802 l/seg)
<b>Total</b>	<b>267.494 (3.096 l/seg)</b>

Las instalaciones de conducción y tratamiento propuestas son como sigue:

PTA Quebra Montes: 108.000 m<sup>3</sup>/día

Línea de desvío de la PTA Quebra Montes a la PTA Los Laureles: 225 l/seg

Expansión del tanque de agua clara de la PTA Los Laureles: 900 m<sup>3</sup>

### 5.3.3 FUENTE DE AGUA

#### (1) Condición del Sitio de la Presa

Las inmediaciones del sitio conforman una extensa planicie fluvial. El ancho del desfiladero a la altura de 1.152 m es de 1.030 m. El paramento izquierdo tiene menos inclinación que el derecho, y la inclinación entre el cauce del río(1.094m) y el paramento (1.152m) es cerca de 1 a 18.

Las rocas de base del sitio están compuestas de ignimbrita riolítica, y el depósito del cauce del río tiene un espesor de 5 a 8 m. El paramento izquierdo está cubierto de un talud con grosor de 5 a 10m. El depósito en el paramento derecho es delgado. Hay algunas fracturas en las rocas de base, pero éstas están flojas y permeables. Sin embargo, se puede mejorar la estanqueidad del agua a través de un enlchado.

## (2) Características de la Presa y del Embalse

El proyecto fue estudiado por BCEOM en 1990, y fue evaluado en el Estudio. La capacidad del vertedero se revisó en base al registro de la inundación ocasionada por el Huracán Mitch. Las Figuras 5.7 y 5.8 muestran la planta y el perfil de la presa Quebra Montes.

La Figura 5.9 presenta la relación entre el nivel de agua del embalse y el volumen del mismo. El volumen de las obras de construcción de la presa es como sigue:

Excavación:	753.000 m <sup>3</sup>
Concreto:	64.000 m <sup>3</sup>
Terraplenado:	3.500.000 m <sup>3</sup>

## (3) Rendimiento del Agua

Se calculó el rendimiento del agua utilizando la relación entre el nivel de agua del embalse, el volumen del mismo y el registro de rebosamiento en las estaciones de Quebra Montes. El registro de la observación se realizó entre 1938 y 1992, y se utilizó la totalidad de los datos. Se calculó el balance de agua con el fin de conservar el rendimiento del agua del embalse de Los Laureles existente, así como maximizar el rendimiento del embalse de Quebra Montes. Los resultados indican que el rendimiento seguro confiable un 99% es de 1.040 l/seg.

### 5.3.4 CONDUCCIÓN

#### (1) Bases de Planificación

La capacidad de diseño adoptada es de 108.000 m<sup>3</sup>/día (1.250 l/seg), correspondiente a la tasa de producción máxima de la PTA Quebra Montes.

Los criterios de diseño adoptados son como sigue:

Cubierta con tierra:	1,2 m o más
Material de la tubería:	Tubos de hierro dúctil fundido con prevención de corrosión

#### (2) Instalación de Conducción Propuesta

En la Tabla 5.8 se muestra la instalación de conducción propuesta.

**Tabla 5.8 Instalación de Conducción Propuesta**

Tipo de flujo	Tasa de flujo de diseño (l/seg)	Tubería de conducción			
		Diámetro (mm)	Largo (km)	Material	Velocidad de flujo (m/seg)
Flujo por gravedad	1.250	1.200	1,0	THFD	1,1

Nota: THFD: Tubo de hierro fundido dúctil

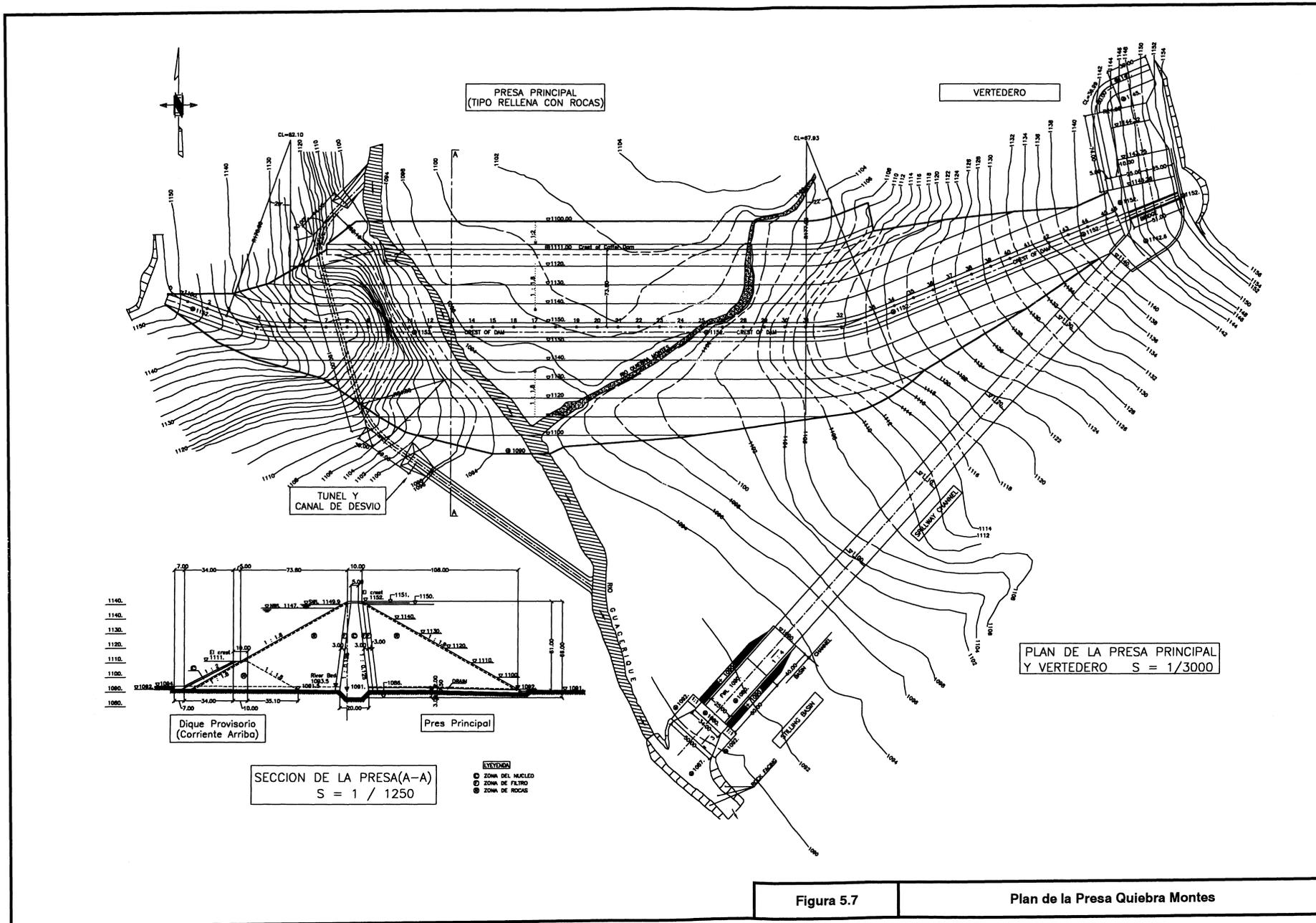
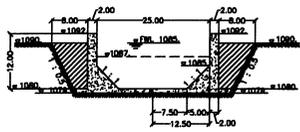
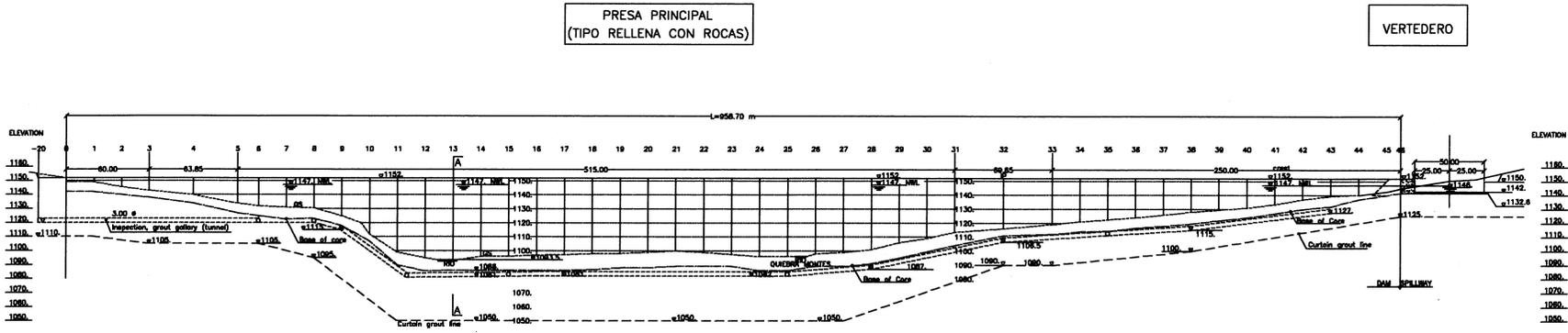


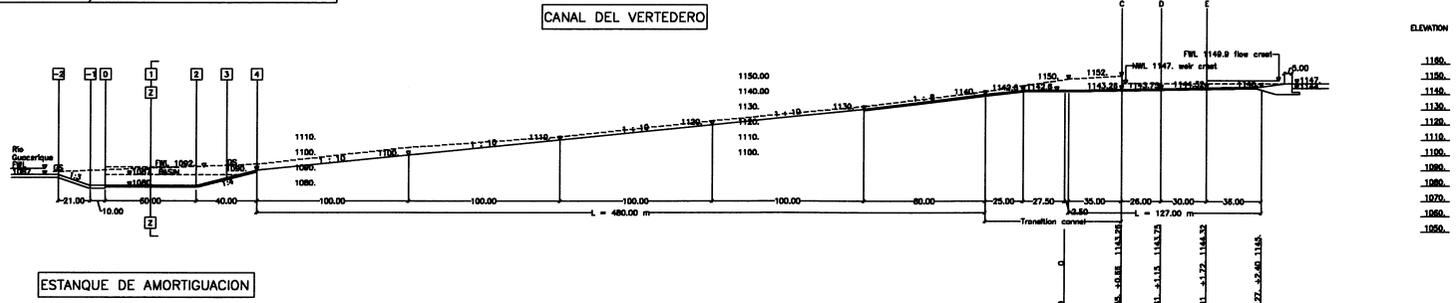
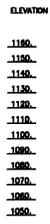
Figura 5.7

Plan de la Presa Quebra Montes



**PERFIL DE LA PRESA  
(TIPO RELLENA CON ROCAS) S = 1/3000**

**SECCION DEL ESTANQUE DE AMORTIGUACION (Z-Z)  
S = 1/1000**



**ESTANQUE DE AMORTIGUACION**

**PERFIL DEL CANAL DEL VERTEDERO  
S = 1/3000**

**Figura 5.8**

**Perfil de la Presa Quebra Montes**

### ALMACENAJE Y AREA DEL EMBALSE QUIEBRA MONTES

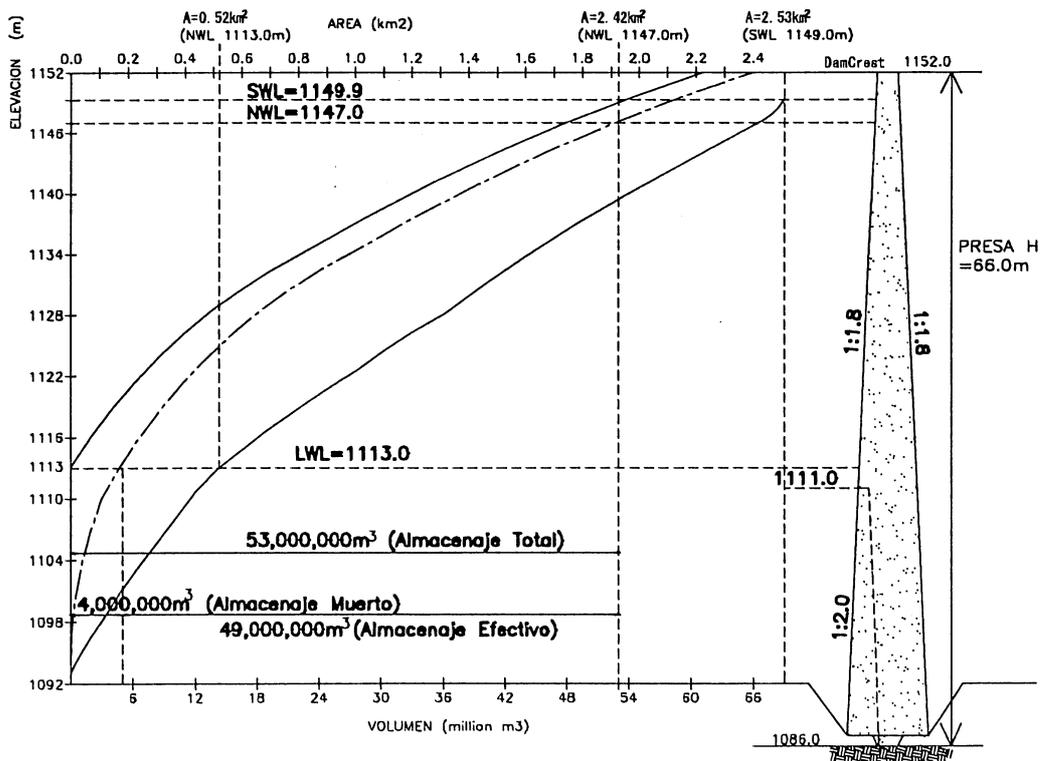


Figura 5.9

Relación Nivel del Agua - Volumen del Depósito Quebra Montes

### 5.3.5 TRATAMIENTO DE AGUA

#### (1) Proceso de Tratamiento

En el proceso de tratamiento de la PTA Quebra Montes, se emplea un proceso similar al de la PTA Los Laureles existente, puesto que las fuentes de agua de ambas plantas de tratamiento son el mismo río. Tomando en consideración las condiciones del sitio que requieren una cantidad bastante considerable de labores de preparación del terreno, debido a la empinada pendiente, se adopta la sedimentación por asentamiento con placas para reducir el área requerida lo más posible. Se planea que el lodo, producto del proceso de sedimentación y del lavado del filtro por contracorriente, se espee con coagulante y se seque en un lecho de secado para su eliminación final. El flujo del proceso adoptado se muestra en la *Figura 5.10*.

#### (2) Bases de Planificación

La capacidad de diseño adoptada de la PTA Quebra Montes es de 108.000 m<sup>3</sup>/día (1.250 l/seg), la cual incluye la pérdida de producción.

En las *Tablas 5.9* y *5.10* se presentan los criterios de diseño de las instalaciones principales y la calidad de agua de diseño de la PTA Quebra Montes.

**Tabla 5.9 Criterios de Diseño Adoptados para Instalaciones Principales**

Instalaciones	Descripción	Criterio
Aireación	Aireación en cascada de varias etapas	- Tiempo de contacto: 4 - 5 segundos - Altura de caída: 3 - 4 m
Coagulación	Mezclado rápido de flujo de agua, y floculación por canal horizontal con desviación	- Tiempo de retención: 20 - 40 min - Coagulantes: sulfato de aluminio con polímero
Sedimentación	Bandeja de sedimentación rectangular por asentamiento con placas	- Superficie de carga: 0,25 - 0,55 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día - Flujo medio: 0,6 m/min o menos
Filtración	Filtración rápida en arena con lavado en contracorriente	- Tasa de filtración: 120 - 150 m/día - Tamaño medio: 0,6 - 0,7 mm - Espesor medio: 0,6 - 0,7 m
Control del pH	Dosificación de cal con control automático	
Desinfección	Dosificación de cloro líquido	- Cloro residual en la salida de agua clara del tanque: 0,2 - 0,3 mg/l (como Cl <sub>2</sub> )
Almacenamiento de agua clara	Tanque totalmente o semi subterráneo	- Tiempo de retención: 1 hora o más

**Tabla 5.10 Calidad de Diseño del Agua**

Parámetros	unidad	Calidad del agua tratada de diseño	Calidad del agua cruda de diseño
Coliformes Totales	N/100mL	0	1.700
Coliformes Fecales	N/100mL	0	1.700
Color Verdadero	Unidad Pt-co	15	130
Turbiedad	NTU	5	50
pH	-	6,5~8,5	6,8

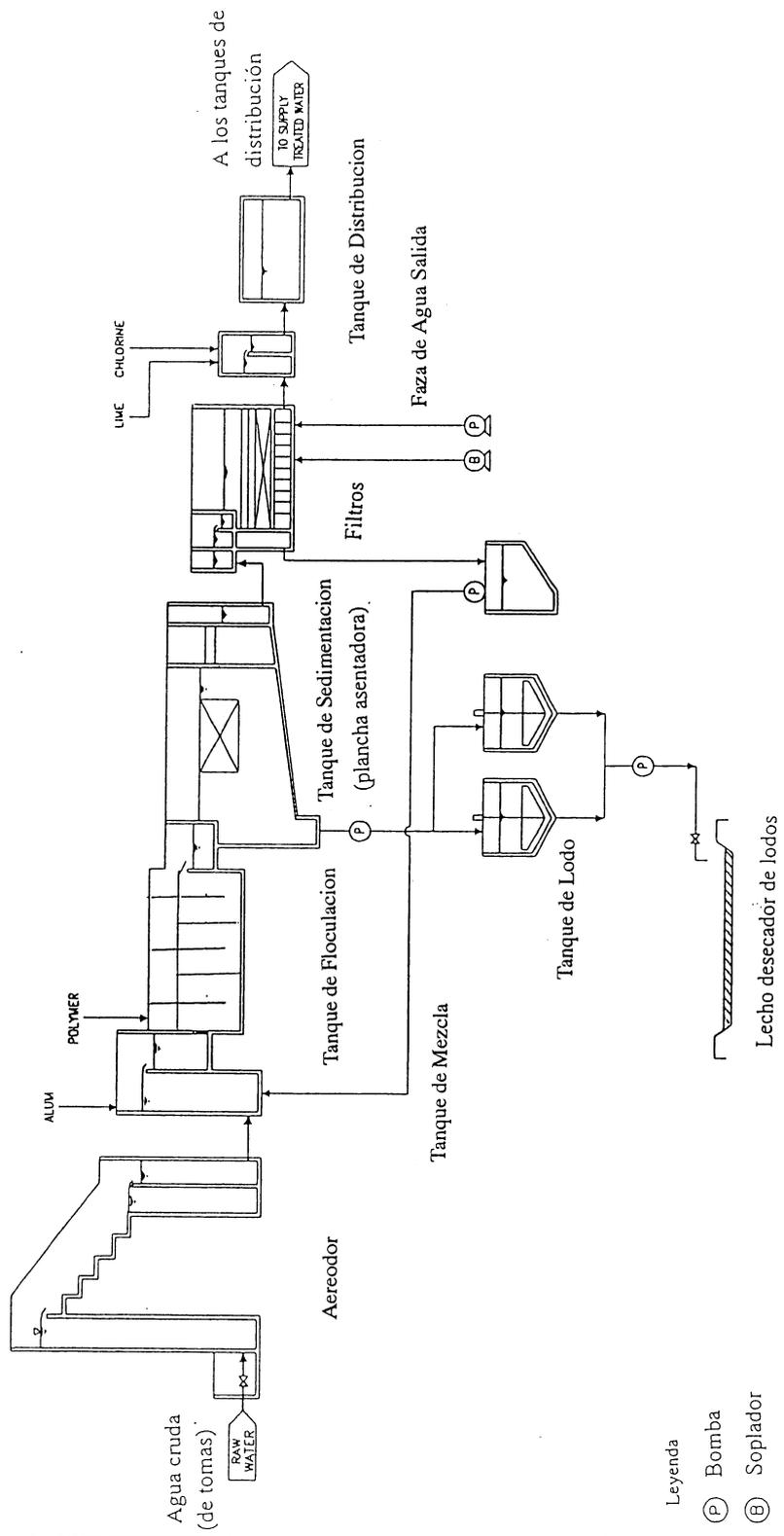


Figura 5.10

Hoja de Flujo del Proceso de la PTA Quebra Montes

### (3) Instalaciones Propuestas

En las Figuras 5.11 y 5.12 se presentan la disposición y el perfil hidráulico de la PTA Quebra Montes. En la Tabla 5.11, se muestran las especificaciones de las principales instalaciones propuestas.

**Tabla 5.11 Especificaciones de las Principales Instalaciones de la PTA Quebra Montes**

Instalación	Dimensión/Capacidad	Observaciones
Aireación en cascada	4,0mAn. x 16,0mL x 1	Varias etapas
Canales de coagulación	8,0mAn. x 43,0mL x 1,5mAl. x 8	Canales con placas de desvío
Fosas de sedimentación	8,0mAn. x 36,0mL x 4,0mAl. x 8	Asentamiento con plancha
Fosas de filtración	10,7mAn. x 8,2mL x 3,8mAl. x 12	Filtro de arena rápido
Tanques de agua limpia	30,0mAn. x 40,0mL x 3,6mAl. x 2	Rectangular
Espesado de lodo	8mAn. x 43mL x 1,5mAl. x 2	Espesador circular
Secado de lodo	16,2 m x 5,5mAl. x 12	Cama de secado natural
Dosificación de aluminio	0,6 m <sup>3</sup> /min x 1	Solución, bomba
Dosificación de polímero	4 - 20 lit/min x 1	Solución, bomba
Dosificación de cal	0,6 m <sup>3</sup> /min x 1	Solución, bomba
Desinfección	40 kg/hr x 1	Cloro líquido

### 5.3.6 INSTALACIONES PARA LA OPERACIÓN EN CONJUNTO CON LA PTA LOS LAURELES

#### (1) Criterio de diseño

Las bases de planificación son las siguientes.

Línea de desvío desde la PTA Quebra Montes a la PTA Los Laureles: 225 l/seg

Expansión del tanque de agua clara de la PTA Los Laureles: 900 m<sup>3</sup>

El criterio de planificación adoptado es como sigue.

Material de la tubería de la línea de desvío: Hierro fundido dúctil con capa anticorrosiva

Cubierta de tierra de la tubería: Más de 1,2 m

Tiempo de retención del tanque de agua clara: 1 hora

#### (2) Plan de la instalación de la línea de desvío

La PTA Quebra Montes y el tanque de agua clara Los Laureles están conectados por la línea de transmisión e interconexión entre los subsistemas Concepción y Quebra Montes explicada en el plan de instalaciones de transmisión y la línea existente de interconexión entre los subsistemas Concepción y los Laureles. Está confirmado que ambas líneas de interconexión cumplen con el criterio de diseño de la línea de desvío.

#### (3) Plan de instalación de tanque adicional de agua clara de la PTA Los Laureles.

Para aumentar la capacidad de almacenamiento de agua clara de la PTA Los Laureles, se construirá un tanque adicional de 900m<sup>3</sup>. El nuevo tanque de agua clara será conectado al existente con una tubería de conexión equipada con una válvula. Las especificaciones del tanque de agua clara adicional de la PTA Los Laureles son.

Dimensiones: 16m ancho × 16m largo × 4m altura

Material: Concreto reforzado

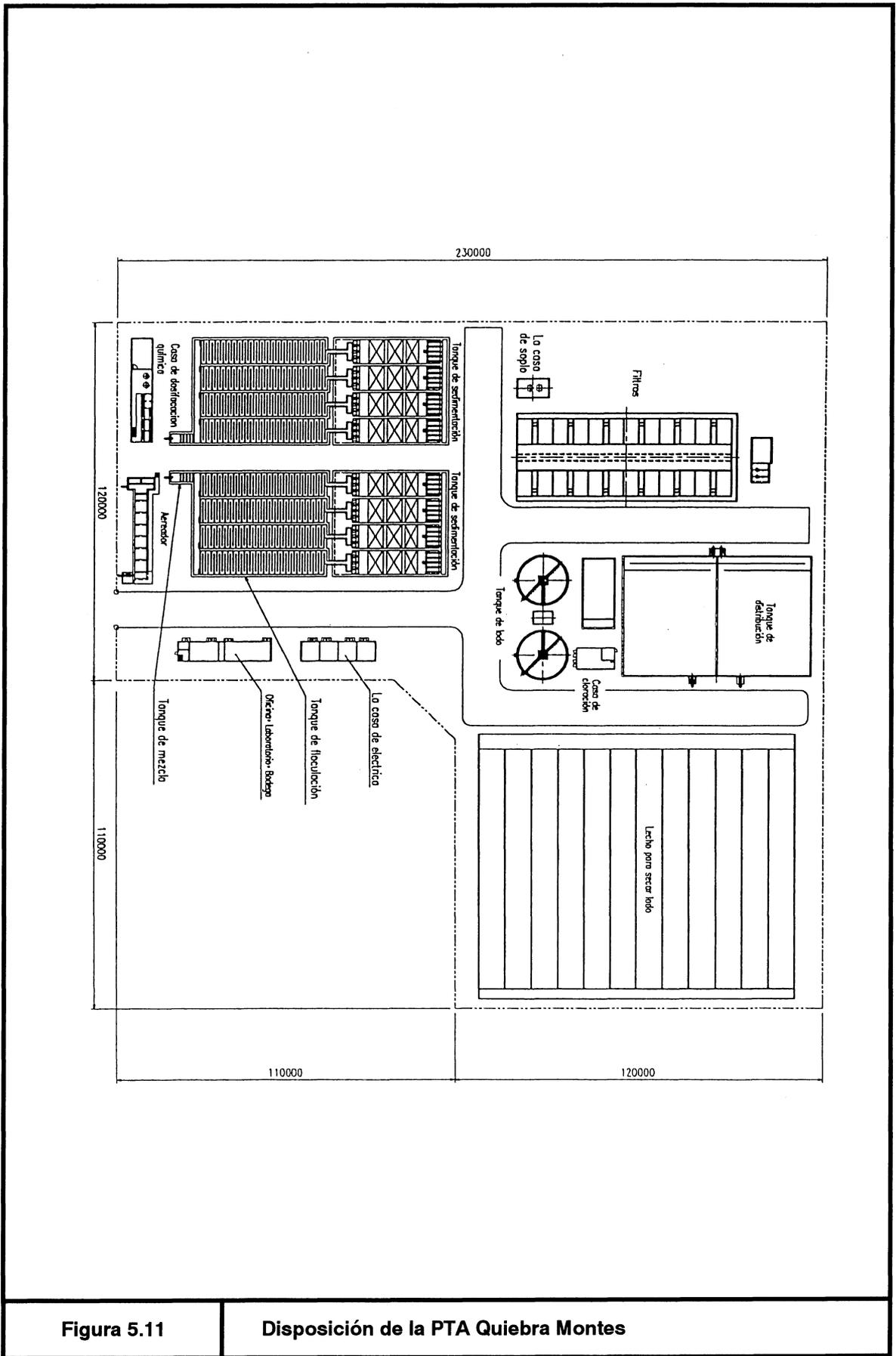


Figura 5.11

Disposición de la PTA Quebra Montes

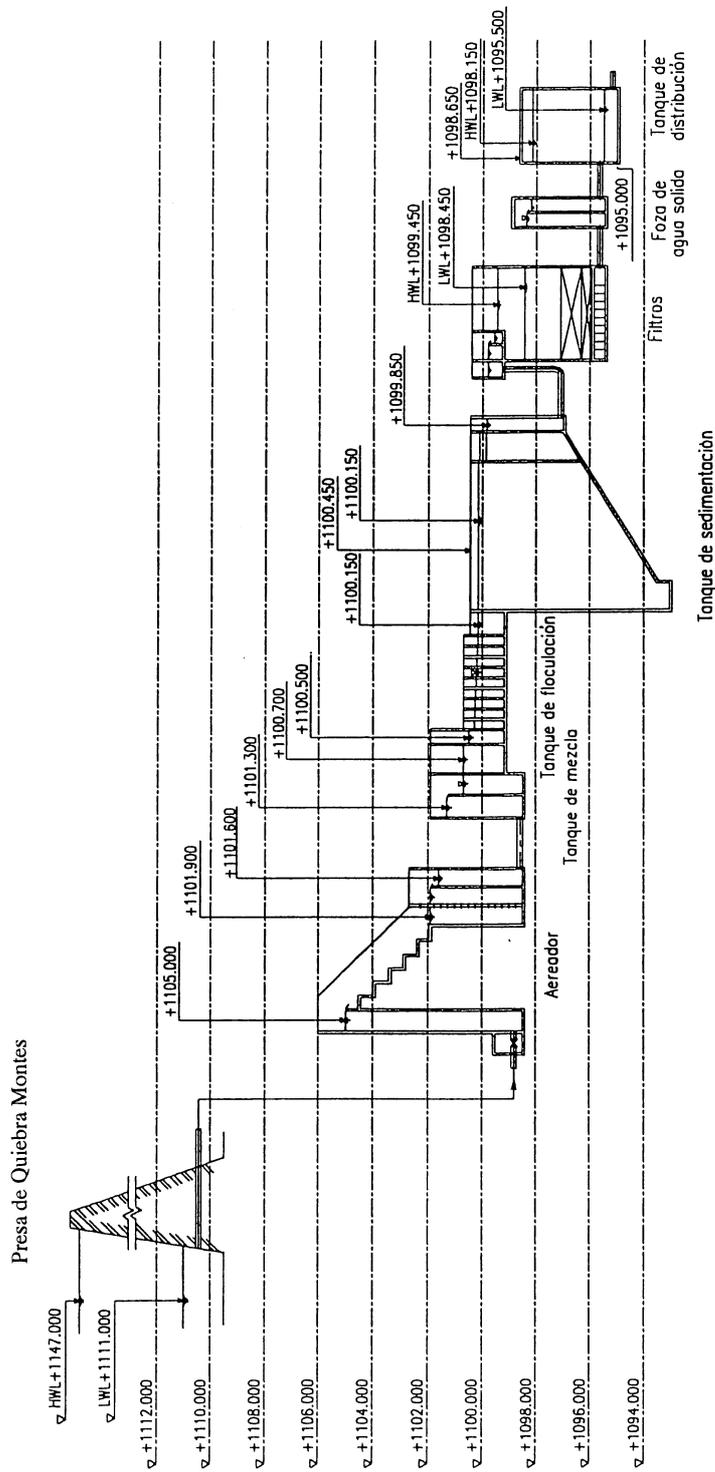


Figura 5.12

Perfil Hidráulico de la PTA Quebra Montes

### 5.3.7 TRANSMISIÓN

#### (1) Reorganización del Sistema de Transmisión

El sistema de transmisión distribuye el agua de cinco (5) plantas de tratamiento de agua a los tanques de distribución, los cuales actúan como centro de distribución de un área de distribución, y consistentes en las tuberías de transmisión y estación de bombeo.

Como se va a explicar posteriormente, se reorganizaron las áreas de distribución, con el fin de elaborar un plan de distribución para satisfacer la demanda en el 2015. La reorganización del sistema de transmisión se llevó a cabo asignando nuevos tanques de distribución a las plantas de tratamiento de agua existentes. Para la planificación del sistema de transmisión, constituyeron factores importantes el sistema de transmisión existente y la relación entre las elevaciones de la planta de tratamiento y de los tanques de distribución.

Tomando en consideración dichos factores, se planeó que el nuevo sistema de transmisión reemplazara las fuentes de agua existentes de algunos tanques de distribución, con el agua de la PTA Quiebra Montes.

La Tabla 5.12 muestra el resultado de la reorganización del sistema de transmisión en conjunto con el sistema existente. La disposición general del sistema de transmisión se muestra en la Figura 5.13.

**Tabla 5.12 Resultado de la Reorganización de los Tanques de Distribución**

Embalses de Distribución	ALTURA	Fuentes de Agua (Nombre de la Planta de Tratamiento de Agua)								Altura de la PTA
		Presente			2015					
		PICACHO	LOS LAURELES	CONCEPCION	PICACHO	LOS LAURELES	CONCEPCION	QUIEBRA MONTES		
PICACHO	1296.70	●			●				●	PTA Picacho
MOGOTE	1254.25		●			○			●	
ULLOA	1240.00								●	
CERRO GRANDE 2	1240.00				○				●	
VILLAFRANCA	1220.00								●	
CERRO GRANDE 1	1215.40		●	○	○				●	
LA TRAVESIA	1198.06	●		○	●		○		●	
SAN FRANCISCO	1147.00								●	
LAS UVAS	1130.00							●	●	
C.A. OESTE	1126.50		●			○		○	●	
OLIMPO 2	1121.00	○	●	○	○			○	●	
COVESPUL	1117.85		●					○	●	
HATO 2	1110.00			○				○	●	
LA SOSA	1110.00	●		○	●			○	●	
SUYAPITA	1110.00			○				○	●	
C.A. ESTE	1105.30		●	○		○		○	●	
OLIMPO 1	1103.00	○	●	○	○			○	●	
CONCEPCION	1099.00	○		●				○	●	
UNIVERSIDAD NORTE	1093.00			●				○	PTAs Concepción/ Quiebra Montes	
NUEVA CIUDAD	1087.00			●				○		
LAS HADAS	1085.00		●	●				○		
LOMAS 2 ETAPA	1084.00			●				○		
LOMAS DEL TONCONTIN	1078.37			●				○		
CANAL 11	1070.20		●	●				○		
CASCADA	1070.00			●				○		
HONDURAS	1069.43			○				○		
LINDERO	1068.75	●		○	●			○		
KENNEDY 3	1068.00			●				○		
LOS PINOS P.S.	1065.00			●				○		
LA INDEPENDENCIA	1065.00							○		
LA Canada	1060.00							○		
LOS ROBLES	1055.55			●				○		
LOARQUE	1053.45			●				○		
HATO 1	1050.70			●				○		
LA FUENTE	1049.45		●				○	○		
VILLA NUEVA	1045.00			●				○		
JUAN A. LAINEZ	1044.90		○	●		●	○	○		
ESTIQUIRIN	1043.85		●	●		●	○	○		
CALPULES	1042.25			●				○		
14 DE MARZO	1042.00			●				○		
NUEVA SUYAPA P.S.	1039.50			●				○		
CENTRO LOMAS 1	1033.70		○	●		●	○	○		
MIRAFLORES	1024.50			●				○		
MONTERREY	1024.10			●				○		
LOS LAURELES	1015.20		●			●		○		
LA LEONA	1006.65	○		●	○	○	○	○		
LA LEONA	1006.05	○		●	○	○	○	○		
LOS FILTROS	1003.45		●	○		○	○	○		
SAN FRANCISCO P.S.	990.00		●					○		
JUAN A LAINEZ QUESADA	885.00							○		

● Suministro principal ○ Suministro complementario ○ Opción de suministro



Figura 5.13

Mapa General del Sistema de Transmisión Propuesto en el 2015

Además de la reorganización de la asignación de distribución arriba mencionada, se conectan los subsistemas de Concepción y Quiebra Montes con una línea de interconexión, para aumentar la confiabilidad del sistema.

**(2) Análisis de la Red**

En la planificación de instalaciones se empleó el análisis de redes de EPANET para determinar las dimensiones de las tuberías y la capacidad de las estaciones de bombeo. Este análisis fue efectuado para cada sistema de transmisión, es decir para los sistemas de Quiebra Montes, Los Laureles, Concepción y Picacho. En las *Tablas de 5.13 a 5.16* se presentan los tanques de distribución asignados a cada uno de los subsistema, su tasas de flujo, modo de suministro y tasa de flujo de bombeo.

**Tabla 5.13 Condiciones Operativas para el Análisis de la Red (Subsistema de Quiebra Montes)**

Tanque de distribución	Demanda diaria máxima (l/seg)	Flujo distribuido (l/seg)	Modo de suministro	Flujo de bombeo (l/seg)	Opciones de suministro
Mogote	56,22	56,22	Bombeo	67	
Nuevo San Francisco	109,86	109,86	Bombeo	131	
Estiquirin	364,18	364,18	Gravedad		LL, C
La Fuente	8,62	8,62	Gravedad		
Centro A. Este	15,44	15,44	Bombeo	47	LL, C
Centro A. Oeste	43,09	43,09	Bombeo	47	LL, C
Independencia	190,45	190,45	Gravedad		
Ulloa	99,33	99,33	Bombeo	119	
Villafranca	28,81	28,81	Bombeo	35	
Olimpo I	87,16	87,16	Bombeo	305	P, C, LL
Olimpo II	67,82	67,82	Bombeo	100	P, C, LL
Cerro Grande	88,47	88,47	Bombeo	106	P, C, LL
TOTAL:	1.159,45	1.159,45			

LL: PTA Los Laureles, P: PTA Picacho, C: PTA Concepción

**Tabla 5.14 Condiciones Operativas para el Análisis de la Red (Subsistema de Los Laureles)**

Tanque de distribución	Demanda diaria máxima (l/seg)	Flujo distribuido (l/seg)	Modo de suministro	Flujo de bombeo (l/seg)	Suministro complementario
Filtros	282,22	282,22	Gravedad		
Filtros Cisternas	30,00	30,00	Gravedad		
Juan A Lainez Quesada	32,24	32,24	Gravedad		
Los Laureles	4,81	4,81	Gravedad		
Juan A Lainez	174,14	94,00	Bombeo	94	Concepción
Centro Loma	72,05	72,05	Bombeo	86	
Canal 11	111,00	84,68	Bombeo	88	Concepción
Los Laureles Cisternas	30,00	30,00	Gravedad		
TOTAL:	736,46	630,00			

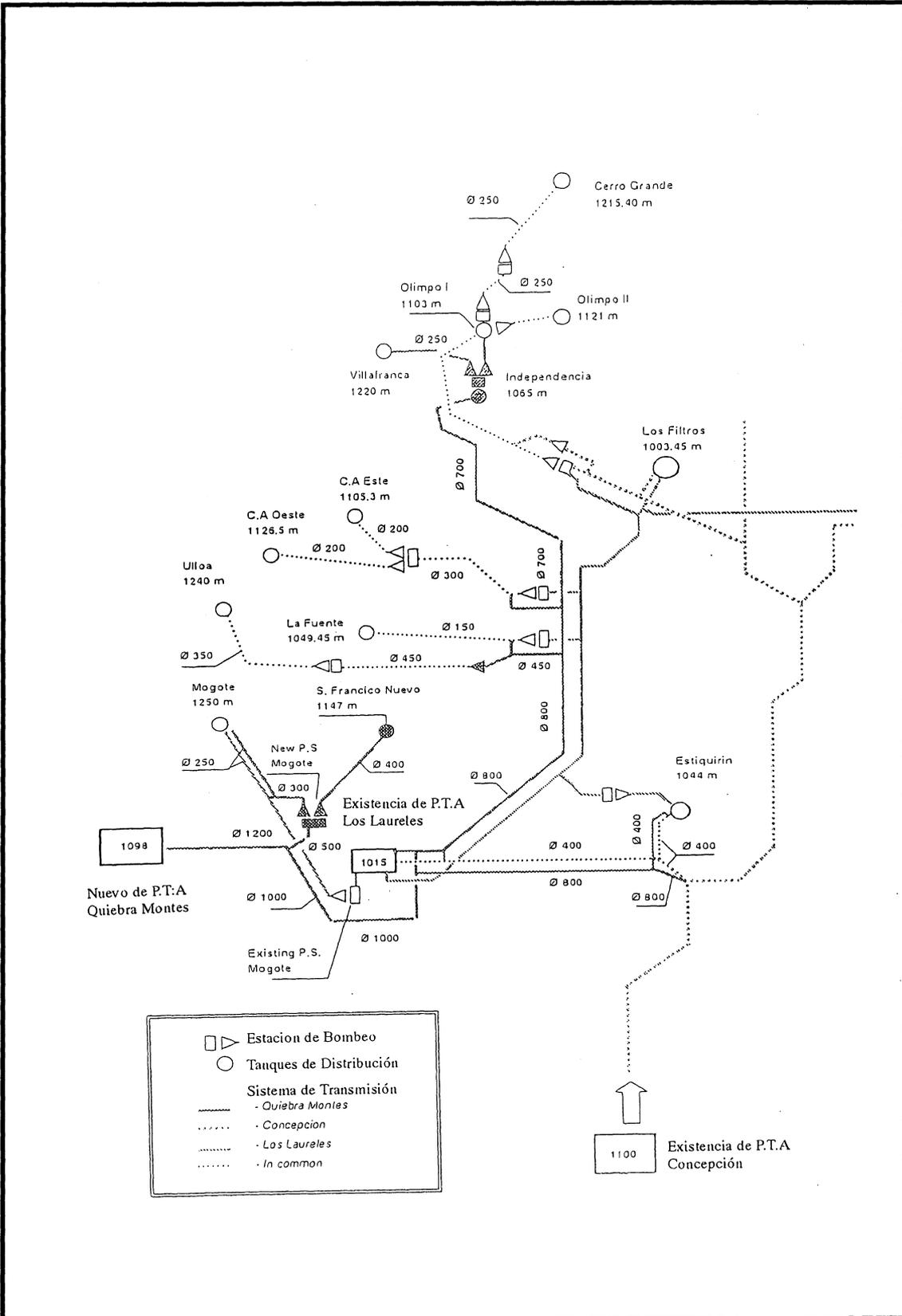
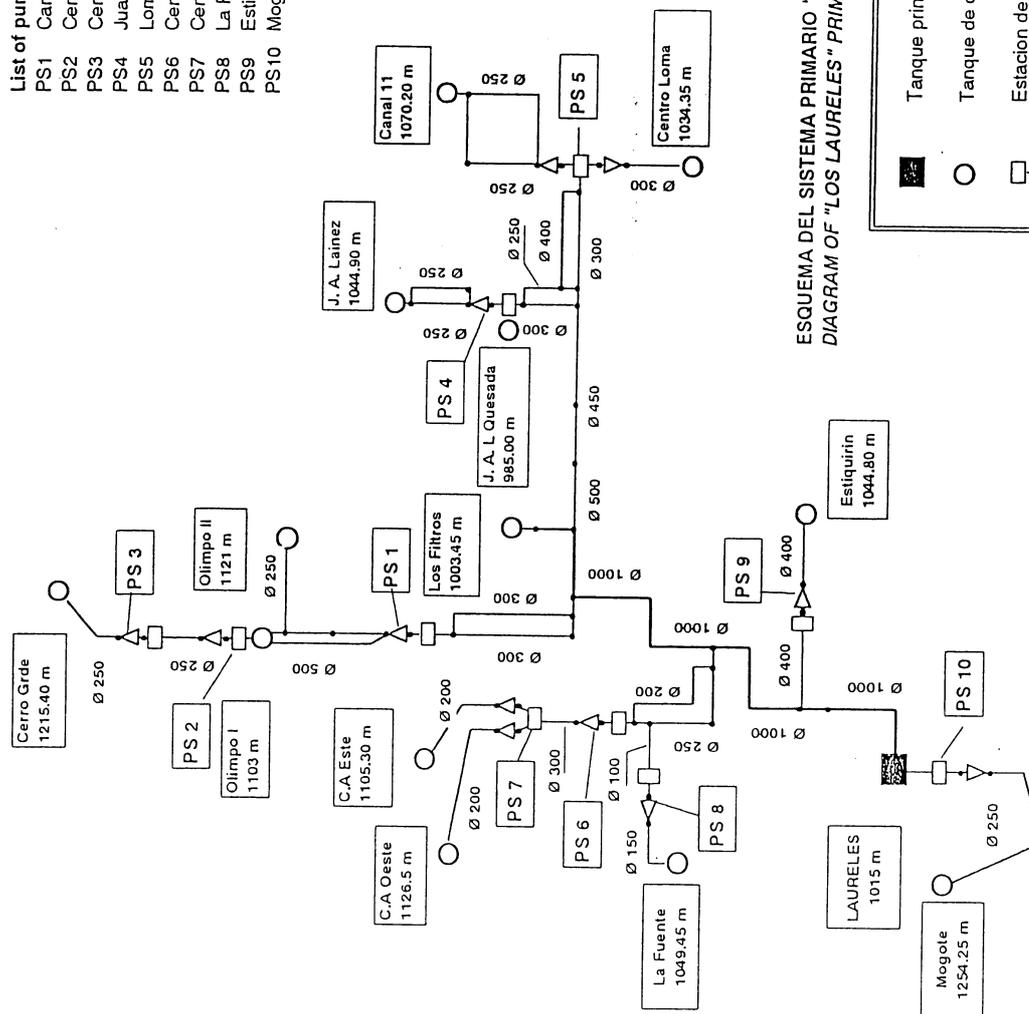


Figura 5.14

Diagrama del Sistema de Transmision de Quebra Montes en el 2015

- List of pumping stations
- PS1 Canteras
  - PS2 Cerro Grande 1
  - PS3 Cerro Grande 2
  - PS4 Juan A Lainez
  - PS5 Loma Linda
  - PS6 Centro America 1
  - PS7 Centro America 2
  - PS8 La Fuente
  - PS9 Estiquirin
  - PS10 Mogote



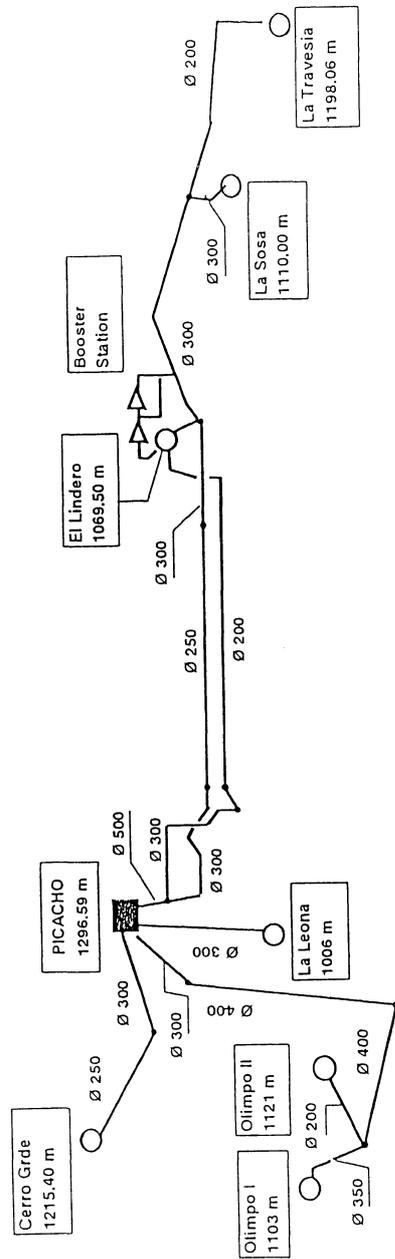
ESQUEMA DEL SISTEMA PRIMARIO "LOS LAURELES" - AÑO 2015  
 DIAGRAM OF "LOS LAURELES" PRIMARY SYSTEM - YEAR 2015

	Tanque principal (main reservoir)
	Tanque de distribución (Distribution Reservoir)
	Estación de Bombeo (Pumping Station)
	Díametro en mm (diameter in mm)

Figura 5.15

Diagrama del Sistema de Transmisión de Los Laureles en el 2015





ESQUEMA DEL SISTEMA PRIMARIO "PICACHO" - AÑO 2015  
 DIAGRAM OF "PICACHO" PRIMARY SYSTEM - YEAR 2015

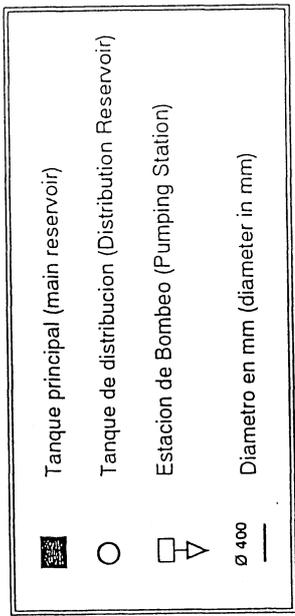


Figura 5.17

Diagrama del Sistema de Transmisión de Picacho en el 2015

**Tabla 5.15 Condiciones Operativas para el Análisis de la Red (Subsistema de Concepción)**

Tanque de distribución	Demanda diaria máxima (l/seg)	Flujo distribuido (l/seg)	Modo de suministro	Flujo de bombeo (l/seg)	Suministro complementario
Kennedy	187,24	187,24	Gravedad		
Hato 1	27,39	27,39	Gravedad		
Hato 2	23,89	23,89	Bombeo		
Honduras	25,80	25,80	Gravedad		
Monterrey	12,28	12,28	Gravedad		
Loarque	66,83	66,83	Gravedad		
Robles	15,77	15,77	Gravedad		
14 de Marzo	79,74	79,74	Gravedad		
Covespul	2,19	2,19	Gravedad		
Los Pinos	21,96	21,96	Bombeo	26	
Suyapita	64,38	64,38	Bombeo	112	
Nueva Suyapa	60,94	60,94	Bombeo	66	
Lomas del Toncontin	28,62	28,62	Gravedad		
La Cascada	8,55	8,55	Gravedad		
Las Uvas	21,25	21,25	Bombeo	27,5	
Las Hadas	15,39	15,39	Bombeo	19	
La Cañada	47,51	47,51	Gravedad		
Miraflores	92,73	42,73	Gravedad		PTA Miraflores
Lomas 2da etapa	21,88	21,88	Bombeo	47	
Universidad Norte	7,89	7,89	Bombeo	47	
Nueva Ciudad	3,46	3,46	Bombeo	4	
Villa Nueva	100,45	100,45	Bombeo	110	
La Leona	219,18	219,18	Gravedad		
Suyapita Cisternas	20	20	Gravedad		
Villa Nueva Cisternas	24,91	24,91	Gravedad		
Canal 11	111,00	111,00	Gravedad		PTA Los Laureles
Juan A. Lainez	174,14	148,77	Gravedad		PTA Los Laureles
TOTAL	1485,37	1.410,00			

**Tabla 5.16 Condiciones Operativas para el Análisis de la Red (Subsistema de Picacho)**

Tanque de distribución	Promedio diario en 2015		Máximo diario en 2015	
	Por tanque	Acumulado	Por tanque	Acumulado
Picacho	202,96	202,96	233,42	233,42
Travesía	38,50	241,46	44,27	277,69
Sosa	73,35	314,81	84,35	362,04
Lindero	54,56	369,37	62,74	424,78
Cerro Grande 1	48,67	418,04	55,97	480,75
Cerro Grande 2	28,26	446,30	32,50	513,25
Olimpo 2	58,97	505,27	67,82	581,07
Olimpo 1	75,79	581,06	87,16	668,23

(Unidad: l/seg)

Los diagramas de flujo de cada sistema de transmisión se muestran en las Figuras 5.14 a 5.17.

El total de flujo suministrado a los tanques de distribución asignados a la PTA Picacho excede su capacidad productiva. Esto se debe a que el rendimiento de las fuentes de agua restringe la capacidad de producción de la PTA Picacho y, por eso, la planta de tratamiento puede producir más agua siempre y cuando sea suficiente el rendimiento de sus fuentes de agua, lo que puede

ocurrir en años sin sequía. Por lo tanto, se aplican en este análisis aquellas condiciones en que la PTA Picacho produce la mayor cantidad posible para reducir el costo de operación.

### (3) Plan de la Instalación

Aplicando las condiciones operativas arriba mencionadas, así como los criterios de diseño presentados en la *Tabla 5.17*, se efectuó el análisis de la red para determinar las instalaciones requeridas.

**Tabla 5.17 Criterios de Diseño para el Análisis de la Red de Transmisión**

<b>1. Tubería de transmisión</b>	
Velocidad del agua	3 m/seg o menos
Espesor de la cubierta de tierra de la tubería	1,2 m o más
Material de la tubería (de la PTA a la red)	Tubo de hierro dúctil fundido con prevención de corrosión
Material de la tubería (red)	Tubo de hierro dúctil fundido con prevención de corrosión
Coefficiente de rugosidad	120 para los subsistemas de Los Laureles y Picacho 110 para los subsistemas de Quebra Montes y Concepción
<b>2. Estación de bombeo</b>	
Tipo de bomba	Tipo centrífugo horizontal o vertical
Bomba de reserva	1 juego
Tiempo de retención del foso de succión	20 minutos
Accesorios	Generador

En la *Tabla 5.18* se resume el plan de instalación de tuberías que se requiere para la reorganización del sistema de transmisión, basándose en los resultados del análisis de la red. En la *Tabla 5.19* se muestran las estaciones de bombeo nuevas y adicionales, requeridas para la reorganización.

**Tabla 5.18 Plan de Instalación para la Reorganización de las Líneas de Transmisión**

Sistema	Diámetro mm	Largo m	Observaciones
<b>Sistema Quebra Montes</b>			
<b>Líneas principales de transmisión</b>			
Del tanque de agua tratada de Quebra Montes hacia la estación de bombeo de Mogote.	1.200	7.500	
Desde la desviación hacia la estación de bombeo de Mogote, hasta el tanque existente de Los Laureles.	1.000	1.500	
Desde el tanque existente de Los Laureles, hasta la desviación hacia la estación de bombeo de Centro América 1.	800	2.550	Incluida la línea de transmisión de desvío desde la PTA Quebra Montes al tanque de agua clara Los Laureles
Desde la desviación hacia la estación de bombeo de Centro América 1, hasta el tanque de Independencia.	700	2.160	
<b>Desviaciones</b>			
Línea de conducción a la nueva estación de bombeo de Mogote	500	360	
Línea de bombeo desde la planta de bombeo de Nueva Mogote hasta los tanques de Mogote.	300 250	130 530	
Línea de impulsión de la estación de bombeo Nueva Mogote al tanque San Francisco	400	1,450	
Línea de conexión al presurizador de La SOLEDAD	450	30	
Conexión a la línea de impulsión de La Fuente	150	50	
Línea de bombeo al tanque de Villafranca	250	1,290	
Línea de bombeo al tanque de Olimpo 1	500	140	
<b>Interconexión entre los sistemas de Concepción y Quebra Montes</b>			
Línea principal	800	1.740	
Desviación a los tanques de Estiquirín	400	300	Para reforzar la línea existente de 400 mm
<b>Sistema de Concepción</b>			
Reforzamiento de la desviación al tanque de Centro Loma	200	350	Para reforzar la línea existente de 200 mm
Reforzamiento de la desviación al tanque de Juan A Lainez	300	620	Para reforzar la línea existente de 250 mm
Nueva desviación al tanque de Nueva Ciudad	100	1.550	
Reforzamiento de la desviación a la estación de bombeo de Villa Nueva	300	600	Para reforzar la línea existente de 200 mm
<b>Sistema de Los Laureles</b>			
Reforzamiento de la línea de impulsión al tanque de Centro Loma	300	350	Para sustituir la línea existente de 200 mm
Remodelación de las tuberías de entrada y salida de la estación de bombeo de Juan A Lainez, para conectarla al nuevo tanque de Juan A Lainez Quesada	400 300	50 50	
	<b>Total:</b>	<b>23.300</b>	

**Tabla 5.19 Plan de Instalación para la Reorganización de Estaciones de Bombeo de Transmisión**

Nombre de Estación de Bombeo	Elevación	No. de Bombas		Descarga total (l/seg)	Altura Total (m)	Potencia (HP)	Foso de succión (m <sup>3</sup> )	Suministro	Observaciones
		En Operación	Reserva						
MOGOTE - al tanque Mogote. - a S. Francisco	1.091	2 2	1 1	67 131	170 70	120 100	320	Q.M Q.M	Estación de Bombeo Nueva
Presurizador SOLEDAD		1	1	119	15	40	0	Q.M	Estación de Bombeo Nueva
Independencia - a Olimpo I - a Villafranca	1.065 1.065	2 1	1 1	305 35	50 165	145 100	2,750	Q.M Q.M	Estación de Bombeo Nueva
Presurizador Las Hadas	1.065	1	1	19	25	15	0	C	Estación de Bombeo Nueva
Presurizador Nueva Ciudad	1.065	1	1	4	20	3	0	C	Estación de Bombeo Nueva
Estiquirin	1.000	2	1	258	57	145	310	LL	Nuevas bombas instaladas en la estación existente
Loma Linda - a Centro Loma	988,1	2	1	86	51	100	90	LL	Nuevas bombas instaladas en la estación existente

### 5.3.8 DISTRIBUCIÓN

#### (1) Reorganización de Áreas de Distribución

En base a la cantidad de agua requerida por cada vecindario en 2015, se llevó a cabo la reorganización de las áreas de distribución existentes de la siguiente manera.

Calcular la cantidad de agua requerida en 2015 en las áreas de distribución actuales de cada tanque de distribución.

Evaluar la capacidad de los tanques de distribución contra la cantidad de agua requerida estimada para 2015.

Expandir o reducir la cantidad de agua requerida estimada, adicionando o sustrayendo vecindarios entre las áreas de distribución colindantes, para ajustar, dentro de lo posible, la cantidad de agua estimada a la capacidad de los tanques de distribución existentes.

Además, ajustar el área de distribución para reducir la diferencia de altura dentro de cada una de las áreas de distribución.

Calcular la capacidad requerida para incrementar los tanques de distribución existentes.

Construir en principio tanque de distribución adicional para satisfacer la capacidad requerida, siempre y cuando no haya restricción en el sitio.

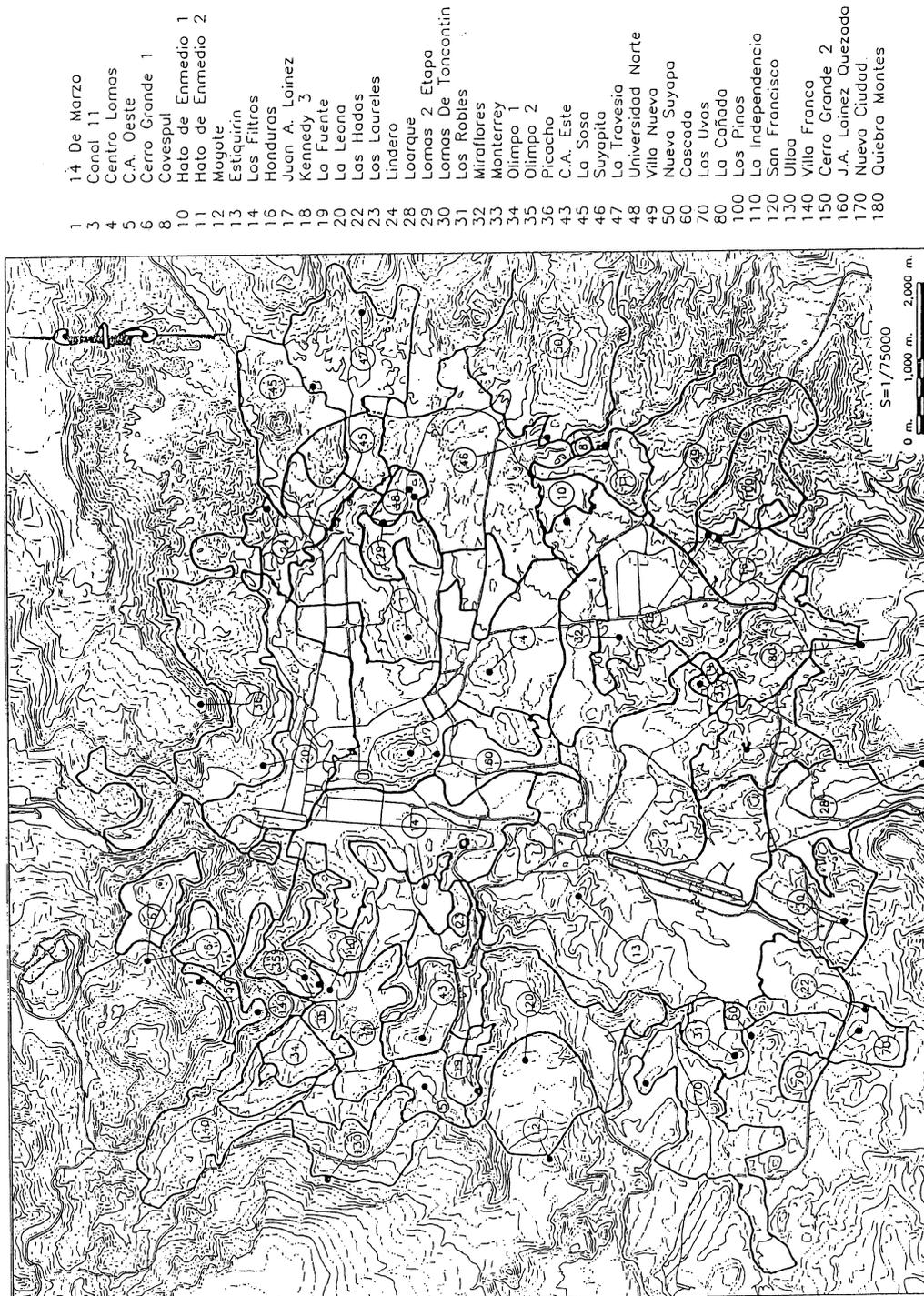
Construir nuevos tanques de distribución, en el caso de que el sitio existente no cuente con espacio para uno adicional, y que existan razones particulares, como condiciones topográficas, para dividir las áreas de distribución existentes.

Construir nuevos tanques de distribución para vecindarios que se construyan para el 2015.

Los resultados de la reorganización se muestran en la *Tabla 5.20*, y las áreas de distribución que se proponen, en la *Figura 5.18*.

Tabla 5.20 Resumen del Sistema de Distribución Propuesto

Nombre del Embalse de Distribución	2000			2015			Acción propuesta		Observaciones
	No. de vecindarios	Población	Demanda de agua (m <sup>3</sup> /día)	No. de vecindarios	Población	Demanda de agua (m <sup>3</sup> /día)	Embalse requerido	Volumen (m <sup>3</sup> )	
14 de Marzo	4	19,038	3,362	11	33,362	5,991			
Calpules	3	4,356	970	-	-	-			
Canal 11	23	15,701	10,921	23	18,708	8,340	Adicional	1330	Incorporado a otra área de distribución
Centro Lomas	11	10,756	4,276	13	13,812	5,413			
Centro America Oeste	1	12,291	2,805	2	15,026	3,237			
Cerro Grande 1	4	15,177	3,602	4	18,687	4,205			
Concepción	16	38,569	6,773	-	-	-			Incorporado a otra área de distribución
Covespul	1	530	145	1	635	165			
Hato 1	3	2,209	1,437	1	8,987	2,058			
Hato 2	2	3,318	1,124	1	8,475	1,795			
Mogote	12	25,911	4,893	10	22,082	4,224			
Estiquirín	104	120,557	27,733	94	139,200	27,361			
Filtros 1/2	34	41,686	14,605	34	59,074	21,204			
Honduras	1	3,980	891	5	9,711	1,938			
Juan A. Lainez	24	13,488	6,193	17	21,761	13,083	Adicional	3200	
Kennedy 3	25	22,366	11,585	17	58,815	14,067			
La Fuente	2	2,371	569	2	2,845	647			
La Leona	47	33,489	18,450	34	32,342	16,467	Adicional	1477	
Las Hadas	2	1,193	411	5	3,906	1,156			
Los Laureles	5	18,491	3,892	4	2,340	361			
Lindero	22	20,864	5,143	13	21,106	4,714			
Loarque	16	14,424	3,748	15	19,439	5,021			
Lomas 2da etapa	7	4,955	1,239	6	7,620	1,644			
Lomas Toncontin	5	5,084	1,205	6	9,903	2,150	Additional	200	
Los Robles	2	4,316	1,157	1	4,680	1,185			
Miraflores	17	34,794	9,377	10	26,067	6,967			
Monterrey	1	5,301	809	1	6,361	923			
Olimpo 1	23	55,807	10,035	13	34,925	6,548	Adicional	600	
Olimpo 2	19	36,574	6,084	20	33,918	5,095			
Picacho	59	74,658	14,648	50	90,273	17,537			
Res. Centro A. Este	8	5,546	1,230	7	4,953	1,160			
San Francisco	5	14,224	2,246	-	-	-			Incorporado a otra área de distribución
Sosa	16	39,805	7,432	10	35,429	6,337	Adicional	2300	
Suyapita	6	7,529	1,788	17	19,410	4,837			
Travesía	5	14,328	2,222	6	22,658	3,326			
Universidad Norte	9	6,937	1,727	7	2,548	593			
Villa nueva	3	30,200	4,602	4	47,350	7,547			
Nueva Suyapa	12	25,458	3,907	12	31,187	4,579			
Cascada	-			2	2,505	643			Nuevo embalse está en construcción por proyectos en curso
Las Uvas	-			2	6,436	1,597			Nuevo embalse está en construcción por proyectos en curso
La Cañada	-			7	15,344	3,570	Adicional	800	Nuevo embalse está en construcción por proyectos en curso
Est. Bombeo Los Pinos	1	9,494	1,446	1	11,391	1,650			
La Independencia	-			26	85,022	14,308	Nuevo	5200	
New San Francisco	-			19	51,478	8,254	Nuevo	3000	
Ulloa	-			15	41,764	7,463	Adicional	800	Nuevo embalse en construcción por proyectos en curso
Villa Franca	-			10	13,966	2,165			Nuevo embalse está en construcción por proyectos en curso
Cerro Grande 2	-			3	13,553	2,442			Nuevo embalse está en construcción por proyectos en curso
Juan A. Lainez Quesada	-			5	3,584	2,422	Nuevo	950	
Nueva ciudad	-			1	814	260	Nuevo	100	



**Figura 5.18**

**Áreas de Distribución Propuestas en el 2015**

## (2) Plan de Instalación para Tanques de Distribución

Se calculó el volumen necesario del (los) tanque(s) de distribución para cada área de distribución, basándose en la cantidad de distribución requerida que se estima (el total de la demanda estimada y la pérdida ocasionada por fugas), de acuerdo con los siguientes criterios.

Volumen: 35% de la estimación del agua diariamente requerida + Seguridad contra incendio

Seguridad contra incendio: 72 m<sup>3</sup> para el tanque que cubra una población de 2,000. Sin agua para un tanque de distribución que cubra una población menor de 2.000.

Para los nuevos tanques de distribución que se instalen, el volumen calculado se adopta como el volumen para el tanque a construirse. Para los tanques de distribución ya existentes, el volumen calculado se compara con el volumen actual de los tanques existentes. La instalación de tanques adicionales se propone para los casos en que haya escasez en el volumen del tanque.

En conclusión, se propone instalar un total de 12 tanques de distribución, como se indica en la *Tabla 5.21*. Cuatro (4) de ellos son para los nuevos tanques de distribución propuestos, mientras que ocho (8) tanques son adiciones a los tanques de distribución existentes.

**Tabla 5.21 Instalación Propuesta de Tanques de Distribución**

Nombre del Tanque de Distribución	Tipo	Volumen Requerido (m <sup>3</sup> )
Canal 11	Adicional	1.330
Juan A. Lainez	Adicional	3.200
La Leona	Adicional	1.477
Lomas del Toncontin	Adicional	200
Olimpo 1	Adicional	600
La Sosa	Adicional	2.300
La Canada	Adicional	800
La Independencia	Nuevo	5.200
Nuevo San Francisco	Nuevo	3.000
Ulloa	Adicional	800
Nuevo Juan A. Lainez	Nuevo	650
Quezada		
Nueva Ciudad	Nuevo	100

## (3) Plan de Instalación para la Red de Distribución

Se planifican los siguientes dos tipos de desarrollo de la red de distribución para la reorganización del sistema de distribución.

Reforzamiento de la red para las áreas de distribución existentes, con el fin de satisfacer el incremento de la demanda.

Expansión de la red para las áreas de distribución nuevamente propuestas.

Se calculó la cantidad de trabajo requerido para el reforzamiento, con base en el análisis realizado sobre el área de distribución de Estiquirin, la que cubre un 14% del total de las áreas de distribución, y que es la única que cuenta con la información de las tuberías disponibles. Se efectuó por medio de EPANET el análisis de la red para el área de distribución de Estiquirin, bajo las supuestas condiciones de la demanda en 2015, y el reforzamiento requerido se determinó

ajustando las dimensiones de las tuberías, a fin de que satisficiera las condiciones de la demanda en 2015. Los resultados se muestran en la *Tabla 5.22*.

**Tabla 5.22 Resultados de la Red de Distribución (Estiquirin)**

	Diámetro del tubo (mm)							Total
	100	150	200	250	300	400	600	
Red existente (m)	4.700	13.300	13.400	4.800	5.600	100		41.900
Reforzamiento requerido (m)	670	2270	380	1430	2250	950	50	8.000

Como el área de distribución de Estiquirin representa un 14%, aproximadamente, del total de las áreas de distribución existentes cubiertas por tuberías, el total de las necesidades podrá ser extrapolado a 60 km. Tomando en cuenta las diferentes extensiones y características de los tanques de distribución, se ha establecido la siguiente distribución por diámetro. Se estimó el trabajo de reforzamiento requerido para todo el sistema como se muestra en la *Tabla 5.23*.

**Tabla 5.23 Trabajo de Reforzamiento Requerido para Todo el Sistema de Distribución**

	Diámetro del tubo (mm)								Total
	100	150	200	250	300	350	400	600	
Reforzamiento requerido (km)	13	12	10	8	7	5	3.5	1	0.5

La expansión de la red fue estimada para las áreas de urbanización planificadas y las áreas actualmente cubiertas por camiones cisterna en base a la población de cada área y a la longitud de tubería media por persona, 1,5 m/persona, de acuerdo a los datos de SANAA. El trabajo de expansión requerido fue estimado como se muestra en la *Tabla 5.24*.

**Tabla 5.24 Trabajo de Reforzamiento Requerido para el Sistema de Distribución**

Diámetro del tubo (mm)	Largo de la tubería requerido (km)										Total
	50-80	100	150	200	250	300	350	400	500	600	
Urbanizaciones planificadas	65	30	12	4	1						112
Para áreas ahora cubiertas por camiones cisterna	58	22	14	12	9	6	4	2	1		128

La *Tabla 5.25* presenta un resumen de las necesidades, tanto del reforzamiento de la red de distribución como de la expansión.

**Tabla 5.25 Resumen de Expansión y Reforzamiento de la Red de Distribución**

Diámetro de la tubería (mm)	Reforzamiento en áreas existentes (km)	Necesidades de expansión de la red de distribución		Total (km)
		Áreas urbanizadas, actualmente cubiertas por tuberías (km)	Áreas actualmente cubiertas por camión cisterna (km)	
50 – 80		65,0	58,0	123,0
100	13,0	30,0	22,0	65,0
150	12,0	12,0	14,0	38,0
200	10,0	4,0	12,0	26,0
250	8,0	1,0	9,0	18,0
300	7,0		6,0	13,0
350	5,0		4,0	9,0
400	3,5		2,0	5,5
500	1,0		1,0	2,0
600	0,5			0,5
Total	60,0	112,0	128,0	300,0

### 5.3.9 CAMIONES CISTERNA

El Plan Maestro propone que se distribuya el agua por camiones cisterna, a aquellas vecindades que se formen antes del 2015, pero que actualmente no se cuenta con ninguna información relacionada con su ubicación. Se estima que la cantidad de agua distribuida ahora por camiones cisterna es de 3.000 m<sup>3</sup>/día, cifra que llegará a ser de 6.600 m<sup>3</sup>/día. En lo concerniente a la cantidad de agua, es insignificante frente a la demanda total. Sin embargo, se podría requerir una consideración operacional, incluyendo la planificación de instalaciones de soporte a la operación actual, juzgando por los problemas existentes en la operación de los camiones cisterna.

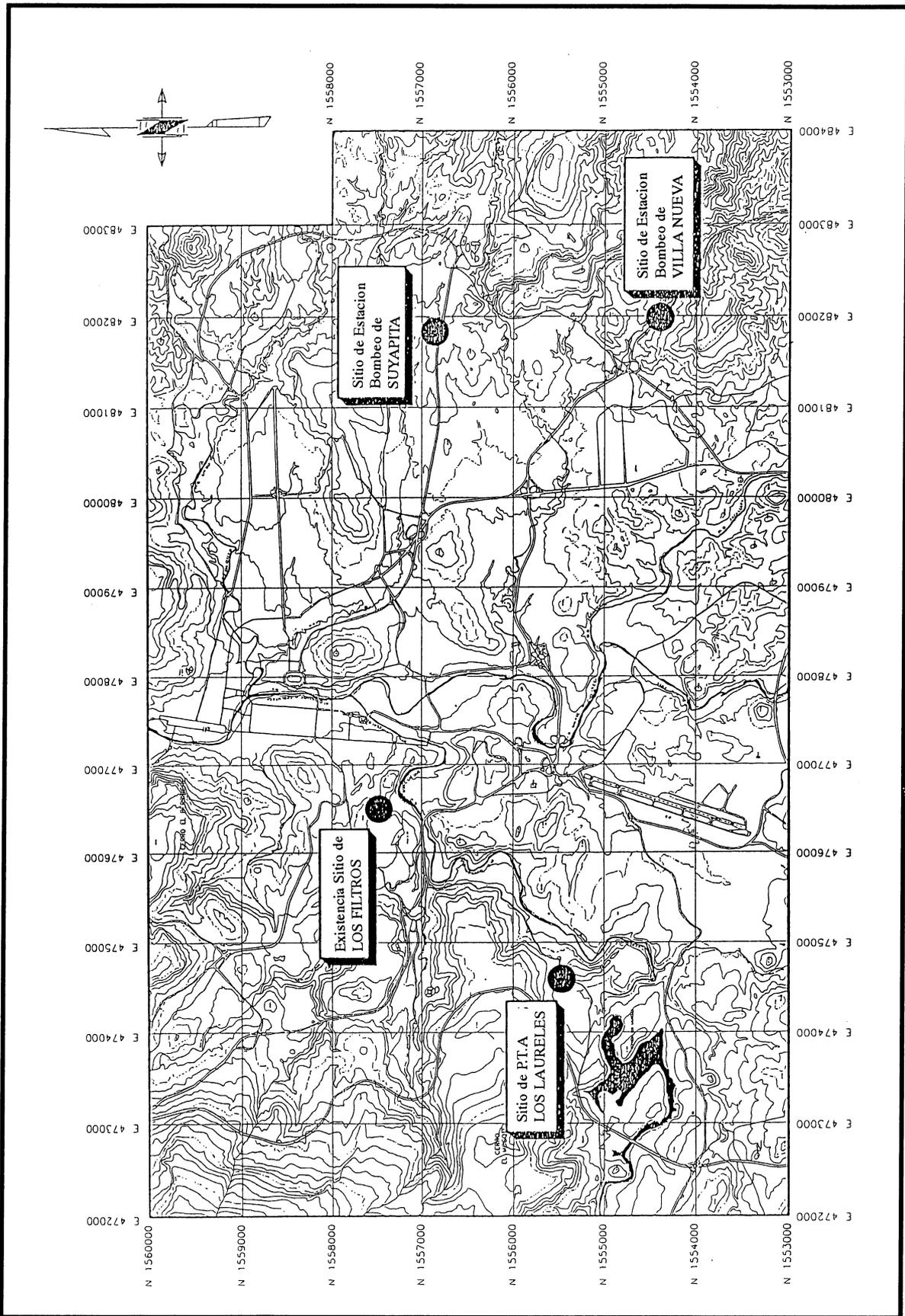
Actualmente, la operación de camiones cisterna cuenta con una estación de llenado en Los Filtros. Tiene un problema de accesibilidad, debido a las malas condiciones del camino y el embotellamiento del tráfico en la cercanía. La operación actual sufre, también, la falta de camiones cisterna.

Por consiguiente, se propuso la construcción de tres estaciones de llenado, tomando en consideración la accesibilidad y los efectos en el tráfico, y se planteó el incremento de los camiones cisterna en base a la cantidad de agua requerida, así como la capacidad de manejo de cada camión cisterna.

En la *Figura 5.19*, se muestran las ubicaciones de las nuevas estaciones de llenado de agua que se proponen. Se calcula que los camiones cisterna requeridos serán 204 unidades, como se indica en la *Tabla 5.26*.

**Tabla 5.26 Expansión de Estaciones de Llenado de Agua y de Camiones Cisterna**

Item	Descripción	Unidad	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010	2012	2015
Camiones requeridos	10 ton/tanque	c/u	93	106	120	133	146	160	177	204	195
Aumento de camiones cisterna		c/u		13	13	13	13	13	17	27	-
Estaciones de llenado de agua	Tasa de suministro	m <sup>3</sup> /día	3.100	4.400	4.400	4.400	5.200	5.800	6.600	6.600	6.600
Expansión de centros de suministro		m <sup>3</sup> /día		1,300			800		600	800	



**Figura 5.19**

**Ubicación de las Estaciones de Rellenado de Agua Propuestas**

## 5.4 PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DEL PROYECTO DEL CONTROL DE FUGAS

### 5.4.1 GENERALIDADES

El objetivo fundamental del proyecto de control de fugas es reducir la pérdida física a cierto nivel aceptable. El programa de control de fugas consiste en las siguientes estrategias:

Obtener la información necesaria para llevar a cabo un programa de reducción de fugas, tal como datos de la cantidad de agua en todo el sistema, dibujos finales como construido de la distribución de tuberías y de los registros de tubería.

Formar un equipo especial para la reparación de fugas

Establecer un programa de reducción de fugas

Aplicar el programa de reducción de fugas

La investigación realizada en el Estudio reveló que no hay suficiente información básica necesaria para establecer medidas efectivas. Por lo tanto, el Plan Maestro propone establecer un sistema que mida la cantidad de agua, como primer paso del control de fugas. El programa de reducción a aplicar debería establecerse, después de reunir datos por varios años, de la cantidad de agua en el sistema. El Plan Maestro también propone un equipo especial que incremente la capacidad de la sección de reparación de fugas.

### 5.4.2 FORTALECIMIENTO DE LA CAPACIDAD DE REPARACIÓN DE FUGAS

La mano de obra y el equipo necesarios para fortalecer la capacidad de reparación de fugas se muestran en la *Tabla 5.27*.

**Tabla 5.27 Fortalecer la Capacidad de Reparación de Fugas**

Tareas	Descripción	Observaciones
Patrulla de Fugas	- Detector de Fugas (Barra para escuchar, Taladro, Flujómetro) x 2 juegos - Vehículo Patrulla x 2 - Inspectores x 4	Frecuencia del patrullaje: 4 veces/año
Trabajos de Reparación	- Herramienta de reparación 5 juegos - Vehículo x 5 - Trabajador x 15	Reparaciones: 10 fugas/día

### 5.4.3 MEDIDA DE LA CANTIDAD DE AGUA

Los instrumentos de medición del agua de las plantas de tratamiento no están trabajando apropiadamente en las tres (3) plantas de tratamiento existentes, y ni los tanques de distribución ni las estaciones de bombeo existentes están equipados con instrumentos de medición del agua. Aunque no sería fácil instalar medidores de agua a todos los usuarios, la medición del agua tratada y de la entrada de agua a cada tanque de distribución podrían mejorar el entendimiento del balance de agua actual. Por lo tanto, el Plan Maestro propone la instalación de medidores de agua en las plantas de tratamiento y en los tanques de distribución. La instalación requerida de medidores se muestra en la *Tabla 5.28*.

**Tabla 5.28 Instrumentos Requeridos para la Medición de la Cantidad de Agua**

Instalaciones	Punto de Medición	Tipo de Flujómetro	Cantidad de Instalaciones	Cantidad Requerida	Observaciones
Planta de Tratamiento de Agua	Salida	Tasa de flujo y Valor Integrado	3	3	
Estaciones de Bombeo	Salida	Tasa de flujo y Valor Integrado	24	24	
Tanques de Distribución Existentes	Salida	Tasa de flujo y Valor Integrado	44	101	Algunos tanques de distribución tienen varias salidas.
Medidores de Agua	Tubería de Servicio	Valor Integrado	48.500	48.500	

Nota: Solamente para las instalaciones existentes. Para las nuevas instalaciones, se supone que deberán instalarse los instrumentos de medición de flujo necesarios en todas las instalaciones.

## 5.5 RESUMEN DE LA PLANIFICACIÓN DE INSTALACIONES

Las instalaciones propuestas en los proyectos del Plan Maestro se resumen en la *Tabla 5.29* y sus ubicaciones se muestran en la *Figura 5.20*.

**Tabla 5.29 Resumen de la Planificación de Instalaciones para los Proyectos del Plan Maestro**

Proyectos	Componentes	Descripción
Los Laureles II	Presas Los Laureles II	Tipo de presa: Gravedad de concreto Altura de la presa: 31.0 m Ancho de la presa: 103,0 m Compuertas: 9m x 8,6m x 4 juegos Volumen del embalse: 4.050.000 m <sup>3</sup> Capacidad de rendimiento: 130 l/seg (99% confiabilidad)
	Excavación de la presa Los Laureles	Volumen: 600.000m <sup>3</sup> Capacidad de rendimiento: 30 l/seg (99% confiabilidad)
Quebra Montes	Presas Quebra Montes	Tipo de presa: Escollera Altura de la presa: 66,0 m Ancho de la presa: 958,7 m Volumen del embalse: 53.000.000 m <sup>3</sup> Capacidad de rendimiento: 1.040 l/seg (99% confiabilidad)
	Instalaciones de conducción	Tubería de conducción: 1.200mm x 1 km
	PTA Quebra Montes	Tipo: Filtración rápida en arena Capacidad de producción: 108.000 m <sup>3</sup> /día
	Reorganización del sistema de transmisión	Estaciones de bombeo: 5 nuevas estaciones de bombeo y 2 expansiones de las estaciones existentes Tubería de transmisión: 100-1.200mm x 23,3 km
	Reorganización del sistema de distribución	Tanques : 100 - 5.200 m <sup>3</sup> x 12 tanques Tuberías de distribución: 50 - 600 mm x 300 km Estaciones de llenado: 600 - 1.300 m <sup>3</sup> x 4 estaciones Camiones cisterna: 204 vehículos
	Operación conjunta de la PTA QM y la PTA LL	Tanque de agua clara en la PTA LL: 900 m <sup>3</sup>
Control de fugas	Medición de la cantidad de agua	Flujómetro: 3 PTA existentes y 8 estaciones de bombeo existentes y 44 tanques existentes Medidor de agua: 48.500 usuarios
	Reforzamiento de la capacidad de reparación de fugas	Herramientas para reparación de fugas, herramientas para reparación de fugas y vehículos

Nota: QM; Quebra Montes, LL; Los Laureles

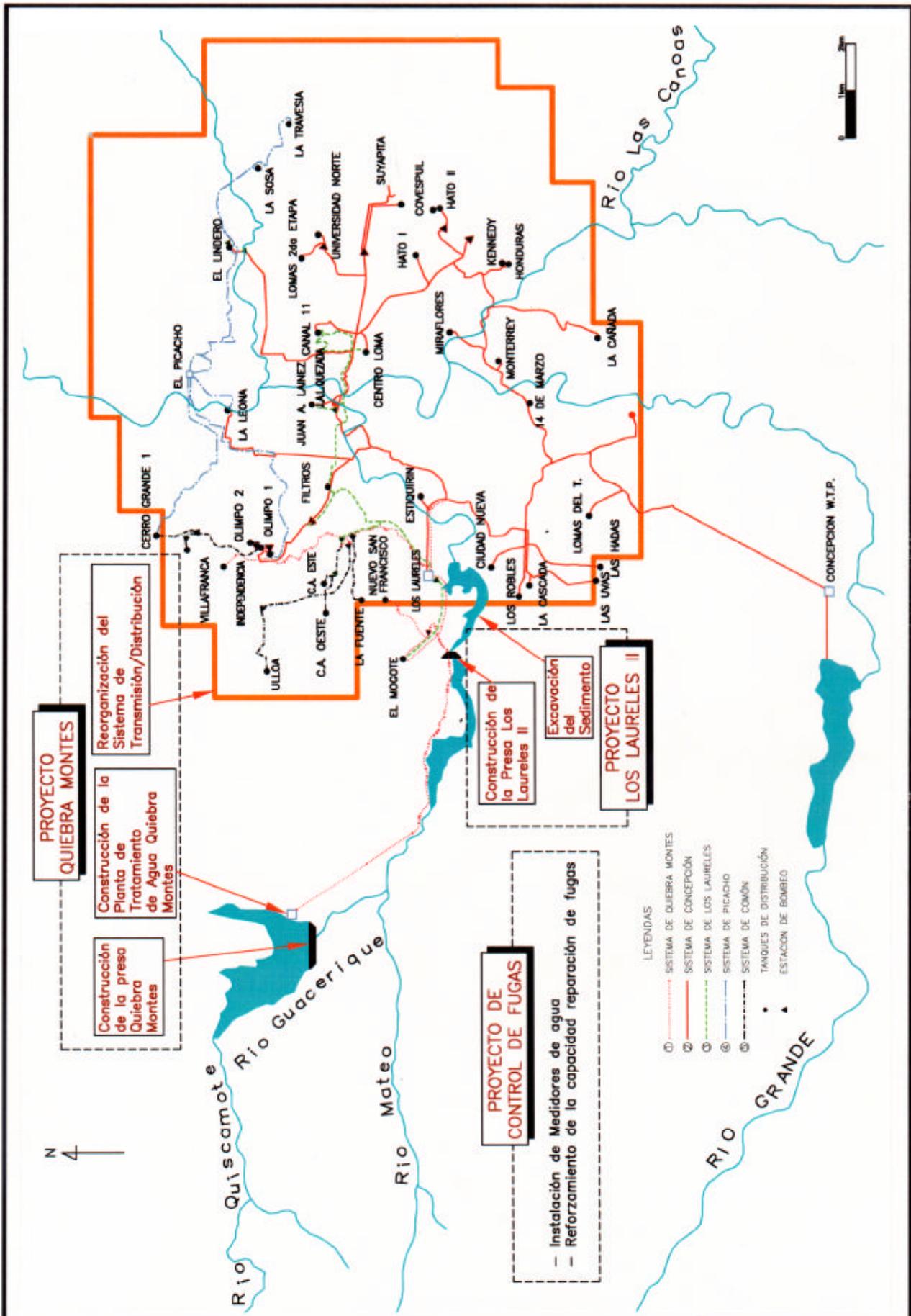


Figura 5.20

Instalaciones Propuestas en los Proyectos del Plan Maestro

## 5.6 PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

### 5.6.1 PRESAS

#### (1) Plan de Operación de 3 Presas en el Río Guacerique, durante la Sequía

Puesto que se construirán tres presas en el mismo sistema del río, es necesario establecer una regla de operación que cubra las tres presas. La idea principal de la operación conjunta es como sigue:

Se usa primero el embalse del tramo más bajo

Los embalses operan para que el agotamiento específico (volumen de almacenaje vacío/ área de captación) sea igual para los tres embalses.

La regla de operación de la presa Los Laureles II se describe en el estudio de factibilidad.

#### (2) Plan de Operación de las 3 Presas en el Río Guacerique durante Tormentas

Ambas presas, Los Laureles y Los Laureles II, serán equipadas con compuertas. Es necesario determinar reglas para la operación de las compuertas durante las tormentas.

Durante el verano, las compuertas se mantienen completamente cerradas para almacenar el agua, mientras que durante el invierno, las compuertas son completamente abiertas para liberar en forma segura el caudal. La operación durante el período de transición entre el verano y el invierno es difícil, puesto que se requiere la operación de las compuertas de acuerdo a la cantidad de agua que ingresa al embalse. La regla de operación de la presa Los Laureles se describe en el estudio de factibilidad.

#### (3) Pronóstico de Inundaciones y Alarma

Para la operación de las compuertas de la Presa Los Laureles II, es necesario un sistema de pronóstico y aviso de inundaciones. El sistema de pronóstico de inundaciones puede construirse usando la estación pluviométrica en el Puente Mateo y una nueva estación de medición/pluviométrica a ser construida en la confluencia del río Guacerique con el río Mateo.

Cuando las compuertas son operadas, es necesario avisar a la gente que podría estar en los tramos bajos del curso del río. La ubicación de la alarma deberá estar entre la Presa Los Laureles II y la confluencia de los ríos Guacerique y Choluteca.

#### (4) Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento para el proyecto se compone del plan para la estructura de la presa, incluyendo las compuertas y el plan para el embalse.

El cuerpo mismo de la presa es una masa de concreto o una estructura de rocas, por lo que poco requiere de operación de mantenimiento. Sin embargo, las estructuras de acero, tales como las compuertas y válvulas necesitan mantenimiento con el fin de asegurar su función inicial.

Con el fin de prolongar la vida útil del embalse, se proponen excavaciones periódicas de los sedimentos. Debido a que las presas Los Laureles y Los Laureles II están cercanas al área urbana, existe la posibilidad de usar el sedimento como material de construcción, tales como arena o áridos. Actualmente, la arena es sacada ilegalmente río arriba de la presa Los Laureles, aunque en pequeña escala. Sin embargo, es preferible hacerlo con autorización de SANAA y en forma más sistemática. Con el fin de facilitar la operación de eliminación del sedimento, en el estudio de viabilidad se considera una estructura de control del sedimento de la Presa Los Laureles II.

### **(5) Calidad del Agua**

Es esencial el mantenimiento de la calidad del agua en los embalses. Al existir la posibilidad del desarrollo de viviendas en el Río Guacerique, es necesario estudiar las contramedidas para hacer frente a la situación.

De acuerdo con la encuesta de la calidad del agua en el Estudio, un área habitacional está descargando aguas negras de dudosa calidad. En el estudio de factibilidad del proyecto Los Laureles II están incluidas instalaciones piloto para mejorar la calidad del agua del flujo de entrada.

Al mismo tiempo, se recomienda enérgicamente un control estricto del desarrollo adicional de las áreas de captación. El deterioro de la calidad del agua de embalses artificiales por la “eutrofización” es un problema común en todo el mundo. Debería entenderse que la experiencia en muchos embalses de agua nos enseña que es prácticamente imposible recuperar la calidad del agua, una vez que ésta se haya deteriorado.

### **(6) Datos de descarga en otros sistemas fluviales**

En el futuro, si hay la necesidad de hacer un nuevo plan maestro de suministro de agua con un horizonte de tiempo más largo, más allá del 2015, es necesario analizar los datos del flujo en otros sistemas fluviales como el sistema del río Sabacuante, o el sistema del río Hombre. Por lo tanto, se recomienda reinstalar o instalar nuevas estaciones de medición del caudal de ambos ríos.

## **5.6.2 INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA**

### **(1) Esquema General**

Los propósitos de los planes de operación y mantenimiento para las instalaciones de suministro de agua son lograr la operación óptima, usando las instalaciones existentes, y prolongar su vida útil. Los puntos principales a señalarse en los planes de operación y mantenimiento se pueden identificar como sigue:

- El control de la cantidad del agua en todo el sistema
- Control de la calidad del agua
- Operación y mantenimiento diario de las instalaciones

### **(2) Operación de la Planta de Tratamiento de Agua Picacho**

La tasa de producción de PTA Picacho varía de 250 l/seg a 900 l/seg, dependiendo de la cantidad de flujo de las fuentes de agua donde el agua se suministra de pequeñas obras de toma sin capacidad de almacenamiento. El plan de distribución propuesto se diseñó para limitar las áreas de distribución de la PTA Picacho, de modo que la demanda de agua en las áreas sea menor que la tasa mínima de producción. Por lo tanto, básicamente no es necesario cambiar las áreas de distribución entre el verano y el invierno.

Por otra parte, si las áreas de distribución de Picacho crecen durante el invierno, da como resultado la reducción de las áreas donde el agua se suministra desde la PTA Los Laureles y la PTA Quebra Montes, por bombeo y así reduciendo los costos de electricidad. El sistema de transmisión propuesto tiene doble línea de suministro a esas áreas de distribución. Por lo tanto, se recomienda ajustar de vez en cuando las áreas de distribución de la PTA Picacho, dependiendo de su tasa de producción.

### **(3) Control de la Cantidad de Agua**

Actualmente, la cantidad de agua se mide en algunos puntos en todo el sistema. Conocer el

balance de agua actual del sistema es uno de los factores esenciales para una operación adecuada, una distribución de agua apropiada y el cobro de tarifas.

Se ha propuesto un proyecto para aplicar un sistema de monitoreo de la cantidad de agua como un Proyecto de Control de Fugas en el Plan Maestro.

#### **(4) Control de la Calidad del Agua**

Un problema importante en la presente operación es el coloreo del agua por manganeso, el cual supuestamente proviene del fondo de los sedimentos de los embalses de agua, durante el verano, debido a condiciones anaeróbicas. Las plantas de tratamiento existentes tienen un proceso de cascada de oxidación al inicio del proceso de tratamiento, y ocasionalmente aplican oxidación con dióxido de manganeso. Estos tratamientos de alguna forma están trabajando y mitigando los daños por coloración.

Desde el punto de vista del control de la calidad del agua de los embalses, se requiere proteger la calidad del agua de la contaminación y tomar agua desde la capa adecuada. Desde el punto de vista de la operación de la planta, esto es un asunto de costos químicos. El monitoreo de la calidad del agua y la realimentación de la calidad del agua a la dosificación química, permitirán una dosificación óptima.

Durante el verano, la concentración de manganeso del agua cruda debería medirse al menos una vez al día, y una dosificación óptima debería establecerse a través de las pruebas piloto.

Otro asunto relacionado con la calidad del agua es la escasez de cal para ajuste del pH. Esto ocurre dependiendo de las condiciones del mercado. Dejar de ajustar el pH causa un proceso de coagulación menos efectivo, ocasionando alta turbiedad en el agua tratada. Aunque se trata de un asunto relacionado más que nada con el suministro, un suministro constante debería establecerse a través de la negociación con los proveedores.

#### **(5) Actividades Diarias de Operación y Mantenimiento**

Una lista de las actividades diarias de operación y mantenimiento se encuentra en la *Tabla 5.30*.

**Tabla 5.30 Principales Puntos a Revisar para los Trabajos de Operación y Mantenimiento**

Instalaciones		Puntos a Revisar	Frecuencia
Conducción		Condiciones de la tubería	diaria
Planta de Tratamiento de Agua	Caudal	Caudal	Por hora
	Calidad del agua	Calidad del agua	diaria
	Dosificación química	Dosificación química	Por hora, diaria
	Rendimiento del Equipo	Rendimiento del equipo	diario, semanal
		Prueba de operación de generadores de emergencia	semanal
Transmisión	- Líneas de tubería	Condición de la tubería	Diaria
	-Estaciones de Bombeo	Caudal	Por hora
		Rendimiento del equipo	Diario, semanal
		Prueba de operación de generadores de emergencia	Semanal
Distribución	- Tanques	Nivel de agua	Por hora
		Caudal	Por hora
		Calidad del agua	diaria
		Rendimiento del equipo	Diario, semanal
	- Tubería	Condiciones de la tubería	diario
	- Camiones Cisterna	Caudal	Diario
		Calidad del agua	Diario
		Rendimiento del equipo	Diario, semanal

**(6) Personal Requerido**

El personal requerido para la operación de los proyectos propuestos se muestra en la *Tabla 5.31*.

**Tabla 5.31 Personal Requerido para la Operación de los Proyectos Propuestos**

Instalación	Director	Ingeniero	Operador	Otros	Total
PTA Quiebra Montes	1	0	16	18	35
Estación de Bombeo	0	0	10	24	34
Control de Fugas	1	0	14	1	16
Estación de llenado de agua	3	2	10	24	39
Camiones Cisterna	0	0	222	8	230
Total	5	2	272	75	354

**5.7 PLAN DE ORGANIZACION**

**5.7.1 ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACION PROPUESTA**

La estructura de la organización propuesta se muestra en la *Figura 5.21*. Los planteamientos básicos son los siguientes.

- Transferir las funciones de planificación, financieras y comerciales de las oficinas centrales a la División Metropolitana
- Separación clara de las funciones financieras y comerciales
- Fortalecimiento de las funciones de información, planificación y comerciales
- Alcanzar una alta eficiencia por la segmentación orientada a la actividad específica

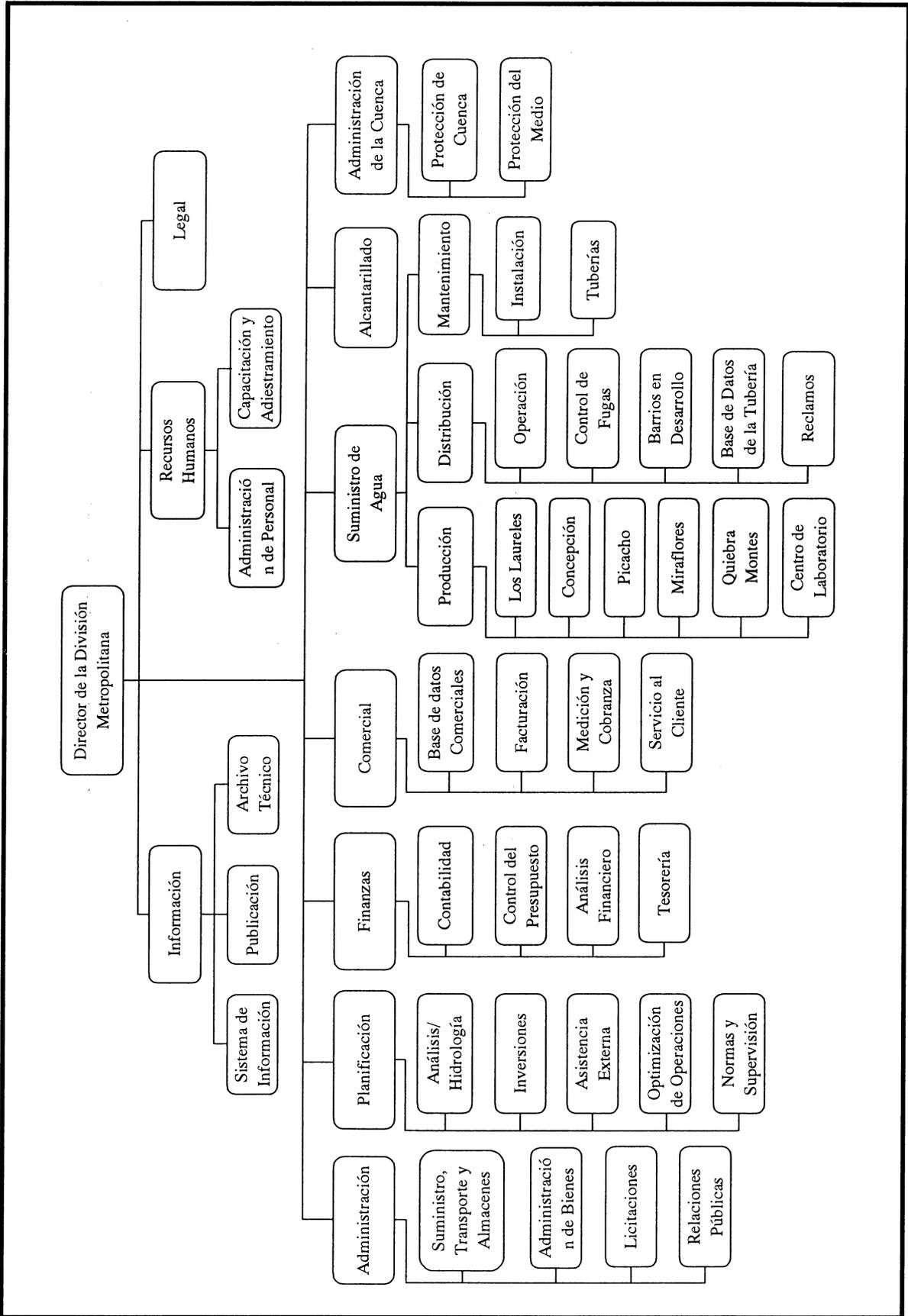


Figura 5.21

Diagrama Propuesto de la Organización de la División Metropolitana

## 5.7.2 FORTALECIMIENTO DE FUNCIONES CLAVES

### (1) Reorganización del Departamento de Operación y Mantenimiento

Es necesario lograr una mejor coordinación entre las funciones de operación y mantenimiento. La estructura de organización actual para operación y mantenimiento no está orientada estrictamente por actividad. Es necesario analizar las actividades requeridas para la operación y mantenimiento, y hacer una reorganización basada en las actividades que se requieren.

El Departamento de Suministro de Agua propuesto consiste en las siguientes secciones.

- Producción: Operación para cada planta de tratamiento y análisis de la calidad del agua. Para el análisis de la calidad del agua, se establecerá un laboratorio central.
- Distribución: Operación de las instalaciones de distribución, incluyendo el control de fugas y operación de la base de datos de las tuberías. La distribución de agua a las comunidades en vía de desarrollo con camiones sisterna también maneja esta sección. Se establecerá una oficina de quejas para atender reclamaciones de fugas, problemas con la calidad del agua, etc.
- Mantenimiento: Reparación de tuberías, reparación y revisión de todo tipo de instalaciones. Mantenimiento preventivo, actividades tales como revisiones regulares y lubricación de motores, son obligación de los operadores y fuera del alcance de la sección de mantenimiento.

### (2) Fortalecimiento de la Función de Información

Para el fortalecimiento de la función de información, deberá establecerse un Departamento de Información en la División Metropolitana con las siguientes funciones.

- Operación y mantenimiento de todo el sistema de la red de información en la división.
- Operación y mantenimiento de la base de datos de información técnica con propósitos de planificación e información pública.
- Operación y mantenimiento del archivo de la división.

El diseño de un sistema completo de red de información y una base de datos técnica requiere conceptos claros y un profundo entendimiento de la tecnología de la computación. La etapa de diseño podría requerir el uso intensivo de especialistas de sistemas.

El monitoreo interno de control es una responsabilidad administrativa de la división. El papel del Departamento de Información en este caso es diseñar y mantener el sistema de información.

### (3) Fortalecimiento de las Funciones de Planificación

El Departamento de Planificación deberá tener capacidad para analizar las condiciones existentes y llevar a cabo las acciones necesarias para mejorar los servicios, y preparar los planes de inversión. Puesto que la función de planificación de SANAA se ha cubierto con ayuda externa, el Departamento de Planificación deberá ser una ventana a las agencias de ayuda extranjeras. Aun más, la optimización operativa del sistema completo de suministro de agua será realizada por el Departamento de Planificación.

### (4) Fortalecimiento de la Función Comercial

El fortalecimiento de la función comercial habrá de lograrse con los siguientes pasos.

- Diseño de un sistema comercial compuesto de una base de datos de clientes, con información geográfica, y una función para preparar facturas.

- Recolección de los datos necesarios para el sistema comercial por estudios en campo.
- Instalación del sistema comercial
- Instalación de medidores de agua a todos los usuarios

Cada paso requiere enorme cantidad de trabajo y dinero. Actualmente SANAA intenta introducir una nueva base de datos comercial, pero debido a limitaciones en el presupuesto, el trabajo se retrasa. Tomando en cuenta la importancia de un sistema comercial poderoso para la administración de SANAA, hemos recomendado revisar el proyecto de base de datos comercial de SANAA, desde el punto de vista de un sistema comercial poderoso. El diseño de una base de datos y la obtención de los datos necesarios, en especial, requieren de una gran inversión.

El cronograma de implementación preliminar se muestra en la *Tabla 5.32*.

**Tabla 5.32 Cronograma de Implementación Preliminar de un Sistema Comercial**

Item de trabajo \ Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Análisis de las condiciones existentes	*	*	*	*																					
Preparación de los términos de referencia			*	*	*	*																			
Diseño del sistema comercial				*	*	*	*	*																	
Diseño de la base de datos comerciales						*	*	*	*	*															
Preparación de la información cartográfica						*	*	*	*	*	*	*													
Preparación del cuestionario de la encuesta											*	*	*												
Instalación del sistema comercial											*	*	*	*	*	*	*								
Ejecución de la encuesta													*	*	*	*	*								
Ingreso de datos, instalación de la base de datos comerciales																		*	*	*	*				
Entrenamiento de operadores																							*	*	*

De acuerdo con el plan maestro propuesto, la cantidad de medidores en operación aumentará de los actuales 40.000 a 120.000. También se ha propuesto aumentar el número del personal lector de medidores.

### 5.7.3 PERSONAL REQUERIDO

#### (1) Personal Requerido para Operación y Mantenimiento

El personal requerido para la operación y mantenimiento se muestra en la *Tabla 5.33*. El personal requerido para el Departamento de Suministro de Agua es de 961 personas, incluyendo 470 personas para la sección de comunidades en desarrollo, la cual opera las estaciones de llenado de agua y los camiones cisterna. La exclusión del personal para las comunidades en desarrollo nos muestra que el personal requerido para el suministro de agua es de 491 personas en el plan maestro propuesto. Este número es casi un 20% menor que el nivel existente de 600 personas.

#### (2) Personal Requerido para la División Metropolitana

El personal requerido para la División Metropolitana se muestra en la *Tabla 5.34*. El personal requerido para los departamentos, menos el de suministro de agua, se estima en base a la función requerida y en el personal existente.

**Tabla 5.33 Personal Requerido para Mantenimiento y Operación**

Cód.	Departamento	Jefe y subje	Operador	Secretaria	Peón jornalero	Guardia de seguridad	Limpieza	Chofer	Total
9.0	Administración	1					1	1	4
9.1	Producción								172
9.1.0	Administración	1		1					2
9.1.1	PTA Los Laureles	1	@4 x 4 turnos x 1PTA	16	5	@2 x 4turnos x 1PTA	8	2	35
9.1.2	PTA Concepción	1	@4 x 4 turnos x 1PTA	16	5	@2 x 4turnos x 1PTA	8	2	35
9.1.3	PTA Picacho	1	@4 x 4 turnos x 1PTA	16	5	@2 x 4turnos x 1PTA	8	2	35
9.1.4	PTA Miraflores	1	@2 x 4 turnos x 1PTA	8	2	@1 x 4turnos x 1PTA	4	1	17
9.1.5	PTA Quebra Montes	1	@4 x 4 turnos x 1PTA	16	5	@2 x 4turnos x 1PTA	8	2	35
9.1.6	Centro de laboratorio	1		5	3		1	2	13
9.2	Distribución								649
9.2.0	Administración	2							19
9.2.1	Operación	1		1			1	14	2
(1)	-Estaciones de bombeo		6 estaciones/equipo/día, 2 personas/equipo	10			@1 x 4turnos x 30estaciones	120	130
(2)	-Embalses		Existentes 35, Nuevos 12	2					2
9.2.2	Control de fugas	1	@2 x 7 equipos	14	1				16
9.2.3	Barrios en Desarrollo	1							2
(1)	-Estaciones de llenado de agua	4	@4 x 4 estaciones	16					52
(2)	-Autocisternas de agua		@2 x 204 autocisternas (-> Chofer)				@2 x 4turnos x 4estaciones	32	416
9.2.4	Base de Datos de la Tubería	1		3			@2 x 4turnos x 1 pool	8	4
9.2.5	Reclamos	1	8,000 reclamos/año	3	1			1	6
9.3	Mantenimiento								136
9.3.0	Administración	2							15
9.3.1	Instalación	1		1			@2 x 4 turnos x 1 sitio	3	10
(1)	-Máquina			14	8			8	22
(2)	-Electricidad			6	8				14
(3)	-Instrumentos			5	3				8
(4)	-Civil y edificios			5	4				9
9.3.2	Tubería	1			1			2	4
-Inspección			L=2,000km+300km	2	2				4
(1)			20km/día/equipo, 2 personas/equipo						
(2)			5 personas/equipo x 5 equipos	25	25				50
	<b>Total</b>								<b>961</b>

**Tabla 5.34 Personal Requerido para la División Metropolitana**

Nombre del departamento	Número de personas
Director y administración de la división	4
Información	12
Recursos humanos	10
Jurídico	6
Administración	49
Finanzas	16
Comercial	170
Planificación	32
Suministro de agua	961
Administración de la Cuenca	34
Alcantarillado	80
Total	1.374

## 5.8 ESTIMACION DE COSTOS

### 5.8.1 COSTO DE CONSTRUCCION

La estimación de costos para la construcción se hizo tomando como referencia el costo unitario de los proyectos similares, tal como el proyecto de la Presa Concepción, el proyecto de la planta de tratamiento de agua de Concepción, el proyecto Choloma Sabo y los trabajos de construcción e instalación de SANAA. La cantidad de trabajo para cada proyecto se estimó a partir de los resultados de la planificación de instalaciones en la sección anterior de este capítulo.

El costo total de los proyectos se calculó de acuerdo al siguiente desglose, y el costo directo y el costo de la adquisición del terreno se calculan con los precios unitarios y cantidades, mientras que otros desgloses se calculan en proporción al costo directo y/o al costo de adquisición del terreno.

Costo directo de construcción

Costo de ingeniería: 10 % del costo directo de construcción de las presas, 8% del costo directo de construcción de las instalaciones de suministro de agua y 3% de los camiones cisterna.

Costo de adquisición del terreno

Costo de administración: 5% del costo directo de construcción

Contingencia: 10% del total del costo directo de construcción, del costo de adquisición del terreno y del costo de administración.

El costo estimado de la construcción del Plan Maestro se muestra en la *Tabla 5.35*.

**Tabla 5.35 Costos Estimados de Construcción del Plan Maestro**

Partida	Costos Directos de Construcción	Costo de Ingeniería	Costo de Adquisición del Terreno	Costo de Administración	Contingencia Física	Total
<b>A. Proyecto Los Laureles</b>	<b>18.621.950</b>	<b>1.862.195</b>	<b>2.444.570</b>	<b>931.097</b>	<b>1.862.195</b>	<b>25.722.007</b>
1. Presa Los Laureles II	18.621.950	1.862.195	2.444.570	931.097	1.862.195	25.722.007
<b>B. Proyecto Quebra Montes</b>	<b>284.701.470</b>	<b>17.756.607</b>	<b>8.462.000</b>	<b>14.235.574</b>	<b>28.470.147</b>	<b>353.625.298</b>
1. Presa Quebra Montes	143.867.020	7.193.351	7.500.000	7.193.351	14.386.702	180.140.424
2. Instalaciones de Suministro de Agua	140.834.450	10.563.256	962.000	7.041.723	14.083.445	173.484.874
(1) Instalaciones de Conducción	1.620.000	129.600	0	81.000	162.000	1.992.600
(2) PTA Quebra Montes	42.175.000	3.374.000	187.500	2.108.750	4.217.500	52.062.750
(3) Instalaciones de Transmisión	38.363.950	3.069.116	302.500	1.918.198	3.836.395	47.490.159
i) Tubería	21.401.950	1.712.156	0	1.070.098	2.140.195	26.324.399
ii) Estaciones de Bombeo	16.492.000	1.319.360	302.500	824.600	1.649.200	20.587.660
iii) Expansión del embalse LL	470.000	37.600	0	23.500	47.000	578.100
(4) Instalaciones de Distribución	58.675.500	3.990.540	472.000	2.933.775	5.867.550	71.939.365
i) Tanques de Distribución	12.105.500	968.440	422.000	605.275	1.210.550	15.311.765
ii) Tuberías de Distribución	32.500.000	2.600.000	0	1.625.000	3.250.000	39.975.000
iii) Camiones Cisterna	14.070.000	422.100	50.000	703.500	1.407.000	16.652.600
<b>C. Proyecto Control de Fugas</b>	<b>13.455.120</b>	<b>1.076.390</b>	<b>0</b>	<b>672.740</b>	<b>1.345.440</b>	<b>16.549.690</b>
1. Medidores de Agua	10.670.000	853.600	0	533.500	1.067.000	13.124.100
2. Medidores de flujo para las PTA	129.850	10.390	0	6.490	12.970	159.700
3. Medidores de flujo para las estac. presurizado	490.270	39.200	0	24.500	48.970	602.940
4. Medidores de Flujo para tanques	2.165.000	173.200	0	108.250	216.500	2.662.950
<b>Total</b>	<b>316.778.540</b>	<b>20.695.192</b>	<b>10.906.570</b>	<b>15.838.911</b>	<b>31.677.782</b>	<b>395.896.995</b>

(Unidad: US\$)

### 5.8.2 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costos de operación y mantenimiento se calcularon para cada proyecto. Los costos calculados cubren la mano de obra, el costo del material y el costo de la energía, requeridos para la operación y mantenimiento de las instalaciones propuestas en el Plan Maestro.

Los costos se calcularon para el período del año 2001 al 2015. Los costos de operación y mantenimiento presentados en la *Tabla 5.36* son la suma del período completo.

**Tabla 5.36 Costos Estimados de Operación y Mantenimiento**

Proyecto Los Laureles II	Proyecto Quebra Montes							Proyecto de Control de Fugas	Total
	Presa	PTA Los Laureles	Conducción	PTA Quebra Montes	Transmisión	Distribución	Sub-total		
<b>2.970.000</b>	11.512.000	441.040	65.600	8.699.541	9.193.332	15.881.632	<b>45.793.145</b>	<b>1.201.335</b>	<b>49.964.480</b>

(Unidad: US\$)

### 5.9 PROGRAMA DE EJECUCIÓN

El Plan Maestro tiene tres (3) objetivos: disminuir el déficit actual de suministro de agua, satisfacer el aumento de la demanda futura y mejorar los problemas de fugas. El primer objetivo está enfocado a los actuales problemas que sufre la gente, los cuales son de naturaleza urgente.

Mientras tanto, de los tres proyectos, dos pretenden aumentar la capacidad de suministro de agua, basándose en el costo específico de desarrollo, los Proyectos Los Laureles II y Quebra Montes. Las capacidades de desarrollo de cada proyecto son 160 l/seg y 1040 l/seg, respectivamente, habiendo una gran diferencia en la escala del desarrollo. El déficit actual (después de los proyectos en marcha) del suministro de agua es de 675 l/seg, por lo tanto el déficit actual no puede disminuirse sin el Proyecto Quebra Montes.

Por consiguiente, es necesario llevar a cabo el Proyecto Quebra Montes en la primera oportunidad, para disminuir el déficit lo más pronto posible. Sin embargo, el Proyecto Quebra Montes tomará un período más largo de ejecución, debido a la construcción de una presa más grande, la cual es la parte esencial de los proyectos. La ejecución del Proyecto Los Laureles II, el cual no se toma un período tan largo como el Proyecto Quebra Montes, debido a su escala más pequeña, puede mitigar el déficit hasta terminar el Proyecto Quebra Montes.

Así se concluye que los trabajos de preparación para ambos proyectos se inicien de inmediato, y el Proyecto de Los Laureles II se terminará un (1) año antes del Proyecto Quebra Montes y mitigará el déficit hasta terminar el Proyecto Quebra Montes.

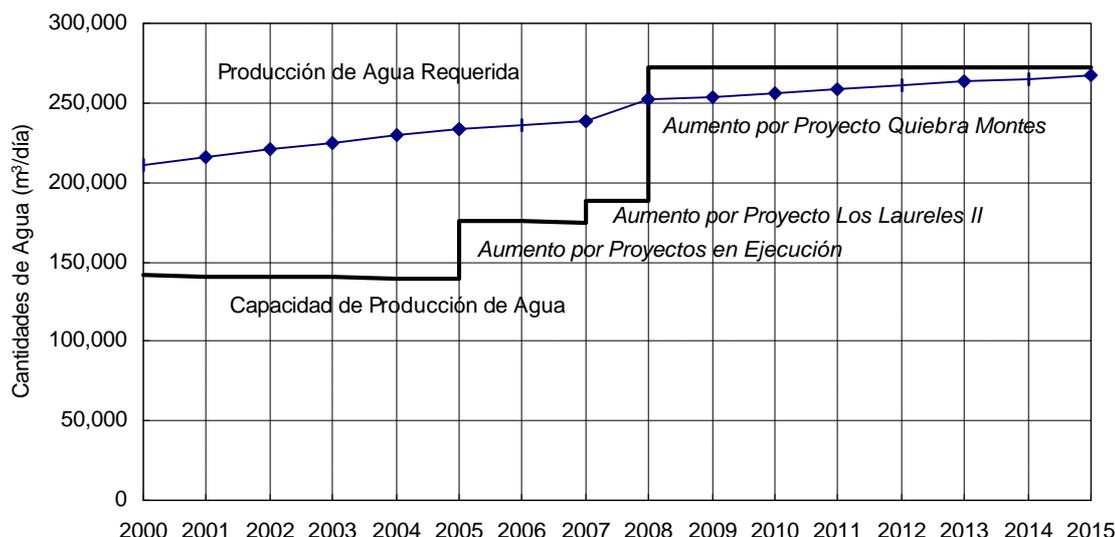
Por otra parte, el control de fugas es un asunto urgente no sólo desde el punto de vista de la recuperación de la pérdida de producción, sino también desde el punto de vista de la conservación de los valiosos recursos de agua. El Plan Maestro propone un Proyecto de Control de Fugas que permita un sistema de monitoreo de la cantidad de agua, de tal manera que un programa de reducción de fugas de agua pueda elaborarse basándose en un sólido antecedente técnico. Por lo tanto, es necesario ejecutar el Proyecto de Control de Fugas lo más pronto posible, para iniciar también de inmediato el programa de reducción de fugas de agua.

El programa de ejecución propuesto se muestra en la *Tabla 5.37*, y el balance entre la tasa de producción de agua requerida y la capacidad de producción de agua por el programa de ejecución propuesto se muestra en la *Figura 5.22*.

**Tabla 5.37 Programa de Ejecución**

No	Esquema	Descripción	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Los Laureles II																	
-1	Represa	nuevo																
2	Quebra Montes																	
-1	Represa	nuevo																
-2	Facilidades de Conducción	nuevo																
-3	Quebra Montes WTP	nuevo																
-4	Facilidades de Transmisión																	
	tubería	nuevo																
	estaciones de bombeo	nuevo																
	expansión del estanque de Los Laureles WTP	nuevo																
	conexión con Los Laureles WTP	nuevo																
-5	Facilidad de Distribución																	
	estanque de distribución	nuevo																
	tubería de distribución	nuevo																
	estaciones de llenado de agua	nuevo																
	camiones tanque para agua	nuevo																
3	Control de fugas																	
	Instalación de Medidores de Agua	expansión																
	Medidores de Flujo para los Estanques Existentes	nuevo																

[ Note ]  : Trabajos de Preparación  
 : Trabajos de Diseño  
 : Trabajos de Construcción



**Figura 5.22 Balance entre Cantidad de Producción Requerida y el Suministro de Agua**

## 5.10 PLAN DE FINANCIAMIENTO

### 5.10.1 POLITICAS BASICAS

Se aplican los siguientes principios básicos en el plan de financiamiento propuesto.

- Transparencia
- Autonomía financiera
- Sustentabilidad

Poniendo la mira en los principios arriba mencionados, se establecieron las siguientes políticas.

#### (1) Políticas para la Transparencia

Los estados financieros actuales no son suficientemente transparentes, debido a las siguientes razones;

- No se han registrado las reservas para el retiro de aproximadamente \$ 6 millones de dólares.
- El gobierno ha absorbido la totalidad de las inversiones de capital de SANAA.
- No se ha reflejado la alta inflación.

En otras palabras, es imposible evaluar las condiciones financieras actuales de SANAA en base a los estados financieros actuales. La misma SANAA se ha preocupado por este problema, y ha iniciado una revaluación de activos fijos tomando en cuenta la inflación. Hemos recomendado hacer todos los esfuerzos para tener estados financieros más transparentes, registrando las inversiones en capital por el gobierno como un subsidio y separando las reservas de retiro. En este plan financiero, los fondos de retiro y la inversión de capital se incluyen en el análisis financiero, y los ingresos recibidos del gobierno se registran como un subsidio.

#### (2) Políticas para Autonomía Financiera

Una autonomía financiera para SANAA requiere de una tarifa apropiada, que pueda cubrir el costo necesario para el servicio. Aquí, debe hacerse notar que, debido a que el costo necesario depende de la producción de agua, teóricamente este régimen de tarifa ‘apropiada’ debería estar

basada en el consumo. Por lo tanto la autonomía financiera requiere también de la instalación de medidores de agua.

Generalmente hablando, este régimen de tarifa ‘apropiada’ no es adecuada actualmente, desde el punto de vista socioeconómico. El suministro de agua es una parte de la infraestructura y generalmente necesita de grandes inversiones. Especialmente en Tegucigalpa, el desarrollo de fuentes de agua requiere de enormes costos debido a sus condiciones topográficas y meteorológicas. Una tarifa cubriendo todos los costos, incluyendo inversiones para el desarrollo de fuentes de agua, haría recaer un gran peso financiero en los usuarios. Por lo tanto es necesario ajustar el nivel de la tarifa para los usuarios. La reducción del monto puede tomarse como un costo social. Es natural asignar este costo social al gobierno.

En el Estudio, se asume que 30 % del costo de la inversión inicial para el desarrollo de fuentes de agua, en otras palabras, los costos de construcción de la Presa de Los Laureles II y la Presa Quiebra Montes serían cubiertos con subsidios por parte del gobierno como un costo social.

### **(3) Políticas para la Sustentabilidad**

El logro de la sustentabilidad puede alcanzarse seleccionando indicadores adecuados de sustentabilidad y monitoreándolos. Aquí el monitoreo significa simular condiciones financieras con parámetros estimados, para monitorear los indicadores y obtener realimentación. Actualmente, SANAA carece del concepto de monitoreo en este sentido. Por lo tanto es necesario introducir nuevos métodos de planificación financiera hacia la sustentabilidad. El Estudio adopta un flujo de efectivo neto y una tasa interna de retorno financiera (TIRF) como indicadores de sustentabilidad. Los criterios de la sustentabilidad son como sigue:

Los montos acumulados de flujo de efectivo neto son siempre positivos durante el período de evaluación.

La TIRF excede el 6.0 %, lo que equivale a la tasa de interés neta del mercado en Honduras.

#### **5.10.2 PROCEDIMIENTOS DE PLANIFICACIÓN**

Los siguientes procedimientos se aplicaron para hacer el plan financiero propuesto.

Estimar los costos de inversión de los proyectos propuestos en el plan maestro y en los proyectos en marcha en cada año. Los costos de inversión de los proyectos en marcha se estimaron aproximadamente basándose en la información/datos disponibles.

Estimar los costos de operación y mantenimiento para todas las instalaciones, incluyendo las existentes. Los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones existentes se estimaron en forma aproximada, basándose en los estados financieros pasados.

Estudio de un nivel de tarifa requerido para un servicio de agua sustentable.

Determinar la tarifa óptima que cumple los criterios de sustentabilidad.

Efectuar un estudio de sensibilidad sobre los criterios de sustentabilidad contra la variación de costos e ingresos.

#### **5.10.3 COSTOS FINANCIEROS**

##### **(1) Principales Precondiciones y Supuestos**

Las siguientes precondiciones y supuestos se aplicaron en el plan financiero.

El plan financiero trata todos los costos acumulados por la División Metropolitana.

La unidad monetaria es el Lempira y su valor se expresa según los precios a junio del 2000.

El período de evaluación es de 50 años, desde el inicio de la ejecución del proyecto.

Después del año previsto de 2015, se estima que el valor de las variables relacionadas con los ingresos y costos de operación y mantenimiento mantendrán el nivel del 2015.

El fondo de retiro se estima en 6 millones de dólares. Se asume que el monto se pagará en 20 años. Adicionalmente, el incremento anual del fondo de retiro es estimado como una cantidad equivalente al costo de personal por un (1) mes. Como resultado, el egreso anual del fondo de retiro es estimado en \$ 834.000 USD.

Los costos iniciales de la inversión serán cubiertos por préstamos externos.

Se asume que SANAA podría emitir bonos para cubrir el déficit financiero en el corto plazo. Las tasas de interés de los bonos se asumen en 5%, y el período de pago se asume como de cinco (5) años, a partir del año siguiente a la emisión.

Para los proyectos propuestos en el plan maestro, se asumieron las siguientes condiciones de préstamo, basadas en las condiciones de préstamos del BID.

Período de pago:	40 años
Período de gracia:	10 años (sólo para la amortización del capital principal)
Tasa de interés:	1 % para los primeros 10 años y 2 % para los siguientes

Para los proyectos en marcha, se asumieron las siguientes condiciones de préstamo:

Período de pago:	40 años
Período de gracia:	10 años (sólo para la amortización del capital principal)
Tasa de interés:	1 %

El período de depreciación se estima como sigue:

Trabajo civil:	40 años
Tubería (HFD) :	35 años
Maquinaria y equipo eléctrico:	20 años
Camiones cisterna:	15 años

## (2) Costos de Inversión

Los costos de inversión para los proyectos propuestos en el plan maestro se estimaron en la sección anterior. Los costos de inversión para los proyectos en marcha se estimaron aproximadamente como sigue:

Proyecto BID/1029 :	USD 10 millones anuales, USD 2 millones del 2001 al 2005
Proyecto del Banco Mundial:	USD 5 millones anuales, USD 1 millón del 2001 al 2005
Proyecto del Gobierno Francés:	USD 8 millones en el 2001
Proyecto de la Comunidad Europea:	USD 2,43 millones anuales, USD 1.215.000 en 2001/2002

## (3) Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento para las instalaciones propuestas en el plan maestro fueron estimados en la sección anterior. Los costos totales de operación y mantenimiento, incluyendo las instalaciones existentes, fueron estimados aproximadamente en base a los estados financieros del pasado de SANAA y de la expectativa de venta de agua (en base a la producción) de cada año, básicamente.

Sin embargo, el costo de personal se estima basándose en el personal estimado, el cual podría aumentar de la cantidad actual en el 2000, a la cantidad propuesta de 1.374 en el 2008, y quedar fijo después. Se estima que el costo de reparación aumentará en un 10% anualmente.

### 5.10.4 ESTUDIO SOBRE EL NIVEL DE LA TARIFA

#### (1) Generalidades

El estudio en el nivel de la tarifa pretende estimar el nivel de tarifa que le permitiría a SANAA operar el servicio de suministro de agua bajo condiciones sostenibles. Como un criterio de sostenimiento, se aplicó un monto acumulado de flujo de efectivo neto. El mencionado nivel de tarifa, en el cual el monto acumulado de flujo de efectivo neto fue siempre positivo durante el período de evaluación, se obtuvo con base a ensayos de prueba y error. El mencionado nivel de tarifa se expresa en la cantidad de veces mayor que el nivel existente.

Adicionalmente, fueron estudiados, también, los niveles de tarifa basados en lo accesible y la disposición a pagar por parte de los usuarios.

#### (2) Nivel de Tarifa Existente

El nivel de tarifa existente se estimó en base al registro de ventas de SANAA, como se muestra en la *Tabla 5.38*.

**Tabla 5.38 Nivel de Tarifa Existente**

Categoría de usuario	Ingresos en 1999	Cantidad de Servicio	Nivel de tarifa existente
Doméstico	Lps. 58.201.330	852.271 personas	28,2 Lps/vivienda/mes
No-doméstico	Lps. 56.157.464	9.492.120 m <sup>3</sup> /año	5,92 Lps/m <sup>3</sup>

Fuente: Registro de ventas de SANAA

En adición, el nivel de tarifa existente del suministro por camiones cisterna fue estimado en 15 Lps/m<sup>3</sup>, en base al resultado de las encuestas.

#### (3) Nivel de Tarifa Basado en la Accesibilidad y la Disposición a Pagar por parte de los Usuarios

La encuesta de uso de agua, realizada en el estudio, nos da el ingreso mensual promedio por vivienda y la disposición de pagar por el servicio de suministro de agua las 24 horas, en calidad y cantidad adecuadas. De acuerdo con estos resultados, el nivel de tarifa para los usuarios domésticos, basado en lo accesible y la disposición a pagar de los usuarios de pagar, son estimados de acuerdo a lo mostrado en la *Tabla 5.39*.

**Tabla 5.39 Nivel de Tarifa Doméstica basado en la Accesibilidad y Disposición a Pagar**

Clase Social	Accesibilidad (Lps/viv./mes)	Disposición a pagar (Lps/viv./mes)
Clase S	581,3	217,6
Clase A	345,5	217,6
Clase M	250,8	98,4
Clase C	117,3	98,4
Clase B	189,5	98,4
Clase P	149,1	86,8
Clase T	65,5	116,6
Usuarios Domésticos*	129,5	110,7

\* Promedio entre las clases sociales

El nivel accesible del cargo por el agua doméstica y por alcantarillado aplicado es 2,5% del ingreso familiar, de acuerdo con el Banco Mundial. El resultado nos muestra que los niveles de tarifa estimados, basados en la accesibilidad y la disposición a pagar, son 4,60 veces y 3,93 veces más altos, respectivamente, que el nivel de tarifa existente para los usuarios domésticos.

El nivel de tarifa para los usuarios no-domésticos, basado en la disposición a pagar, se estimó en 3,78 veces más alto que el nivel de tarifa existente. Puesto que no hay datos concernientes a la accesibilidad de los usuarios no-domésticos, el mismo nivel de la disposición a pagar de los usuarios no-domésticos se aplica como el nivel de tarifa accesible para los usuarios no-domésticos.

#### (4) Estudio del Nivel de Tarifa Basado en Políticas Básicas

El nivel de tarifa propuesto fue determinado repitiendo cálculos con niveles de tarifa diferente, hasta que se cumplieron las siguientes condiciones.

El subsidio estatal cubre un tercio del costo de inversión inicial de la Presa Los Laureles II y de la Presa Quiebra Montes.

Los montos acumulados de flujo de efectivo son siempre positivos durante el período de evaluación.

La TIRF excede el 6,0 %.

Se ha notado que la tasa de cobro de facturas se estima en 95% en los estados de flujo de caja. La cantidad de cobro existente contra la cantidad facturada es cercana al 100%, sin embargo se dice que cerca de 7.000 usuarios no fueron facturados. En adición, el nivel de tarifa se planea elevarlo escalonadamente. En el 2001, cuando comienza el Plan Maestro, el nivel de tarifa sube en 40% de acuerdo a la última información de SANAA, y en el 2004 el nivel de tarifa sube hasta 3,05 veces más que el nivel actual según la propuesta de tarifa de SANAA, luego en el 2008, cuando entra en servicio la PTA Quiebra Montes, el nivel de tarifa sube hasta el nivel propuesto por el Plan Maestro.

Los niveles de tarifa determinados son de 102,0 Lps/vivienda/mes para los usuarios domésticos y 21,4 Lps/m<sup>3</sup> para los no-domésticos, respectivamente. Los niveles de tarifa determinados son 3,62 veces más altos que los existentes. Este nivel de tarifa es mucho más bajo que aquellos basados en la accesibilidad y la disposición a pagar, por parte de los usuarios.

#### 5.10.5 PLAN DE FINANCIAMIENTO PROPUESTO

La TIRF con los niveles de tarifa determinados es 6,0 %. Los estados del flujo de caja del plan de financiamiento propuesto se muestra en la *Tabla 5.40*.

Se llevó a cabo un análisis de sensibilidad acerca del plan de financiamiento propuesto, en términos de TIRF con 10% de variación de los costos e ingresos. Los resultados se muestran en la *Tabla 5.41*.

**Tabla 5.41 Resultados del Análisis de Sensibilidad de la TIRF**

Variación de Costo	Variación de Ingresos		
	+10 %	0 %	-10 %
-10 %	9,9 %	8,0 %	6,1 %
0 %	7,7 %	6,0 %	4,2 %
+10 %	5,8 %	4,2 %	2,4 %

El resultado nos muestra que la TIRF del plan financiero propuesto no es tan sensible con una variación del 10% del costo y de los ingresos, y la cantidad acumulada de flujo de caja neto es siempre positivo aun bajo las condiciones más severas de 10% de aumento de los costos y 10% de disminución de los ingresos.

Tabla 5.40 Estados del Flujo de Caja del Plan Financiero Propuesto

Año	Ingresos A	Costo OM (incl. beneficios de retiro) B	Costo de inversión (incl. reemplazo) C	Subsidio D	Flujo de caja antes del financiamiento E=A-B-C+D	Préstamo F	Fondos disponibles antes del servicio de la deuda G=E+F	Pago del principal H	Pago de intereses I	Flujo de caja neto J=G-H+I	NCF acumulado K=ΣJ	Emisión de bonos L	Pago principal M	Pago de intereses N	NCF acumulado después de la emisión de bonos O=Σ(K-L-M+N)
2001	10,575,866	10,335,251	17,493,423	0	-17,525,808	14,581,520	-2,671,288	0	145,815	-2,817,103	-2,817,103	3,100,000	0	155,000	127,897
2002	13,335,083	10,373,408	13,035,411	1,192,574	-8,881,162	10,123,507	2,434,919	0	247,050	-2,187,869	-629,234	0	620,000	155,000	1,540,766
2003	13,578,163	10,416,285	33,176,093	6,159,204	-23,855,011	30,264,190	12,586,382	0	549,692	12,018,690	11,389,456	0	620,000	124,000	12,815,456
2004	20,508,708	10,464,354	55,052,108	10,800,050	-34,207,704	52,140,205	28,732,551	0	1,071,094	27,661,456	39,050,912	0	620,000	93,000	39,783,912
2005	26,118,411	11,332,533	60,782,485	9,147,769	-36,848,838	57,870,582	30,169,514	0	1,649,900	28,519,714	67,570,626	0	620,000	62,000	67,602,626
2006	26,498,507	11,392,572	102,776,527	10,140,175	-77,530,417	99,864,624	32,474,382	0	2,648,446	29,825,936	97,396,562	0	620,000	31,000	97,776,562
2007	27,816,519	11,757,978	98,809,102	8,106,319	-74,644,242	95,897,199	28,359,272	0	3,607,418	25,751,858	123,148,420	0	0	0	122,528,420
2008	38,806,466	13,250,236	56,954,030	16,212,838	-15,185,162	54,042,127	55,069,603	0	4,147,840	50,921,764	174,070,184	0	0	0	173,450,184
2009	39,481,066	13,393,495	3,885,163	0	22,202,408	973,260	23,175,668	0	4,157,572	19,018,096	193,088,280	0	0	0	192,468,280
2010	40,156,053	13,545,587	4,735,163	0	21,875,303	1,823,260	23,698,563	0	4,175,805	19,522,759	212,811,038	0	0	0	211,991,038
2011	40,831,429	13,707,437	4,485,163	0	22,638,829	1,573,260	24,212,089	1,402,753	4,496,331	18,373,005	230,884,043	0	0	0	230,364,043
2012	41,507,193	13,880,062	5,085,163	0	22,541,967	2,173,260	24,715,227	1,404,233	6,515,509	9,834,884	240,918,927	0	0	0	240,298,927
2013	42,183,344	14,064,579	2,911,903	0	25,206,862	0	25,206,862	14,044,233	8,089,175	3,073,454	243,992,381	0	0	0	243,372,381
2014	42,859,884	14,282,218	2,911,903	0	25,665,763	0	25,665,763	14,044,233	7,813,433	3,828,096	247,820,477	0	0	0	247,200,477
2015	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	7,537,692	4,568,654	252,389,131	0	0	0	251,769,131
2016	43,536,811	14,474,328	4,471,903	0	24,470,580	0	24,470,580	14,044,233	6,986,209	3,440,137	259,113,664	0	0	0	255,053,627
2017	43,536,811	14,474,328	4,591,903	0	21,437,460	0	21,437,460	14,044,233	6,710,468	682,756	259,796,423	0	0	0	258,493,664
2018	43,536,811	14,474,328	7,488,903	0	21,573,580	0	21,573,580	14,044,233	6,434,727	1,094,620	260,891,043	0	0	0	260,271,043
2019	43,536,811	14,474,328	7,608,903	0	21,453,580	0	21,453,580	14,044,233	6,158,985	1,250,361	262,141,404	0	0	0	261,521,404
2020	43,536,811	14,474,328	5,045,903	0	24,016,580	0	24,016,580	14,044,233	5,883,244	4,069,102	266,230,506	0	0	0	265,610,506
2021	43,536,811	14,474,328	5,045,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	5,607,503	4,364,844	270,595,350	0	0	0	269,975,350
2022	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	5,331,762	6,774,585	277,369,935	0	0	0	276,749,935
2023	43,536,811	14,474,328	4,101,903	0	24,860,580	0	24,860,580	14,044,233	5,056,020	5,860,326	283,230,261	0	0	0	282,610,261
2024	43,536,811	14,474,328	15,008,903	0	24,380,580	0	24,380,580	14,044,233	4,780,279	5,556,068	288,786,329	0	0	0	288,166,329
2025	43,536,811	14,474,328	4,691,903	0	14,953,580	0	14,953,580	14,044,233	4,504,538	-4,495,191	284,291,138	0	0	0	283,671,138
2026	43,536,811	14,474,328	25,602,903	0	3,459,580	0	3,459,580	14,044,233	4,228,796	-14,813,450	269,477,689	0	0	0	268,857,689
2027	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	3,963,055	8,153,292	277,630,980	0	0	0	277,010,980
2028	43,536,811	14,474,328	3,161,903	0	26,900,580	0	26,900,580	14,044,233	3,677,314	8,179,033	285,810,013	0	0	0	285,190,013
2029	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	3,401,572	8,704,774	294,514,788	0	0	0	293,894,788
2030	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	3,125,831	7,420,516	301,935,303	0	0	0	301,315,303
2031	43,536,811	14,474,328	4,471,903	0	24,470,580	0	24,470,580	14,044,233	2,850,090	7,576,257	309,511,561	0	0	0	308,891,561
2032	43,536,811	14,474,328	7,605,023	0	21,437,460	0	21,437,460	14,044,233	2,574,348	4,818,878	314,330,439	0	0	0	313,710,439
2033	43,536,811	14,474,328	7,488,903	0	21,573,580	0	21,573,580	14,044,233	2,298,607	5,230,740	319,561,179	0	0	0	318,941,179
2034	43,536,811	14,474,328	7,858,903	0	21,203,580	0	21,203,580	14,044,233	2,022,866	5,136,481	324,697,660	0	0	0	324,077,660
2035	43,536,811	14,474,328	5,045,903	0	24,016,580	0	24,016,580	14,044,233	1,747,124	8,225,222	332,922,882	0	0	0	332,302,882
2036	43,536,811	14,474,328	5,045,903	0	24,016,580	0	24,016,580	14,044,233	1,471,383	8,500,964	341,423,846	0	0	0	340,803,846
2037	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	1,195,642	10,810,705	352,334,551	0	0	0	351,714,551
2038	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	14,044,233	919,900	7,216,446	359,550,997	0	0	0	358,930,997
2039	43,536,811	14,474,328	6,881,903	0	22,180,580	0	22,180,580	14,044,233	392,188	644,159	359,943,185	0	0	0	359,323,185
2040	43,536,811	14,474,328	13,981,903	0	15,080,580	0	15,080,580	14,044,233	368,418	-10,251,268	349,691,917	0	0	0	349,071,917
2041	43,536,811	14,474,328	26,303,853	0	2,758,630	0	2,758,630	12,641,480	368,418	-10,251,268	349,691,917	0	0	0	349,071,917
2042	43,536,811	14,474,328	25,281,903	0	3,780,580	0	3,780,580	5,779,399	115,588	-2,114,407	347,577,510	0	0	0	346,957,510
2043	43,536,811	14,474,328	2,911,903	0	26,150,580	0	26,150,580	0	0	26,150,580	373,728,090	0	0	0	373,108,090
2044	43,536,811	14,474,328	6,017,403	0	23,045,080	0	23,045,080	0	0	23,045,080	396,773,170	0	0	0	396,153,170
2045	43,536,811	14,474,328	5,911,903	0	23,150,580	0	23,150,580	0	0	23,150,580	419,923,749	0	0	0	419,303,749
2046	43,536,811	14,474,328	35,962,903	0	-6,890,420	0	-6,890,420	0	0	-6,890,420	413,033,329	0	0	0	412,413,329
2047	43,536,811	14,474,328	38,247,903	0	-9,185,420	0	-9,185,420	0	0	-9,185,420	403,847,909	0	0	0	403,227,909
2048	43,536,811	14,474,328	7,625,023	0	21,437,460	0	21,437,460	0	0	21,437,460	425,285,369	0	0	0	424,665,369
2049	43,536,811	14,474,328	7,488,903	0	21,573,580	0	21,573,580	0	0	21,573,580	446,858,948	0	0	0	446,238,948
2050	43,536,811	14,474,328	7,608,903	0	21,453,580	0	21,453,580	0	0	21,453,580	468,312,528	0	0	0	467,692,528

Nivel de subsidio : 30 % de los Costos de Inversión de la Pesa

Nivel de subsidio : 3.62 veces mayor que el nivel existente

TIRF = 6.0%

## 5.11 SELECCION DEL PROYECTO PRIORITARIO

### 5.11.1 CRITERIOS DE SELECCION

Con el fin de seleccionar el proyecto prioritario, aquellos proyectos incluidos en el Plan Maestro fueron comparados en términos de aspectos de urgencia, importancia, programa, técnicos, económicos, ambientales.

#### (1) Urgencia

Tomando en cuenta la deficiencia de agua actual en el área, los tres proyectos son urgentes.

#### (2) Importancia

El Proyecto Quebra Montes ocupa una gran porción del plan maestro, y es el componente más importante del Plan Maestro. El Proyecto de Control de Fugas, el cual provee solamente el sistema de monitoreo, tiene menos importancia en el reconocimiento de efectos en los proyectos, mientras que sería esencial para el programa de reducción de fugas.

#### (3) Programa

El proyecto Los Laureles II tiene una ventaja de programa, puesto que no hay necesidad de construcción de líneas de conducción, plantas de tratamiento, sistemas de transmisión o distribución. El Proyecto de Control de Fugas tiene también la ventaja del programa.

#### (4) Aspectos Técnicos

No se anticipan problemas técnicos importantes para ninguno de los tres proyectos.

#### (5) Aspecto Económico

Cuando se comparan los costos específicos, la presa Los Laureles II tiene una mejor posición que el Proyecto Quebra Montes y el Proyecto de Control de Fugas.

#### (6) Aspecto Ambiental

La presa Los Laureles II tiene la desventaja de reubicar 20 casas. En cuanto al ambiente natural, Quebra Montes tiene un efecto más grande debido a su área de embalse más grande.

El Proyecto de Control de Fugas no tendrá ningún efecto en las condiciones ambientales.

### 5.11.2 CONCLUSION

El resultado comparativo se muestra en la *Tabla 5.42*. Basado en la comparación arriba descrita, hubo discusiones entre el Equipo de Estudio y SANAA en la selección de los proyectos F/S. En conclusión, el Proyecto Los Laureles II fue seleccionado como el proyecto para el estudio de viabilidad.

**Tabla 5.42 Selección de los Proyectos Prioritarios**

Nombre del Proyecto	Urgencia	Importancia	Programa	Técnico	Económico	Ambiental	Proyectos F/S
Proyecto Los Laureles II	A	B	A	A	A	B	X
Proyecto Quebra Montes	A	A	B	A	B	B	
Proyecto Control de Fugas	A	B	A	A	B	A	

## *Capítulo 6*

### *Evaluación del Plan Maestro Propuesto*

## CAPITULO 6

### EVALUACION DEL PLAN MAESTRO PROPUESTO

#### 6.1 GENERAL

El estudio reveló los siguientes hechos en relación con el suministro de agua de Tegucigalpa.

Existe un déficit de suministro de agua al comparar la capacidad de suministro de agua presente y la producción de agua requerida estimada.

La restricción principal de la capacidad de producción de agua es la capacidad de la fuente de agua.

Adicionalmente al déficit de agua actual, el déficit aumenta más debido al crecimiento esperado de la población.

Las pérdidas por fugas agravan la falta de agua aumentando el consumo de agua aparente.

Aun si es posible reducir las pérdidas por fugas a su límite extremo, la producción de agua requerida estimada en el presente y el futuro excede la capacidad de la fuente de agua existente y la capacidad de producción de agua.

En base a estos descubrimientos, el Plan Maestro propone los siguientes tres proyectos para resolver el déficit actual, para responder al aumento de la demanda futura esperada y para mejorar los problemas de fugas para la conservación de la valiosa fuente de agua y para evitar el desperdicio de los costos de operación:

El Proyecto Los Laureles II, el cual desarrolla 160 l/seg. de agua por la construcción de la presa Los Laureles II y suministra el agua utilizando completamente las instalaciones de suministro de agua existentes.

El Proyecto Quebra Montes, el cual desarrolla 1.040 l/seg. de agua por la construcción de la presa Quebra Montes y aumenta y optimiza la capacidad de suministro de agua con la construcción de nuevas instalaciones de suministro de agua y por la reorganización de los sistemas de distribución y transmisión..

El Proyecto de Control de Fugas, el cual provee un sistema de medición del agua a través de todo el sistema para obtener la base necesaria para el establecimiento del costo efectivo de las futuras medidas de control de fugas.

Los dos proyectos de arriba, Los Laureles II y Quebra Montes, físicamente aseguran la capacidad de producción de agua instalada para responder al déficit de agua en el presente y el futuro. Ambos proyectos involucran la construcción de presas. El Proyecto Quebra Montes, en particular, involucra la construcción de una presa de gran tamaño considerable, resultando en un inmenso costo del proyecto. Tal proyecto a gran escala puede causar una severa dificultad en la implementación del Plan Maestro desde el punto de vista de las fuentes financieras y de los aspectos sociales y ambientales. Sin embargo, en el área donde el invierno y el verano están muy bien separados y las áreas de captación de los ríos son relativamente pequeñas pese a que hay una considerable cantidad de precipitaciones y además, la disponibilidad de aguas subterráneas es muy limitada, el almacenaje de agua en el invierno y su uso en el verano es el único método para utilizar el agua de la superficie. Por lo tanto, la construcción de la presa es considerado un modo perentorio del desarrollo de las fuentes de agua..

Mientras El Estudio reconoce la importancia del control de fugas, el Plan Maestro no propone de hecho contramedidas para reducir las pérdidas de agua. Esto es porque la información disponible sobre las condiciones actuales de pérdidas es muy limitada y no es suficiente para estimar los efectos y para evaluar la efectividad de costos con sólido respaldo. Por lo tanto, el

Plan Maestro propone la instalación de dispositivos de medición de flujo a través de todo el sistema para obtener los datos básicos requeridos para un análisis de fugas, esperando que las contramedidas efectivas en costo serán formuladas en base al análisis en el futuro cercano. Esto será más realista que proponer contramedidas sin antecedentes sólidos.

## 6.2 ASPECTO ECONÓMICO

### 6.2.1 BENEFICIO ECONÓMICO

En general, los beneficios económicos esperados de los proyectos de mejoramiento del suministro de agua son usos adicionales del agua lo cual trae mejores actividades económicas, mejoramientos en la higiene tales como la disminución de la mortandad infantil o la morbilidad de las enfermedades propagadas por agua contaminada, y así sucesivamente. Sin embargo, estas clases de beneficios económicos no pueden ser esperados como resultado del Plan Maestro propuesto, porque la revisión de las condiciones existentes revelan que la cobertura del servicio de suministro de agua excede el 80% y en general la calidad del agua es aceptable.

Lo que se puede esperar como beneficio económico del Plan Maestro propuesto es el mejoramiento del nivel del servicio de suministro de agua en Tegucigalpa. Es fácil de describir este mejoramiento del nivel de servicio de una manera cualitativa, esto es, aumentar la población con servicio y realizar el suministro de agua las 24 horas con suficiente presión del agua. Por otro lado, para evaluar los beneficios económicos de este mejoramiento es bien poco fácil. Por ejemplo, cuando la duración del servicio del suministro de agua aumente de 8 horas a las 24 horas al día, aparentemente es más conveniente para el usuario. Sin embargo, es muy difícil evaluar el beneficio económico de esta conveniencia, porque un valor de conveniencia es determinado más subjetivamente que objetivamente. Para evaluar este tipo de beneficio subjetivo, es común medir la disposición a pagar de los usuarios. Pese a que este enfoque de la disposición a pagar tiene una debilidad en su precisión, es un método útil para evaluar este tipo de beneficio económico.

En El Estudio, la disposición a pagar de los usuarios fue estimada como uno de los objetivos de la encuesta de utilización del agua. Para estimar los beneficios económicos adicionales producidos por el Plan Maestro, en los cuestionarios se preguntó la disposición a pagar por el servicio existente y por el mejor servicio con suministro de agua las 24 horas. La disposición a pagar de los usuarios estimada se muestra en las *Tablas 6.1*.

**Tabla 6.1 Disposición a Pagar Estimada de los Usuarios Domésticos**

Clase social	Por el Mejor Servicio (Lps/viv./mes)	Por el Servicio Existente (Lps/viv./mes)	Disposición a Pagar Adicional (Lps/viv./mes)
S y A	217,6	17,3	200,3
M, B, y C	98,4	4,9	93,5
P	86,8	5,6	81,2
T	116,6	2,2	114,4

La disposición a pagar estimada de los usuarios no-domésticos por el mejor servicio y el servicio existente son 3,87 veces y 0,26 veces el nivel de tarifa existente, respectivamente. Así, la disposición a pagar adicional es 3,61 veces el nivel de tarifa existente.

La disposición a pagar de los no usuarios por el mejor servicio es 255,0 Lps/vivienda/mes. Se asumió que los no usuarios no tienen ninguna disposición a pagar por el servicio existente.

Los beneficios económicos anuales producidos por el Plan Maestro propuesto fueron estimados por los siguientes cálculos.

Usuarios domésticos: Beneficio económico anual =  $\sum (N_{Di} \times DAP_{Di})$

Usuarios no domésticos: Beneficio económico anual =  $T_{ND0} \times C_{ND} \times DAP_{ND}$

Nuevos usuarios domésticos: Beneficio económico anual =  $N_N \times DAP_N$

Donde,

$N_{Di}$ : número de usuarios domésticos de clase social i,

$DAP_{Di}$ : disposición a pagar adicional de los usuarios domésticos de clase social i,

$T_{ND0}$ : el nivel de tarifa existente para los usuarios no domésticos,

$C_{ND}$ : consumo de agua anual de los usuarios no domésticos,

$DAP_{ND}$ : disposición a pagar adicional de los usuarios no domésticos,

$N_N$ : número de nuevos usuarios domésticos en el área extendida de servicio de agua por tubería, y

$DAP_N$ : disposición a pagar adicional de los no usuarios.

### 6.2.2 COSTOS ECONÓMICOS

Los costos económicos del Plan Maestro propuesto fueron estimados en base a los costos estimados antes mencionados con las siguientes precondiciones y suposiciones.

El factor de conversión estándar fue calculado en 0,9634 en base a las estadísticas de importación y exportación y a los impuestos existentes y al subsidio a la importación y exportación. El factor de conversión estándar fue aplicado a todos los costos excepto a los bienes importados.

Los impuestos de importación para químicos (16%) y combustibles (5%) fueron deducidos de los costos de químicos y de combustibles.

Un impuesto de 10% fue deducido de los costos de personal.

No fue aplicado factor de ajuste para los costos de personal de trabajadores no especializados.

La tasa de cambio real se asume fija porque el gobierno hasta ahora no ha establecido ninguna medida de protección especial para el comercio y su moneda.

### 6.2.3 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

En base a los beneficios económicos y a los costos del Plan Maestro, la tasa interna de retorno económico (TIRE) fue calculada en 8.0 %. En la *Tabla 6.2* se muestra una hoja del cálculo de la TIRE. Puesto que el costo de oportunidad del capital (COC) es asumido en 4%, en base al rendimiento real de los bonos del estado de Honduras, la TIRE calculada de 8,0 % indica que el Plan Maestro propuesto es factible desde el punto de vista económico.

Un análisis de sensibilidad de la TIRE del Plan Maestro fue realizado con una variación del 10% de los costos y beneficios económicos. El resultado se muestra en la *Tabla 6.3*.

**Tabla 6.3 Resultados del Análisis de Sensibilidad de la TIRE**

Variación del Costo Económico	Variación del Beneficio Económico		
	+10 %	0 %	-10 %
-10 %	10,2 %	9,1 %	8,0 %
0 %	9,0 %	8,0 %	6,9 %
+10 %	8,0 %	7,0 %	6,0 %

Está confirmado que el Plan Maestro propuesto es factible económicamente aun bajo las más severas condiciones de un aumento de los costos económicos de 10% y de una disminución de los beneficios económicos de 10%.

**Tabla 6.2 TIRE del Plan Maestro**

(Unidad: USD)

Año	Beneficios económicos	Costos económicos	Flujo costo beneficio	Valor presente		
				Beneficios	Costos	NPV
2001	0	2,435,236	-2,435,236	0	2,341,573	-2,341,573
2002	0	6,038,827	-6,038,827	0	5,583,235	-5,583,235
2003	0	27,052,399	-27,052,399	0	24,049,484	-24,049,484
2004	0	48,636,128	-48,636,128	0	41,574,366	-41,574,366
2005	0	54,767,379	-54,767,379	0	45,014,794	-45,014,794
2006	0	98,905,709	-98,905,709	0	78,166,618	-78,166,618
2007	0	95,622,174	-95,622,174	0	72,664,994	-72,664,994
2008	40,807,229	57,883,809	-17,076,580	29,817,442	42,295,132	-12,477,690
2009	41,331,515	5,988,547	35,342,969	29,038,974	4,207,473	24,831,501
2010	41,856,194	6,926,760	34,929,433	28,276,545	4,679,471	23,597,074
2011	42,381,264	6,814,614	35,566,650	27,530,061	4,426,644	23,103,418
2012	42,906,727	7,571,355	35,335,373	26,799,415	4,729,046	22,070,370
2013	43,432,583	5,437,838	37,994,745	26,084,484	3,265,825	22,818,659
2014	43,958,831	5,424,811	38,534,019	25,385,129	3,132,693	22,252,436
2015	44,485,471	5,458,993	39,026,477	24,701,203	3,031,185	21,670,018
2016	44,485,471	7,018,993	37,466,477	23,751,156	3,747,498	20,003,659
2017	44,485,471	7,138,993	37,346,477	22,837,650	3,664,968	19,172,682
2018	44,485,471	9,087,333	35,398,138	21,959,279	4,485,763	17,473,516
2019	44,485,471	9,087,333	35,398,138	21,114,692	4,313,234	16,801,458
2020	44,485,471	10,223,866	34,261,604	20,302,588	4,666,039	15,636,549
2021	44,485,471	8,409,478	36,075,993	19,521,719	3,690,361	15,831,358
2022	44,485,471	8,409,478	36,075,993	18,770,884	3,548,425	15,222,459
2023	44,485,471	5,458,993	39,026,477	18,048,927	2,214,857	15,834,070
2024	44,485,471	6,811,493	37,673,977	17,354,737	2,657,310	14,697,428
2025	44,485,471	7,716,493	36,768,977	16,687,247	2,894,586	13,792,661
2026	44,485,471	17,979,803	26,505,668	16,045,430	6,485,121	9,560,309
2027	44,485,471	28,528,276	15,957,195	15,428,298	9,894,079	5,534,220
2028	44,485,471	5,458,993	39,026,477	14,834,902	1,820,451	13,014,451
2029	44,485,471	5,699,843	38,785,627	14,264,329	1,827,663	12,436,666
2030	44,485,471	5,458,993	39,026,477	13,715,701	1,683,110	12,032,592
2031	44,485,471	7,018,993	37,466,477	13,188,174	2,080,853	11,107,322
2032	44,485,471	7,138,993	37,346,477	12,680,937	2,035,027	10,645,910
2033	44,485,471	9,087,333	35,398,138	12,193,208	2,490,785	9,702,423
2034	44,485,471	9,087,333	35,398,138	11,724,239	2,394,986	9,329,253
2035	44,485,471	10,464,716	34,020,754	11,273,306	2,651,921	8,621,385
2036	44,485,471	8,409,478	36,075,993	10,839,718	2,049,127	8,790,591
2037	44,485,471	8,409,478	36,075,993	10,422,806	1,970,314	8,452,491
2038	44,485,471	5,458,993	39,026,477	10,021,928	1,229,832	8,792,097
2039	44,485,471	9,236,756	35,248,715	9,636,470	2,000,872	7,635,598
2040	44,485,471	15,952,281	28,533,190	9,265,836	3,322,685	5,943,151
2041	44,485,471	28,163,759	16,321,711	8,909,458	5,640,579	3,268,879
2042	44,485,471	27,147,105	17,338,365	8,566,786	5,227,852	3,338,935
2043	44,485,471	5,458,993	39,026,477	8,237,295	1,010,832	7,226,463
2044	44,485,471	8,630,534	35,854,937	7,920,476	1,536,635	6,383,841
2045	44,485,471	8,853,163	35,632,307	7,615,842	1,515,647	6,100,194
2046	44,485,471	38,281,881	6,203,590	7,322,925	6,301,728	1,021,197
2047	44,485,471	40,773,681	3,711,790	7,041,274	6,453,762	587,512
2048	44,485,471	9,806,235	34,679,236	6,770,456	1,492,458	5,277,998
2049	44,485,471	9,806,235	34,679,236	6,510,054	1,435,055	5,074,998
2050	44,485,471	10,223,866	34,261,604	6,259,667	1,438,627	4,821,040
Total	1,898,151,283	854,862,748	1,043,288,535	678,671,648	451,035,574	227,636,074

TIRE= 8.0%

COC= 4%

### 6.3 ASPECTO FINANCIERO

Los siguientes principios básicos aplicados en el plan financiero propuesto son también criterios para evaluar el Plan Maestro en el aspecto financiero.

- Transparencia
- Autonomía Financiera
- Sustentabilidad

La transparencia es evaluada por si es posible acceder a las condiciones financieras de la División Metropolitana en base a los estados financieros. Nosotros concluimos que el plan financiero propuesto, el cual requiere introducir el cálculo de la inflación y anotar el subsidio gubernamental y las reservas de pensión de retiro en los estados financieros, permitirá a terceros evaluar las condiciones mencionadas arriba.

La autonomía financiera depende principalmente de la decisión del gobierno del estado. Se concluye que el Plan Maestro propuesto puede alcanzar la autonomía financiera de SANAA condicionado a que el gobierno del estado apruebe el régimen de tarifas propuesto en el Plan Maestro.

Para alcanzar la sustentabilidad financiera se propone un aumento del nivel de tarifa en 3,62 veces. Puesto que el nivel de tarifa propuesto es menor que la accesibilidad y la disposición a pagar de los usuarios, se concluye que el Plan Maestro propuesto es viable financieramente.

### 6.4 ASPECTO ADMINISTRATIVO

Pese a que hay grandes discusiones sobre la futura forma de organización de SANAA, una dirección hacia la descentralización parece ser acordada por todas las partes concernientes. Descentralización es uno de los criterios de evaluación.

Las discusiones sobre la forma de organización futura de SANAA en realidad quedan atrapadas en un círculo vicioso. Para resolver los problemas de administración existentes se llama a la municipalización o a la privatización, sin embargo los mismos problemas obstruyen para implementar estas reformas estructurales. Por lo tanto, nosotros seleccionamos otro criterio de evaluación de la administración como la flexibilidad estructural de la organización.

El plan de organización propuesto reforzará la autosustentabilidad de la División Metropolitana del SANAA estableciendo varias importantes secciones tales como departamento de planificación, financiero y de información. Se concluye que el Plan Maestro propuesto contribuirá a realizar la descentralización del SANAA del modo apropiado.

El plan de organización propuesto y el plan financiero son preparados tomando en consideración la futura municipalización y privatización. El Plan Maestro propuesto preparará la fundación de una futura privatización, y cuando sea implementada una privatización no será una solución de problemas de administración sino una opción para la búsqueda de una mayor eficiencia del servicio.

Para la evaluación de la eficiencia del servicio, el número de usuarios por cada persona en la plantilla es ampliamente adoptado como criterio de evaluación. *La Tabla 6.4* muestra el resultado de la evaluación de la eficiencia del servicio usando este criterio.

**Tabla 6.4 Número de Usuarios del Servicio por Empleado**

Item	Año 2000			Año 2015			Mejoramiento (%)		
	Tubería	Camión-cisterna**	Total	Tubería	Camión cisterna**	Total	Tubería	Camión cisterna	Total
Cantidad de personal*	962	36	998	824	470	1.294	51,1	-1,206	-23,3
Número de usuarios	854.271	66.706	920.977	1.150.348	210.459	1.360.807	34,7	215,5	47,8
<b>Número de usuarios por empleado</b>	<b>888</b>	<b>1.853</b>	<b>923</b>	<b>1.396</b>	<b>448</b>	<b>1.052</b>	<b>57,2</b>	<b>-75,8</b>	<b>14,0</b>

\*: Cantidad de personal de la División Metropolitana del SANAA incluido el departamento de desagüe. En el caso del año 2000, incluye la cantidad de personal en la oficina principal que trabaja exclusivamente para la división metropolitana.

\*\* : La cantidad de personal para los camiones cisterna indica el personal de la unidad de desarrollo comunitario. Debe tomarse en cuenta que hay muchos camiones cisterna de operadores privados que no están consideradas aquí..

La Tabla 6.4 muestra que la eficiencia del servicio de la división metropolitana aumenta en 14%. De acuerdo con el plan de organización propuesto, el número de usuarios por empleado de suministro de agua por tubería alcanza a 1.396 personas/empleado, lo que es un 57 % de aumento respecto al presente de 888 personas/empleado.

El Estudio también analiza el requerimiento de personal para la nueva plantilla. La Tabla 6.5 resume la comparación de requerimientos de personal de la organización existente y de la organización planificada

**Tabla 6.5 Comparación del Requerimiento de Personal**

Nivel del personal	Organización actual*	Organización propuesta	Incremento
Nivel ejecutivo y de jefe	62 (29**)	79	17
Nivel administrativo y técnico	167 (129**)	289	122
Nivel de trabajadores no especializados	849 (674**)	1.006	157
<b>Total</b>	<b>1.078 (832**)</b>	<b>1.374</b>	<b>296</b>

\* : Información adaptada del Departamento de Recursos Humanos de SANAA, Abril 2000. Esta cifra incluye una parte del personal de la oficina central que trabaja exclusivamente para la división metropolitana.

\*\* : Cantidad de personal que actualmente pertenece a la división metropolitana.

El plan de organización propuesto requiere de nuevo personal en todos los niveles. Por lo tanto, la optimización de la organización no necesita de reducción del personal.

En base a las discusiones de arriba, se concluye que el Plan Maestro propuesto es factible desde el punto de vista administrativo.

## 6.5 ASPECTO TÉCNICO

SANAA tiene mucha experiencia en la construcción de instalaciones de suministro de agua incluidas presas, líneas de conducción, plantas de tratamiento, líneas de transmisión y tuberías de distribución. Por otro lado, la escala estructural de las presas y de las instalaciones de suministro de agua en el plan maestro no es tan grande y SANAA tiene experiencia en construcción de presas de gravedad de concreto y de escollera de escala significativa. Por lo tanto, el Plan Maestro es factible desde el punto de vista técnico.

SANAA también tiene abundante experiencia en la operación y mantenimiento de instalaciones de suministro de agua. La técnica de operación de compuertas de presas también es algo familiar para SANAA. La Presa existente Los Laureles está equipada con compuerta de

caucho por ocho años y hay un plan de instalación en la Presa Concepción. Cuando la Presa Los Laureles II y la Presa Quiebra Montes estén terminadas SANAA tiene que operar cuatro presas, de entre las cuales tres están equipadas con compuertas. Esta complejidad de operación es inevitable considerando la escasez de fuentes de agua comparada con el aumento de la demanda. SANAA tiene que acumular la experiencia de operación de cuatro presas durante el invierno y el verano.

En el Plan Maestro, la evaluación de la fuentes de agua fue hecha en considerando el mes más seco del año más seco una vez cada diez años. Así, por ejemplo, la capacidad de fuente de agua del sistema Picacho es evaluada como 350 l/seg. mientras que la capacidad de producción de la Planta de Tratamiento Picacho es 900 l/seg. Por lo tanto, optimizando la operación del sistema integrado incluyendo las cuatro presas (Quiebra Montes, Los Laureles II, Los Laureles y Concepción) y las cuatro plantas de tratamiento (Quiebra Montes, Los Laureles, Concepción y Picacho), puede ser posible aumentar la capacidad de suministro del sistema. Este punto debe ser estudiado más en el futuro.

## **6.6 ASPECTO AMBIENTAL Y SOCIAL**

### **6.6.1 ASPECTO AMBIENTAL**

Desde el punto de vista del potencial de las fuentes de agua, la cuenca del Río Guacerique es la fuente de agua más confiable e importante. Ambos proyectos (2) propuestos en el Plan Maestro son en la cuenca del Río Guacerique.

Sin embargo, debido a la topografía relativamente plana y una conveniente condición de transporte, el desarrollo de viviendas y la irrigación privada se desarrollan de forma incontrolada y hay peligro del deterioro de las fuentes de agua en términos de calidad y cantidad.

En el Plan Maestro propuesto, la importancia de la preservación de la fuente de agua en la cuenca se destacó como sigue;

#### **(1) Proyecto Ciudad Mateo**

La dificultad de asegurar recursos de agua escasos fue reconocido en El Estudio y fue evaluada la suspensión del Proyecto Ciudad Mateo como una decisión muy sabia considerando el tremendo impacto del proyecto en la política de fuentes de agua de Tegucigalpa. Tal como este Plan Maestro está basado en la suposición de que el Proyecto Ciudad Mateo es suspendido como está ahora, debe formularse un programa de desarrollo regional para integrar este plan de suministro de agua y el plan maestro de desarrollo de viviendas de Tegucigalpa.

#### **(2) Aspiración No Autorizada de Agua**

En El Estudio, se identificó en la Cuenca del Río Guacerique la aspiración de agua no autorizada de la Base Militar y de irrigación privada. De acuerdo con la “Ley de Explotación de Aguas Nacionales”, es posible para SANAA reclamar la ilegalidad del hecho y forzarlos a parar la aspiración con el objeto de preservar la cantidad de agua.

#### **(3) Calidad de Agua**

Los valores presentes de la calidad del agua en los tributarios de la cuenca mayormente satisfacen el estándar de calidad del Ministerio de Salud excepción de algunos lugares, donde entidades particulares descargan aguas negras. Poniendo en vigor la Ley de Explotación de Aguas Nacionales, este problema puese ser resuelto y la calidad del agua en el futuro será mantenida.

#### **(4) Fauna y Flora Valiosas**

En la revisión de literatura de este Estudio, se identificó la existencia de ocho (8) especies amenazadas o en peligro de flora y diez (10) de fauna en la Cuenca del Río Guacerique. Este hecho ayuda a continuar los proyectos en la etapa de estudio de factibilidad, etapa de diseño de detalle y etapa de implementación. Para el proyecto de la Presa Los Laureles II, ninguna de estas preciosas especies será afectada directamente. Cuando el Proyecto Quebra Montes sea estudiado más en su factibilidad, esta información debe ser apreciada y debe ser conducido un reconocimiento en detalle en el sitio.

Por lo tanto. El Plan Maestro está completamente de acuerdo con el marco de trabajo institucional autorizado en conservación del medio ambiente y solo la puesta en vigor de las leyes pertinentes pueden conservar las fuentes de agua en la cuenca y asegurar un desarrollo sólido y la utilización de los recursos de agua escasos.

#### **6.6.2 ASPECTO SOCIAL**

La implementación del Proyecto Los Laureles II requiere la reubicación de 20 casas y la compensación por tierras privadas tales como tierras agrícolas. SANAA tiene experiencia en la reubicación de 34 casas para el proyecto de la presa Concepción en 1992. Puesto que la escala de reubicación de casas para el Proyecto Los Laureles II es menor que en el proyecto previo de la presa Concepción, se concluye que el Plan Maestro propuesto no creará un serio problema social. En adición, la experiencia de la presa Concepción ayudará a SANAA a hacer una mejor reubicación para aliviar las dificultades de la gente que es obligada a mudarse.

Por lo tanto, se concluye que el Plan Maestro propuesto es factible desde el punto de vista social.

#### **6.7 REQUERIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PLAN MAESTRO**

Tal como se indicó arriba, el Plan Maestro propuesto solucionará la escasez de agua actual y trata la escasez de agua esperada en el futuro y, además, el Plan Maestro ha sido juzgado factible desde el punto de vista económico, financiero, administrativo, técnico, ambiental y social.

Sin embargo, se prevee una gran dificultad en la realización del Plan Maestro. Una preocupación sobre la posibilidad de la realización proviene del tamaño de los costos del proyecto Quebra Montes. A juzgar por la escala de la economía de Honduras, posibles fuentes financieras para el proyecto pueden ser préstamos de organizaciones financieras extranjeras, tales como el Banco Mundial y el BID. Sin embargo, ellos en general no tienen instrumentos financieros que puedan cubrir proyectos tan grandes. Por lo tanto, SANAA y el gobierno del estado deben conseguir instrumentos financieros especiales o el financiamiento en conjunto con otros donantes a través de pacientes negociaciones.

Pese a que el Plan Maestro puede dar una base teórica para convencer a las organizaciones financieras, ellas pueden requerir la base práctica, tal como la capacidad financiera que esté comprobada por políticas de establecimiento de tarifas, eficiencia en el cobro, y una organización y administración efectivas. Por tanto, la implementación del plan organizacional y del plan financiero propuestos en el Plan Maestro, y el establecimiento de la política de las partes cubiertas por subsidio de los costos de construcción por el gobierno del estado o por la municipalidad son considerados requerimientos mínimos para la realización del Plan Maestro. En particular, la implementación del plan financiero propuesto, el cual aumenta finalmente el nivel de tarifas en 3,62 veces, es el requerimiento esencial que no solo posibilita la factibilidad del plan sino que también muestra las capacidades ejecutivas de SANAA.