

- Tratamiento de sed. cloacales      Espesamiento + digestión + secado
- Localización                              Rivera izquierda del curso inferior del río Irpavi.  
(ver Fig. 5.2.2).

**B-. Sedimentación primaria**

Suponiendo que el flujo de retorno del proceso de tratamiento de los lodos sea del 5%, el índice de flujo diseñado para la sedimentación es de:

$$Q = 230.000 \times (1+0,05) = 241.500 \text{ m}^3/\text{día}$$

Suponiendo que la superficie cargada sea de 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/ día, la superficie de los pozos de sedimentación requerida es de:

$$241.500 / 30 = 8.050 \text{ m}^2$$

**C-. Aereación rápida y sedimentación**

Si el tiempo de detención en la cámara de aereación y sedimentación es de 2.5 hrs, el volumen del tanque requerido se ha estimado en:

$$(241.500 / 24) \times 2,5 \times 2 = 50.313 \text{ m}^3$$

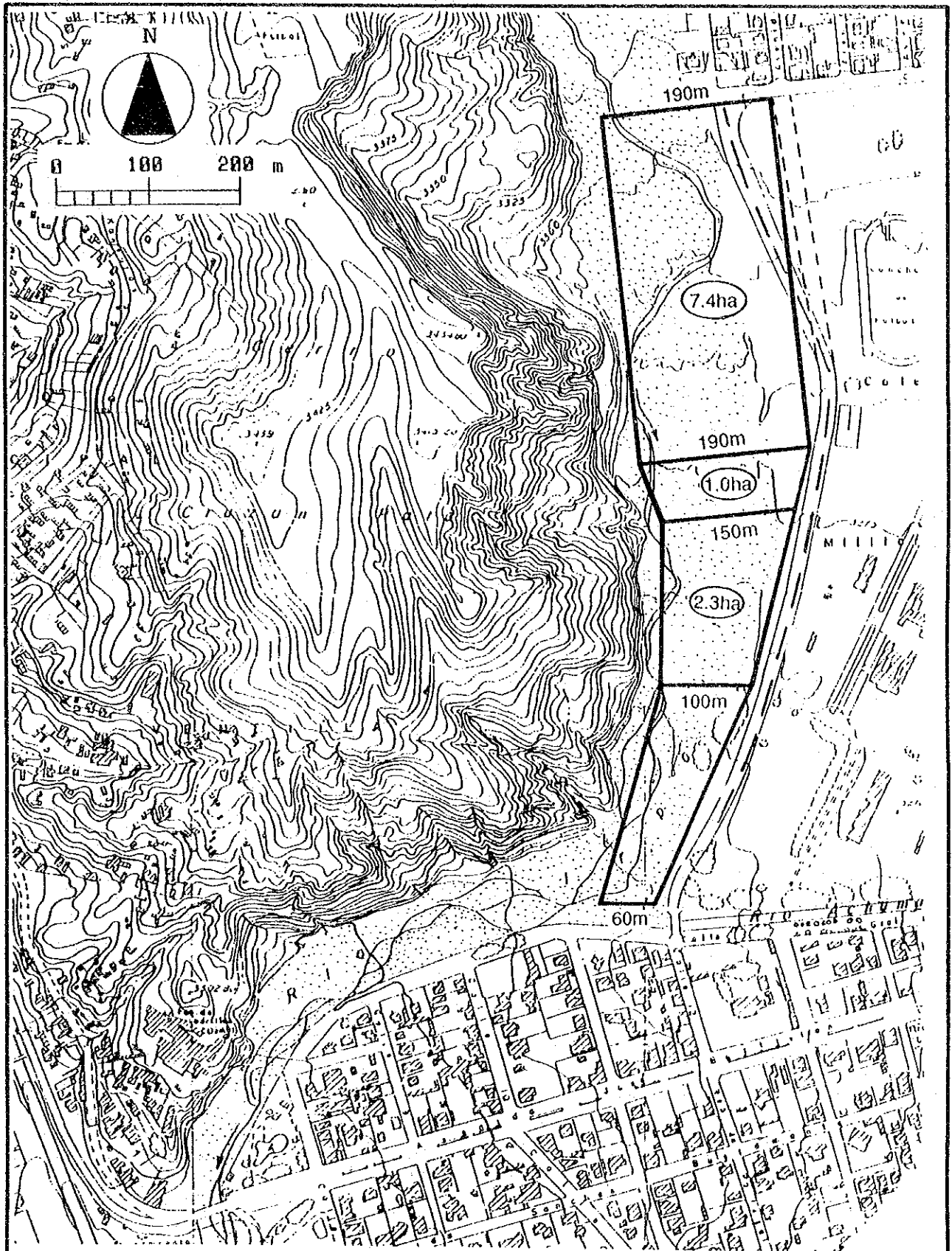
El trazado general de la planta de tratamiento se observa en la Fig. 5.2.3

**(2) Opción Lipari**

**1) Recolección y transmisión de aguas negras**

En la opción Lipari se propone la construcción de una alcantarilla interceptora desde la toma en la confluencia Orkojahuirá -Choqueyapu hasta la planta de tratamiento de aguas residuales localizada aguas arriba del puente Lipari. Este interceptor recolectaría las aguas residuales provenientes de la zona Central, cuenca del Irpavi y otras áreas, transmitiéndolas finalmente a la planta.

Las rutas sugeridas del interceptor principal, las cuales fueron seleccionadas en conjunto con el equipo de contrapartida de Bolivia, se muestran en la Fig. 5.2.4.



**Fig. 5.2.3** Sitio para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Opción Irapavi)

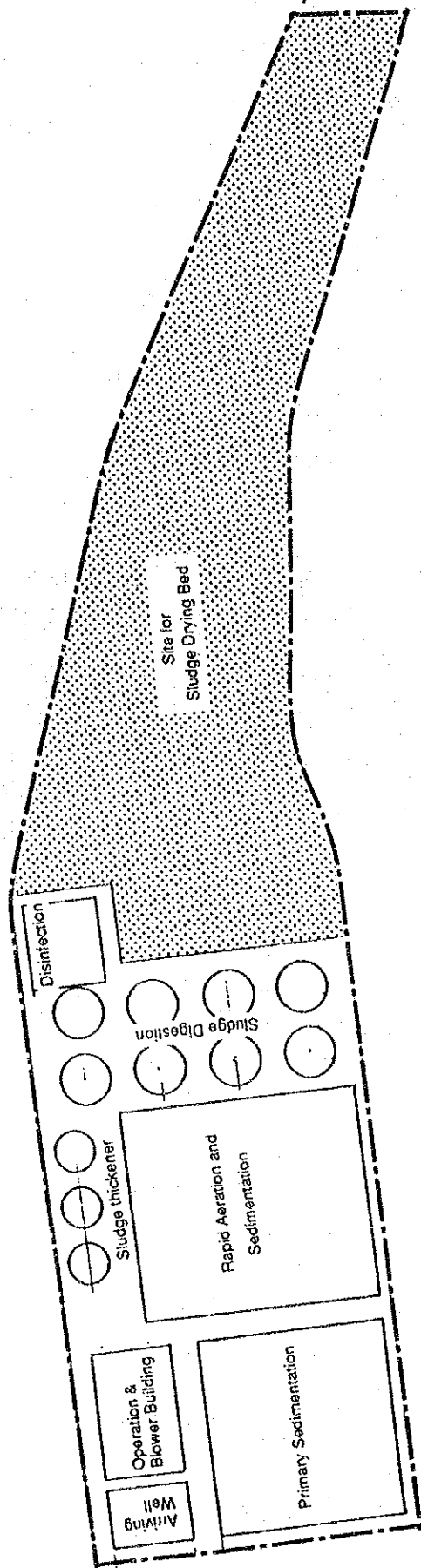


Fig. 5.2.4 Disposición General de la Planta de Tratamiento de Aguas (Opción Irpavi)

## 2) Métodos de tratamiento

En la opción Irapavi, se proponía el tratamiento por medio del proceso de sedimentos altamente activados debido a la escasez de tierras disponibles, sin embargo esta opción no es muy viable desde el punto de vista de los costos y la tecnología.

El método de los lodos es una de las cuantas alternativas estudiadas en la opción Irapavi. En cambio en el caso del Lipari se pueden considerar alternativas que requieran mayor superficie pero a bajo costo, es el caso de las lagunas de aireación y pozos.

En la Tabla 5.2.1 se puede observar un diseño típico de parámetros para diversos tipos de pozos de estabilización.

**Tabla 5.2.1 Parámetros de Diseño Típicos para Pozos de Estabilización**

| Parámetros                   | Tipo de Lagunas                   |                              |                           |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------|
|                              | Lagunas Aeróbicas<br>(Alto rango) | Lagunas<br>Facultativas      | Lagunas Aireadas          |
| Régimen de Fluído            | Mezcladas<br>Intermitentemente    | Capa Superficial<br>Mezclada | Completamente<br>Mezclada |
| Tamaño de<br>Laguna(ha)      | 0.2 - 0.8                         | 0.8 - 4                      | 0.8 - 4                   |
| Operación                    | Series                            | Series o paralelas           | Series o paralelas        |
| Tiempo de<br>Detención (día) | 4 - 6                             | 5 - 30                       | 3- 10                     |
| Profundidad(m)               | 0.3 - 0.5                         | 1.2 - 2.4                    | 2 - 6                     |
| Temperatura(°C)              | 5 - 30                            | 0 - 50                       | 0 - 30                    |
| Conversión a DBO<br>(%)      | 80 - 95                           | 80 - 95                      | 80 - 95                   |

En la Tabla 5.2.2 se observan las áreas requeridas para construir los pozos de estabilización, ello se calculó utilizando los tiempos de detención mínimos y las profundidades máximas, parámetros presentados en la Tabla 5.2.1. Para construir las lagunas aeróbicas y facultativas se requiere de una gran superficie, sobre pasando el area total de 4 sitios; es por ello que esta alternativa se descarta de la opción Irapavi Por lo cual se cree que esta alternativa podría materializarse en la opción Lipari, aunque se deben considerar terrenos para sedimentación.

**Tabla 5.2.2 Tamaño de los Pozos para Tratar Aguas Residuales de acuerdo a Diferentes Tipos de Pozos de Estabilización**

**FLUJO DE AGUAS RESIDUALES DE DISEÑO = 230,000 m<sup>3</sup>/día**

| Tipo de Lagunas      | Tiempo de Detención (día) | Volumen de Lagunas (m <sup>3</sup> ) | Profundidad (m) | Tamaño de Lagunas (ha)* |
|----------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Lagunas Aeróbicas    | 4                         | 920,000                              | 0.5             | 184                     |
| Lagunas Facultativas | 5                         | 1,150,000                            | 2.4             | 48                      |
| Lagunas Aireadas     | 3                         | 690,000                              | 6.0             | 12                      |

\* Se supone ladera vertical.

### 5.2.3 Alternativas Seleccionadas

En el Plan Básico se propone:

- i) recolectar las aguas residuales provenientes del área Central, tomando las aguas del río Choqueyapu en su confluencia con el río Orkojahuirá. El río Choqueyapu es considerado como un canal alcantarilla,
- ii) instalar alcantarillas interceptoras en otras áreas a excepción del área Central para coleccionar las aguas residuales de los tubos de alcantarilla existentes,
- iii) instalar una alcantarilla interceptora principal entre la toma de agua en el río Choqueyapu y los puntos de tratamiento propuestos,
- iv) transmitir las aguas residuales de la zona Central y de las alcantarillas interceptoras de los otros lugares, a través de la alcantarilla interceptora principal a la planta de tratamiento,
- v) construir una planta de tratamiento centralizada para tratar las aguas residuales.

Además se proponen 2 sitios alternativos para localizar la planta:

- i) un sitio localizado en la ribera izquierda del río Irpavi en el área de Calacoto (opción Irpavi)
- ii) 1 ó 2 sitios a lo largo del Choqueyapu aguas arriba y abajo del puente Lipari (opción Lipari).

Para la opción Irpavi se ha determinado que el método de lodos activados es el único que puede ser aplicado si se considera el factor espacio. Para la opción Lipari se han considerado la instalación de lagunas de aireación y los filtros por goteo. Por lo tanto, el Plan Básico deberá considerar una de estas 4 alternativas (ver Tabla 5.2.3)

**Tabla 5.2.3 Descripciones de las Alternativas para el Plan Básico**

| Opciones | Alternativas | Sitio de la planta                                    | Método de Tratamiento                  | Desagüe Interceptor Principal  |
|----------|--------------|---|--|--|
| Irpavi   | 1            | Costa izquierda del Río Irpavi en el Area de Calacoto | Sedimentos Altamente Activados         | desde aguas arriba de la afluencia con el Río Orkojahaira hasta Irpavi, principalmente a lo largo de carreteras.     |
| Lipari   | 2A           | Cerca de Lipari, #1                                   | Sedimentos con Activación Convencional | desde aguas arriba de la confluencia con el Río Orkojahaira hasta Irpavi, a lo largo de carreteras y cuencas de ríos |
| Lipari   | 2B           | Cerca a Lipari, #1                                    | Filtros Goteantes                      | idem   |
| Lipari   | 2C           | Cerca a Lipari, #1 y #2                               | Lagunas Aireadas                       | idem   |

Nota : Para la ubicación de los Sitios de Planta #1 y #2, ver Fig. 5.4.1.

### 5.3-. Evaluación de las Alternativas:

#### 5.3.1 Costos Comparados

##### (1) Costos estimados de construcción/operación

La estimación de costos fue preparada para las 4 alternativas.

En las Tablas 3.5 y 3.6 se pueden observar los costos de construcción estimados de la alcantarilla interceptora principal de las opciones Lipari e Irpavi. De ello se deriva que los costos unitarios son mayores en un 50% en relación a lo estimado por el equipo de contrapartida boliviano. Ello se debe a que el estudio del equipo de contrapartida era preliminar, y la otra razón es que se han adoptado diseños conservativos y supervisiones de construcción por consultores internacionales.

En la Tabla 3.7 se presentan los costos de construcción de 3 tipos de planta de tratamientos. Los costos de operación de éstas 3 alternativas se muestran en la Tabla 3.8. La estimación de costos de los métodos de tratamiento de agua residuales, en esta etapa primaria, han sido preparados sobre datos obtenidos de diversas fuentes publicadas en los Estados Unidos. Esta información se ha utilizado como la más fidedigna, tomando en consideración la ausencia de datos de costo para plantas localizadas a gran altitud, como es el caso boliviano. Sin duda, los costos unitarios de obras ingenieriles son menores en Bolivia con respecto a los Estados Unidos, pero se debe considerar la importación de equipamiento y el diseño particular de la planta.

**Tabla 5.3.1 Estimaciones Preliminares de Costos de Construcción de la Alcantarilla Interceptora Principal (Opción Irpavi, precios 1992)**

| Seccion           | Cantidad (m) | Precio Unitario (US\$) | Total (US\$)     |
|-------------------|--------------|------------------------|------------------|
| Rutas Principales | 3640         | 861                    | 3,134,040        |
| Túnel             | 900          | 1500                   | 1,350,000        |
| <b>Total</b>      |              |                        | <b>4,484,040</b> |

**Tabla 5.3.2 Estimaciones Preliminares de Costos de Construcción de la Alcantarilla Interceptora Principal (Opción Lipari, precios 1992)**

| Secciones         | Cantidad (m) | Precio Unitario (US\$) | Total (US\$)     |
|-------------------|--------------|------------------------|------------------|
| Rutas Principales | 3630         | 861                    | 3,125,430        |
| Rutas Secundarias | 1260         | 745.5                  | 939,330          |
| Areas Populosas   | 485          | 811.5                  | 393,578          |
| Túnel             | 260          | 1500                   | 390,000          |
| Lecho del Río*    | 4215         | 1000                   | 4,215,000        |
| <b>Sub Total</b>  |              |                        | <b>9,063,338</b> |

\* Incluye rutas de acceso y protección sobre cañerías.

**Tabla 5.3.3 Estimaciones Preliminares de Costos de Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Residuales por Métodos de Tratamiento (U\$ millones, precios 1992)**

(Diseño de Agua Residual = 230.000 m<sup>3</sup>/día)

| Lagunas Aireadas            |              | Filtros de Goteo               |              | Sedimentos Activados           |              |
|-----------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| Sitio de Preparación (40ha) | 8.50         | Sitio de Preparación(20ha)     | 4.50         | Sitio de Preparación (20ha)    | 4.50         |
| Tratamiento Preliminar      | 1.20         | Tratamiento Preliminar         | 1.20         | Tratamiento preliminar         | 1.20         |
| Lagunas Aireadas            | 4.50         | Clarificación Preliminar       | 4.80         | Clarificación Preliminar       | 4.80         |
| Cuencas de Sedimentación    | 2.00         | Filtros por Goteo***           | 16.50        | Sedimentos Activados           | 18.0         |
| Lagunas de Sedimentos       | 1.20         | Sedimentos de Digestión        | 6.00         | Sedimentos de Digestión        | 6.00         |
| Cañerías de interfase       | 0.45         | Lechos de secado de Sedimentos | 4.50         | Lechos de secado de Sedimentos | 6.70         |
| Electr. & Instrum           | 0.57         | Cañerías de Interfase          | 3.75         | Cañerías de Interfase          | 4.12         |
| Edificio de Operación       | 0.30         | Electr. & Instrum              | 3.38         | Electr. & Instrum              | 3.60         |
| Edificios Misceláneos*      | 0.20         | Edificio de Operación*         | 0.40         | Edificio de Operación*         | 0.40         |
| Rutas de Acceso             | 0.20         | Edificios Misceláneos*         | 0.30         | Edificios Misceláneos*         | 0.30         |
|                             |              | Rutas de Acceso                | 0.20         | Rutas de Acceso                | 0.20         |
| <b>Total</b>                | <b>19.12</b> | <b>Total</b>                   | <b>45.53</b> | <b>Total</b>                   | <b>49.82</b> |

\* Oficinas, lab., reunión, etc

\*\* Garage, almacenamiento, curarto de mantenimiento

\*\*\* Incluye clarificadores finales y bombas de reciclaje.

**Tabla 5.3.4 Estimaciones Preliminares de Costos de Operación Anual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales por Método de Tratamiento (U\$ millones, precios 1992)**

| Lagunas Aireadas      |             | Filtros por Goteo              |             | Sedimentos Activados           |             |
|-----------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| Lagunas Aireadas      | 2.60        | Filtros por Goteo              | 1.10        | Sedimentos Activados           | 3.00        |
| Lagunas de Sedimentos | 0.08        | Clarificador Principal         | 0.25        | Clarificador Principal         | 0.25        |
|                       |             | Digestadores                   | 0.10        | Digestadores                   | 0.10        |
|                       |             | Lechos de Secado de Sedimentos | 0.70        | Lechos de Secado de Sedimentos | 0.90        |
| Sedimentos de Acarreo | 0.08        | Sedimentos de Acarreo          | 0.03        | Sedimentos de Acarreo          | 0.03        |
| <b>Total</b>          | <b>2.76</b> | <b>Total</b>                   | <b>2.18</b> | <b>Total</b>                   | <b>4.28</b> |

Nota: No incluye tratamiento preliminar, el que es común para todas las alternativas.

(2) Costos del proyecto

Basados en los costos de construcción/operación mencionados en el acápite superior, se han estimado los costos para las 4 alternativas, tal como se observa en la Tabla 3.9. El costo estimado total del proyecto incluye los costos ingenieriles (diseño final y supervisión) y las contingencias los cuales constituyen el 10% y 15% de los costos de construcción respectivamente.

**Tabla 5.3.5 Comparación de Alternativas (U\$ millones, precios 1992)**

| Costos                           | Alternativas |              |              |              |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                  | 1            | 2A           | 2B           | 2C           |
| <b>Costos de Capital</b>         |              |              |              |              |
| Alcantarilla                     | 4.48         | 9.06         | 9.06         | 9.06         |
| Interceptora Principal           |              |              |              |              |
| Planta de Tratamiento            | 49.82        | 49.82        | 45.53        | 19.12        |
| Instalaciones de Toma            | 1.15         | 1.15         | 1.15         | 1.15         |
| Alcantarilla                     | 3.22         | 3.22         | 3.22         | 3.22         |
| Interceptora                     |              |              |              |              |
| Sub-Total                        | 58.67        | 63.25        | 58.96        | 32.55        |
| Suelos y DdV*                    | 17.25        | 2.94         | 2.94         | 5.34         |
| Ingeniería                       | 5.87         | 6.33         | 5.90         | 3.26         |
| Contingencia                     | 8.80         | 9.49         | 8.84         | 4.88         |
| <b>Total</b>                     | <b>90.59</b> | <b>82.00</b> | <b>76.64</b> | <b>46.03</b> |
| <b>Costos de operación Anual</b> | <b>5.00</b>  | <b>5.00</b>  | <b>2.50</b>  | <b>3.50</b>  |

Nota: Para descripciones de cada alternativa ver la Tabla 5.2.8.

\* DdV : Derecho de Via



### 5.3.2 Adaptabilidad Tecnológica

Los niveles tecnológicos necesarios para operar y mantener las facilidades de tratamiento de las 4 alternativas son comparadas cualitativamente de acuerdo a los métodos de tratamiento

| Método              | Plan Básico Alternativa N° | Simplicidad de Operac. | Fácil Mantenimiento | Disponibilidad Local de Equip. y Materiales | Capacidad Necesaria del Personal |
|---------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|---|----------------------------------|
| Sedimentos Activad. | 1<br>2-A                   | XX                     | XXX                 | XX  | XX                               |
| Filtro por Goteo    | 2-B                        | XX                     | XX                  | XXX   | XXX                              |
| Lagunas Aireac.     | 2-C                        | XXX                    | XXX                 | XXX   | XXX                              |

Nota: XXX simple, fácil, alto grado de disponibilidad, bajo nivel de capacidad

XX medio

X no simple, no fácil, baja disponibilidad, alto nivel de capacidad.

La laguna de aireación como método es considerada como la más favorable dentro de las 4 alternativas desde el punto de vista de la adaptabilidad tecnológica, le sigue el método del filtro por goteo y la de los sedimentos activados (precipitados). Cabe notar que los asimiladores calientes/mezclados necesarios para la implementación de las obras de tratamiento de lodos precipitados y de filtros por goteo, traen consigo una serie de problemas operacionales y requiere de la importación de equipamiento y repuestos.

### 5.3.3 Mejoramiento de la Calidad de Aguas

#### (2) Casos Analizados

Los esperados efectos de mejoramiento de calidad de aguas de las opciones Irpavi y Lipari en términos de DBO se predijeron utilizando el modelo de simulación descripto en el capítulo 4. Los efectos de mejora de la calidad de aguas de las tres alternativas Lipari fueron asumidos como esencialmente iguales. Las computaciones fueron llevadas a cabo para los siguientes casos para 2010:

- i) Implementación de la opción Irpavi
- ii) Implementación de la opción Lipari
- iii) Control de Aguas Residuales Industriales (Aplicando los estándares efluvios, máximo de DBO 300 mg/l, para industrias con descarga de aguas residuales de más de 100 m<sup>3</sup>/día)
- iv) Control de Aguas residuales industriales (Aplicando los estándares efluvios, máximo de DBO 300 mg/l, para industrias con descarga de aguas residuales de más de 25 m<sup>3</sup>/día).
- v) Dilución mediante agua de un embalse (0.2m<sup>3</sup>/sec)

Los casos iii) y iv) fueron incluidos para comparar los efectos al aplicar las regulaciones a descarga de aguas residuales industriales solo para relativamente grandes industrias y al aplicar las regulaciones a un grupo que incluye también industrias mas pequeñas. El caso v) fue incluido como referencia, para ver el efecto de diluir los flujos menores del río mediante la descarga de un embalse.

(2) Efectos

Las concentraciones de DBO predictas a lo largo del Río Choqueyapu para los casos mencionados se resumen en la Tabla 5.3.6.

Tabla 5.3.6 Comparación de los efectos de mejora de calidad del agua mediante varias mediciones

(unidad : mg/l DBO)

| Punto de Medición | Presente(1992) | Calidad estimada del agua en 2010 |                                    |                                    |  |   | Dilución por agua de Embalse |
|-------------------|----------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|---|------------------------------|
|                   |                | No controlado                     | Implementación de la Opción Irpavi | Implementación de la Opción Lipari | Aplicación del Control de Descarga de Aguas Residuales |   |                              |
|                   |                |                                   |                                    |                                    | Industrias de más de 100 m <sup>3</sup> /d             | Industrias de más de 25 m <sup>3</sup> /d |                              |
| R1                | 1.2            | 1.2                               | 1.2                                | 1.2                                | 1.2  | 1.2                                       | 1.2                          |
| R2                | 2.2            | 2.2                               | 2.2                                | 2.2                                | 2.2  | 2.2                                       | 2.2                          |
| R3                | 67.8           | 70.4                              | 70.4                               | 70.4                               | 54.6   | 48.8                                      | 58.1                         |
| R4                | 151.7          | 147.6                             | 147.6                              | 147.6                              | 116.1  | 112.2                                     | 135.6                        |
| R5                | 143.0          | 138.7                             | 138.7                              | 138.7                              | 119.0  | 116.2                                     | 130.8                        |
| R9                | 107.1          | 106.7                             | 8.5                                | 8.5                                | 95.9   | 93.9                                      | 115.6                        |
| R14               | 71.1           | 87.7                              | 26.1                               | 49.2                               | 81.4   | 80.1                                      | 85.1                         |
| R15               | 54.3           | 72.1                              | 23.1                               | 46.4                               | 67.3   | 66.3                                      | 70.3                         |

Los efectos de la opción Irpavi y de la opción Lipari se presentan en la Fig. 5.3.1 en comparación con la calidad presente del agua y la cantidad no controlada del agua para 2010. El efecto de la opción Irpavi para el peor de los casos es mas profundo que el de la opción Lipari. Los valores de BOD en el Puente Lipari (R15) en 2010 son de 23 mg/l en la opción Irpavi , 49 mg/l en la opción Lipari, y 68 mg/l en el caso incontrolado. Los resultados muestran que el objetivo de calidad de agua serán logrados serán logrados en el puente Lipari por cualquiera de la opciones del plan básico. En Calacoto (R), otro punto de evaluación del objetivo de calidad de agua, el BOD se estima en 8.5 mg/l para ambas opciones. Esto se debe a que ambos casos se desviarán los flujos totales del Río Choqueyapu y Kanttutani y todas las Aguas Residuales de la cuenca de Orkojahuirra a través de las cañerías hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, durante la temporada seca. Por ende, aunque habría solo una pequeña cantidad de agua en la sección del río por arriba de la confluencia del río Irpavi durante esta temporada, las condiciones adversas actuales de esta area tales como olores molestos serían mejoradas en gran medida.

La Fig. 5.3.2 muestra los efectos de la implantación de la regulación de descarga de aguas residuales industriales. Como se puede apreciar en esta figura, el control de descarga de agua residual industrial mejorará la calidad de agua del río, pero no es suficiente para lograr el objetivo de calidad de agua. Una diferencia entre el efecto de los dos casos,  $100 \text{ m}^3/\text{día}$  y  $25 \text{ m}^3/\text{día}$ , es despreciable, indicando que la mejora puede ser lograda efectivamente mediante el control de solo las industrias de gran escala.

La Fig. 5.3.3 muestra el efecto del agua de dilución de un embalse que se estudia construir aguas arriba en el río Choqueyapu. No habiendo información confiable, se asume que el rendimiento del embalse sea de  $0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$ , que es menos del 10% y 5% del rango de flujo menor en R9 y R15 respectivamente. Ya que el rango de dilución es pequeño, el efecto esperado es despreciable.

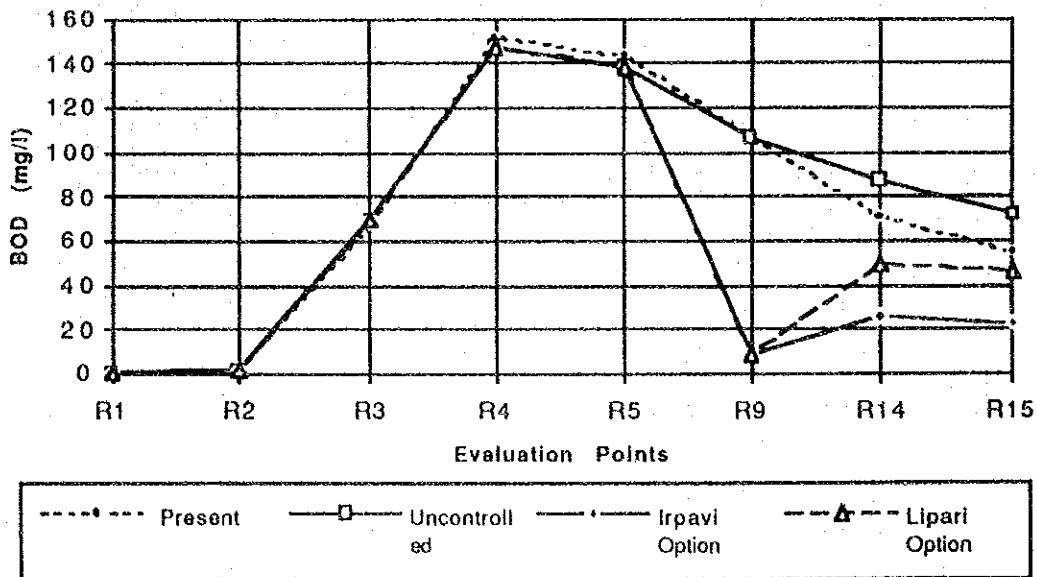


Fig. 5.3.1 El efecto de las medidas estructurales del Plan Básico (año 2010)

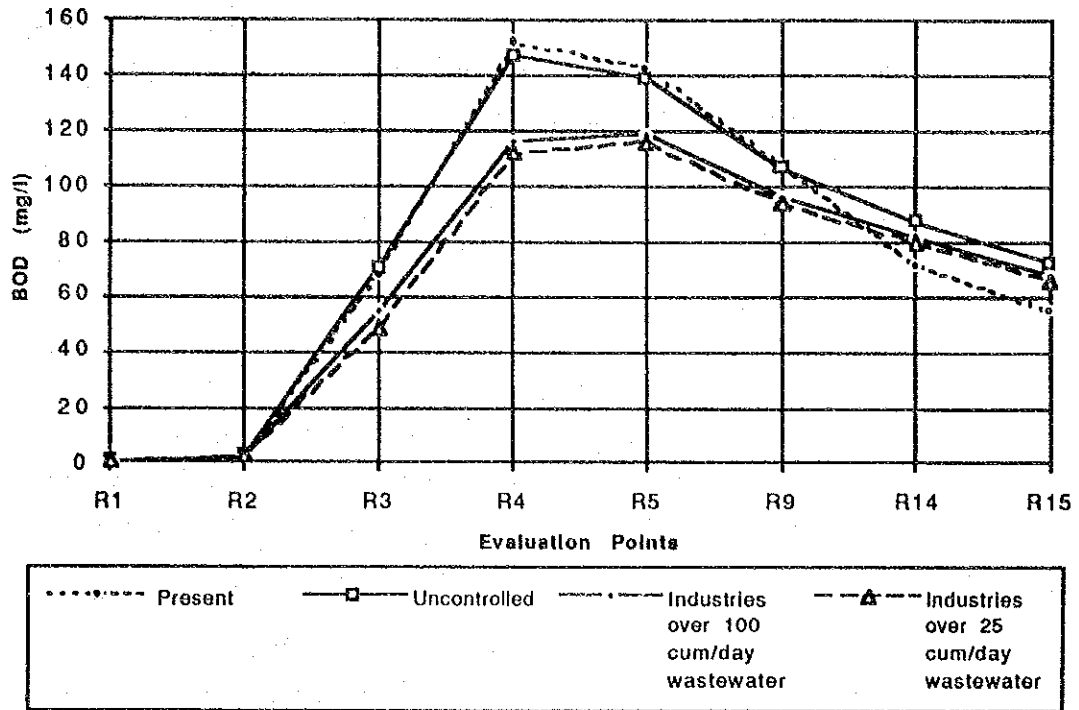


Fig. 5.3.2 El efecto del Control de Aguas Residuales Industriales

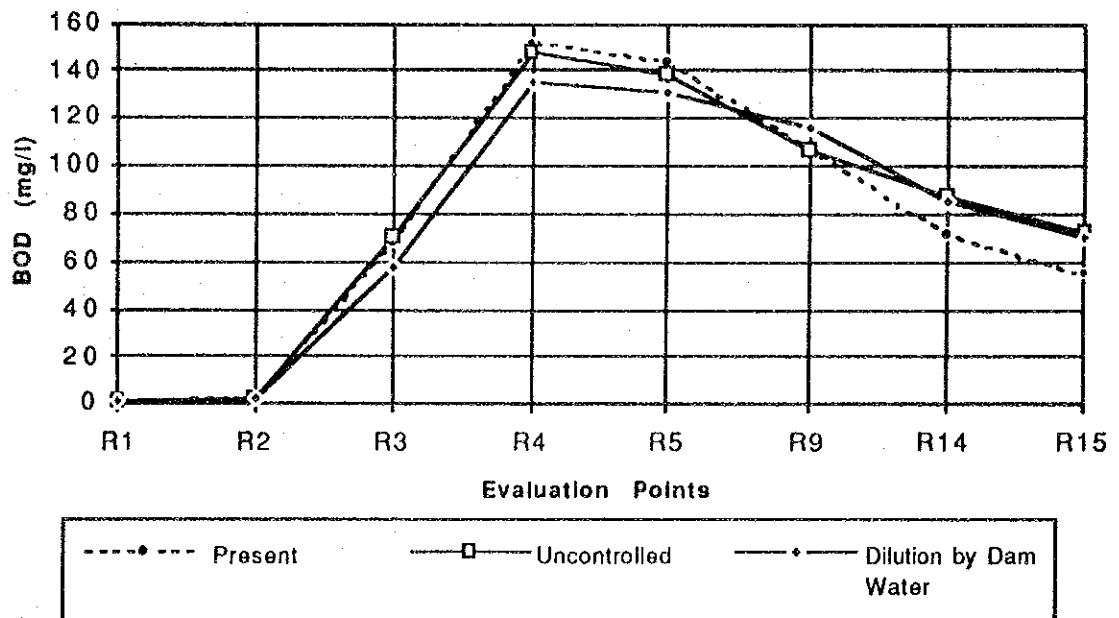


Fig. 5.3.3. El Efecto de la Dilución por Medio de Agua de Embalse

### 5.3.4 Impactos Ambientales y Sociales

La implementación de cualquiera de las alternativas del Plan Básico va a provocar un impacto social o ambiental. Los impactos potenciales han sido cualitativamente analizados para cada una de las alternativas, ello puede observarse en la Tabla 5.3.7. Las explicaciones correspondientes se exponen a continuación:

#### (1) Medio ambiente social:

##### a) Transporte y facilidades públicas

Durante el período de construcción de la red de alcantarillado principal y secundario -las cuales normalmente se construyen bajo la red vial existente- podrían surgir algunos inconvenientes en el tráfico, aunque serían temporarios. Este impacto será mayor en las 3 alternativas del Lipari (2A, 2b, y 2C) en comparación con la alternativa del Irparvi. Debido a que el largo de los interceptores en las alternativas del Lipari son mayores.

Actualmente el sitio del Irparvi se encuentra destinado para la construcción de un complejo educacional. Se pretende además la construcción de una vía de circunvalación que pase a través de los sitios del Irparvi. Por lo tanto, se cree que la construcción de una planta de tratamiento tendría un impacto significativo.

##### b) Agricultura y uso del agua:

Las 4 alternativas tendrían un impacto positivo significativo sobre las aguas del río Choqueyapu, ya que mejorarían la calidad de las aguas destinadas a regar los campos de hortalizas.

Sin embargo, para llevar a cabo las 3 alternativas del Lipari, se requiere de una gran superficie, la cual actualmente se encuentra ocupada para la agricultura. La alternativa 2C (lagunas de aireación) presenta un impacto mayor en relación a las alternativas 2A (sedimento activado) y 2B (filtro por goteo) sobre el rubro agrícola ya que necesita de grandes extensiones de tierra para ser implementado.

Tabla 5.3.7 Lista de Chequeo del Impacto Social-Ecológico

| Actividades que pueden tener impacto en el ambiente | Durante la Construcción     |     |     |     | Durante la operación de las instalaciones |     |     |     |                                |    |     |     |                                |     |    |     |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|--------------------------------|----|-----|-----|--------------------------------|-----|----|-----|
|   | Actividades de Construcción |     |     |     | Ocupación de Espacios                     |     |     |     | Operación de las Instalaciones |    |     |     | Operación de las Instalaciones |     |    |     |
| Impacto Negativo o Positivo                         | Negativo                    |     |     |     | Negativo                                  |     |     |     | Positivo                       |    |     |     | Negativo                       |     |    |     |
| Alternativa No.                                     | 1                           | 2 A | 2 B | 2 C | 1   | 2 A | 2 B | 2 C | 1                              | 2A | 2 B | 2 C | 1                              | 2 A | 2B | 2 C |
| <b>Social Ecológica</b>                             |                             |     |     |     |   |     |     |     |                                |    |     |     |                                |     |    |     |
| 1. Transporte/facilidades públicas                  | x                           | xx  | xx  | xx  | xxx                                       | --  | --  | --  | --                             | -- | --  | --  | --                             | --  | -- | --  |
| 2. Agricultura/utilización del Agua                 | --                          | --  | --  | --  | --  | x   | x   | xx  | xx                             | xx | xx  | xx  | --                             | --  | -- | --  |
| 3. Salud Pública /sanidad                           | --                          | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | xx                             | xx | xx  | xx  | --                             | --  | -- | --  |
| 4. Residuos Sólidos                                 | --                          | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --                             | -- | --  | --  | xx                             | xx  | xx | xx  |
| <b>Medio Ambiente Natural</b>                       |                             |     |     |     |   |     |     |     |                                |    |     |     |                                |     |    |     |
| 1. Flujo de Arroyos                                 | --                          | --  | --  | --  | x   | xx  | xx  | xx  | --                             | -- | --  | --  | --                             | --  | -- | --  |
| 2. Plantas/animales                                 | --                          | --  | --  | --  | --  | x   | x   | xx  | --                             | -- | --  | --  | --                             | --  | -- | --  |
| 3. Paisaje  | --                          | --  | --  | --  | xx  | x   | x   | x   | --                             | -- | --  | --  | --                             | --  | -- | --  |
| <b>Contaminación</b>                                |                             |     |     |     |   |     |     |     |                                |    |     |     |                                |     |    |     |
| 1. Contaminación del Agua                           | --                          | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | xx                             | xx | xx  | xx  | --                             | --  | -- | --  |
| 2. Ruido Vibración                                  | x                           | x   | x   | x   | --  | --  | --  | --  | --                             | -- | --  | --  | --                             | --  | -- | --  |
| 3. Olores   | --                          | --  | --  | --  | --  | --  | --  | --  | xx                             | xx | xx  | xx  | xx                             | --  | -- | --  |

Nota : xxx : Impacto significativo      xx : Impacto de cierta magnitud      x : Impacto menor  
 -- : Sin impacto

c) Salud pública y sanidad

Las 4 alternativas contribuirían al mejoramiento de las condiciones sanitarias en los alrededores de la sección baja del río Choqueyapu y de las secciones urbanas de los otros tributarios.

d) Residuos sólidos

Una nueva forma de residuo sólido en forma de lodo, se generaría de las plantas de tratamiento. Por lo cual, se deben determinar de antemano sitios en donde estos desechos puedan ser evacuados.

## (2) Medio ambiente natural

### a) Corriente fluvial

En las 4 alternativas se considera la construcción de tomas de agua en el río Choqueyapu, lo cual constituiría un potencial obstáculo al normal flujo de la corriente fluvial especialmente en épocas de crecidas.

ello se suma el hecho, de que las 3 alternativas del Lipari incluyen la sección de la alcantarilla interceptora principal, la cual tendría varios Km de largo y se construiría bajo el lecho fluvial. Además se requeriría de la reducción o estrechamiento del cauce en las cercanías de la planta. Ambas situaciones podrían ocasionar problemas en épocas de crecidas.

Por ello, sería necesario controlar y mantener las estructuras en forma periódica, con el fin de evitar eventuales anomalías.

### b) Plantas y animales

Las alternativas del Lipari implicarían la destrucción o transformación de áreas verdes y tierras de labranza modificando por ende el ecosistema reinante. El impacto de la alternativa 2C es mayor que las otras, ya que requiere de una gran superficie para ser implementada.

### c) Paisaje

La presencia de una planta de tratamiento constituiría un componente negativo al paisaje reinante. Este impacto sería mayor en el área del Irpavi que en la del Lipari, ya que sus alrededores se encuentran más poblados.

## (3) Contaminación

### a) Contaminación acuática

Las 4 alternativas tienen como objetivo mitigar la contaminación fluvial. Por ende, implicaría un mejoramiento sustancial de la calidad de las aguas.

### b) Ruido y vibración

Un cierto grado de ruido y vibración se produciría durante el período de construcción de las 4 alternativas. Sin embargo, sería un fenómeno de tipo temporal.

c) Olor

Las 4 alternativas contribuirían a reducir el actual hedor que se experimenta a lo largo del río, especialmente en la zona Sur del país.

Sin embargo, en la alternativa del Irpavi el manejo del lodo puede ocasionar problemas de mal olor a aquéllos habitantes que residan en las cercanías de las cuencas de sedimentación o en los depósitos de lodo.

### 5.3.5 Evaluación Económica

#### (1) Costos Económicos

Los costo económicos de las alternativas fueron obtenidos a partir de la conversión de los estimados financieros tal como sigue:

(US\$ millones, precios de 1992)

| Costo        | Alternativas |       |       |       |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|
|              | 1            | 2A    | 2B    | 2C    |
| Construcción | 66.52        | 71.15 | 66.33 | 36.62 |
| O/M          | 4.50         | 4.50  | 2.25  | 3.15  |

#### (2) Beneficios Económicos

Un estudio muestral por encuestas fue realizado para saber cuánto estaban dispuestos los pobladores del área de estudio a pagar por recibir servicios directos de instalaciones de desagüe. La disponibilidad para el pago por servicios se considera como reflejo de su deseo con respecto a las condiciones ambientales de vida. También es un factor convincente para convertir sus deseos a términos monetarios. El número de muestras fue de 976 familias desagregándose en 898 residente generales y 78 residentes de apartamentos.

Como resultado de la encuesta, el beneficio económico del plan básico se estimaron en: US\$1,718 miles en 1992, US\$2,135 miles en 2000, y US\$2,629 miles en 2010. Estos beneficios muestran los beneficios luego de madurado el proyecto, i.e., los beneficios de los efectos esperados provenientes de la utilización de las instalaciones totalmente en función. Por ello, hasta la finalización de los trabajos, solamente se pueden esperar beneficios parciales.

#### (3) Evaluación Económica

La evaluación económica de las respectivas alternativas debería de ser realizada teniendo en cuenta el análisis de la factibilidad económica a través del uso de índices como el del Valor Actual Neto (VAN), la relación Beneficio/Costo (B/C), y la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE). Sin embargo, tal como se mostró arriba, los beneficios económicos cuantificables en el



futuro eran muy pequeños comparados con los costos. Por ejemplo, aún en el 2010, los beneficios del proyecto madurado se esperan que sean US\$2.63 millones por año. Este valor no cubre ni siquiera los costos de operación y mantenimiento (O/M) de los respectivos planes de las alternativas, excepto el de la alternativa 2B. Sin embargo, el costo de construcción del Plan 2B es mucho mayor que el de la alternativa 2C.

Desde el punto de vista económico, el Plan 2C parecería ser el esquema más adecuado desde el punto de vista económico. El VAN descontado al 10% fue negativo, US\$29.4 y el B/C fue 0.32. La TIRE fue también negativa. Por lo tanto, el plan básico no podría ser viable desde el punto de vista económico. Pero, el proyecto debería de ser promocionado sobre la base del impacto sobre las necesidades humanas básicas y de las perspectivas ambientales.

### 5.3.6 Evaluación Global y Selección de una Alternativa para el Plan Básico

La evaluación de las cuatro alternativas desde diversos aspectos descritos arriba están resumidos en la Tabla 5.3.8.

De acuerdo a la Tabla 5.3.8, las alternativas 2B y 2C son altamente favorables con respecto a las otras 2. Se deben examinar en forma exhaustiva las 2 mejores alternativas, para elegir una de ellas.

El factor limitante de mayor significación son sin duda los de tipo financiero para cubrir los costos iniciales y operacionales. Ya que los recursos financieros de la ciudad de La Paz y del Gobierno boliviano son limitados, se ha considerado que la alternativa de más bajo costo es la de mayor viabilidad.

Considerando lo anterior, la alternativa 2C debería ser seleccionada para el Plan Básico de control de aguas contaminadas de los ríos de la ciudad de La Paz.

**Tabla 5.3.8 Resumen de Evaluación de las Alternativas del Plan Básico**

| Alternativa No.                         | 1                                  | 2A                                  | 2B                   | 2C               |
|---|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------|
| Lugar de la Planta                      | Irpavi                             | Lipari                              | Lipari               | Lipari           |
| Método de Tratamiento                   | Sedimentos activados de alto grado | Sedimentos activados convencionales | Filtros escurridores | Lagunas aireadas |
| Costos Iniciales                        | x                                  | x                                   | x                    | xxx              |
| Disponibilidad del Lugar                | x                                  | xxx                                 | xxx                  | xx               |
| Efecto de Mejora en la Calidad del Agua | xxx                                | xx                                  | xx                   | xx               |
| Adaptabilidad Tecnológica               | x                                  | x                                   | xx                   | xxx              |
| Grado de Impacto Ambiental              | x                                  | xxx                                 | xxx                  | xx               |
| Grado de Impacto Social                 | x                                  | xxx                                 | xxx                  | xx               |
| Costos de Operación                     | x                                  | x                                   | xxx                  | xx               |

Nota: XXX: favorable (fácil)

XX: promedio

X: No favorable (difícil)

## 5.4- Plan Básico

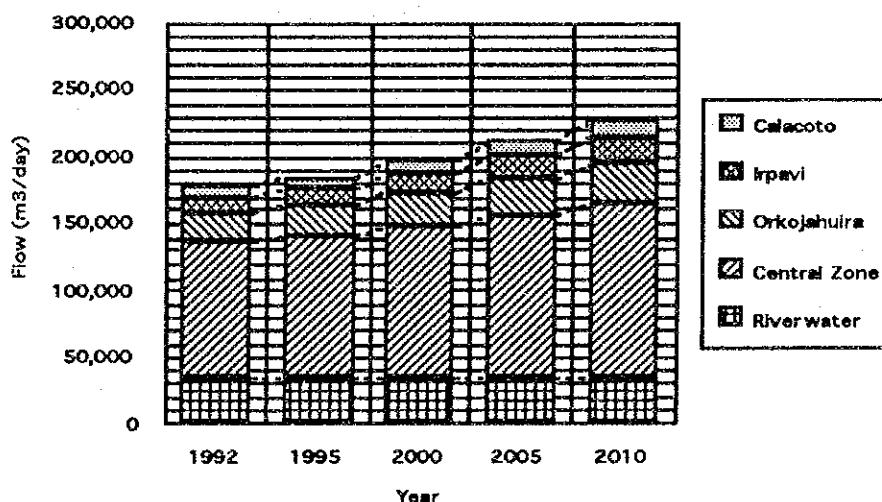
El Plan Básico contempla medidas estructurales y no estructurales. Las medidas estructurales son aquellas incluidas en la alternativa 2C la que ha sido seleccionada tal como se describió en la sección anterior. Sus detalles, medidas no-estructurales necesarias, efectos sobre el mejoramiento de la calidad del agua, un programa de implementación, costos del proyecto, y evaluación financiera del Plan Básico se presentan a continuación.

### 5.4.1 Flujo de aguas residuales

Los flujos de aguas residuales para el Plan Básico han sido calculadas como sigue (ver Tabla 3.15 y Fig. a continuación):

Tabla 5.4.1 Diseño de Flujo de Aguas Residuales para el Plan Básico

|              | (m <sup>3</sup> /día) |                |                |                |                |
|--------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|              | 1992                  | 1995           | 2000           | 2005           | 2010           |
| Aguas de Río | 34,560                | 34,560         | 34,560         | 34,560         | 34,560         |
| Zona Central | 102,609               | 106,442        | 113,049        | 121,359        | 130,103        |
| Orkojahuirá  | 21,646                | 23,198         | 25,920         | 28,308         | 30,948         |
| Irpavi       | 11,223                | 12,018         | 13,497         | 16,622         | 20,027         |
| Calacoto     | 8,318                 | 8,667          | 9,335          | 10,938         | 12,728         |
| <b>Total</b> | <b>178,356</b>        | <b>184,885</b> | <b>196,361</b> | <b>211,787</b> | <b>228,366</b> |



Diseño de Flujos de Agua Residual por Zonas de Alcantarillas de Recolección

Nota: Todos estos flujos deben ser recolectados y transmitidos a la Planta de Tratamiento hasta la fase final; ver Programa de implementación

#### 5.4.2 Componentes Estructurales del Plan Básico

Los componentes estructurales del Plan Básico son:

|   |  |
|---|--|
| Facilidades de Toma de Agua               | Desviar las aguas residuales del río Choqueyapu a la alcantarilla interceptora principal                                       |
| Alcantarilla Interceptora Principal       | Transmitir las aguas residuales a la planta de tratamiento   |
| Alcantarillas Interceptoras               | Recolectar aguas residuales del sistema de alcantarillas recolectoras y transmitirlos a la alcantarilla interceptora principal |
| Planta de Tratamiento de Aguas Residuales | Tratar las aguas recolectadas a través del sistema de lagunas de aireación   |

El trazado general de estas facilidades se pueden observar en la Fig. 3.2, los detalles del diseño preliminar de cada facilidad se presentan en el Apéndice D del Informe Complementario. La descripción de cada una de las facilidades es como sigue:

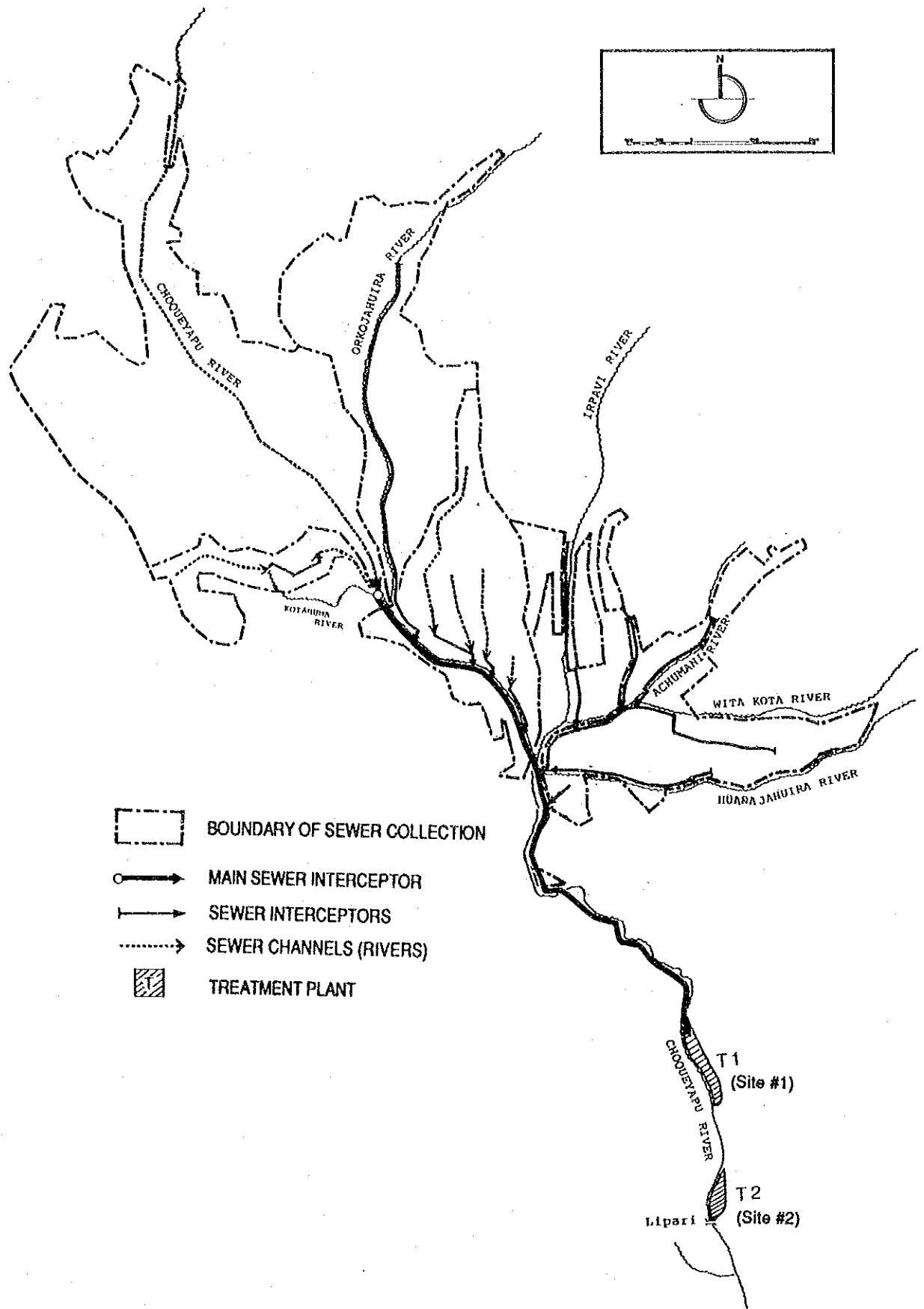


Fig. 5.4.1 Disposición General del Plan Básico

### (1) Facilidades de toma de agua

Las facilidades deberán ser instaladas en el curso superior de la confluencia del río Choqueyapu con el Orkojahuirá para recolectar las aguas residuales de la zona Central. En este punto la instalación de colectores separados es poco viable.

Se propone además la construcción de una toma de agua tipo vertedero y una compuerta de esclusa para desviar una cantidad de agua fija y evitar la transmisión de agua en exceso hacia la planta especialmente en la estación lluviosa.

### (2) Alcantarilla Interceptora Principal

La ruta de la alcantarilla interceptora principal propuesta se puede observar en la Fig. 3.2. El tamaño del interceptor ha sido tentativamente calculado presentando dimensiones de 2000 x 2000 mm, basados en el perfil longitudinal de la ruta (provisional) ver Fig. 3.3 y el diseño del flujo de aguas residuales diario ( $347.700 \text{ m}^3/\text{día}$ )

La ruta del interceptor ha sido dividida en las siguientes secciones:

|   |        |
|---|--------|
| A lo largo de las vías principales (con pavimento de asfalto) | 3630 m |
| A lo largo de vías secundarias (con pavimento de piedras)     | 1260 m |
| A través de asentamientos humanos                             | 485 m  |
| Túnel   | 260 m  |
| En el lecho del río (incluye los gabiones)                    | 4215 m |

Las secciones transversales propuestas del interceptor y del túnel se pueden observar en las Fig. 3.5 y 3.6.

### (3) Planta de tratamiento de las aguas residuales

Preparación del sitio: relleno del lecho y de las tierras de cultivo, sitio #1 (20ha), y sitio #2 (12ha)

|                         |                     |  |
|-------------------------|---------------------|--|
| Tratamiento Preliminar: | Barras de Tamiz     | Tamaño de la barra; 1 x 5 cm<br>Espaciamiento; 5 cm<br>Pendiente; $45^\circ$ de la vertical<br>Limpieza; manual            |
|                         | Tanque desarenador  | Tiempo de detención; 0.8-1.0 min.<br>Profundidad del agua; 0.7-1.0 m<br>Largo; 18 m<br>Velocidad horizontal; 0.31-0.37 m/s |
|                         | Medición del caudal | Cañalón Parshall   |

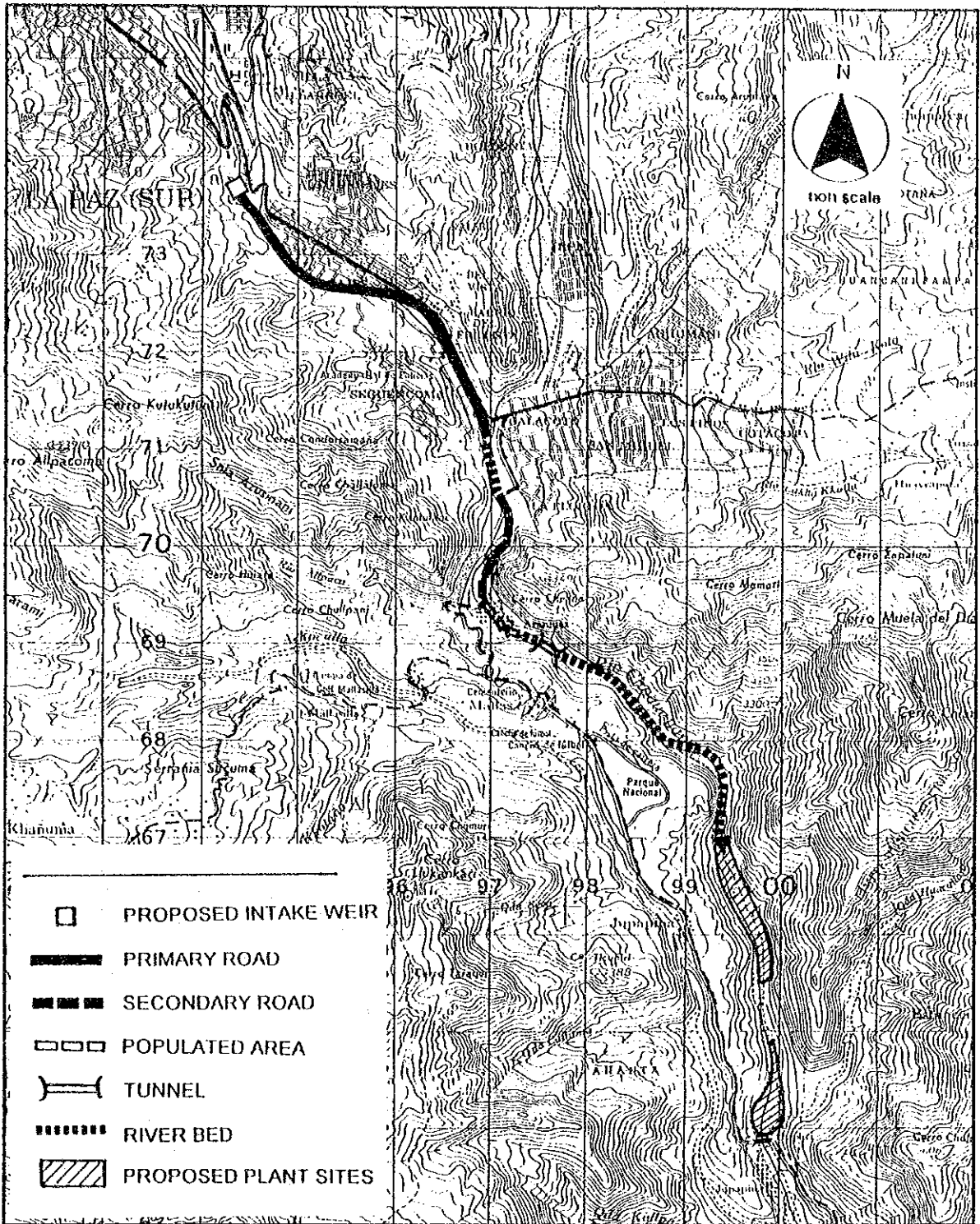


Fig. 5.4.2 Ruta del Deagü Interceptor Principal

PROFILE - SEWER INTERCEPTOR ROUTE  
LIPARI OPTION

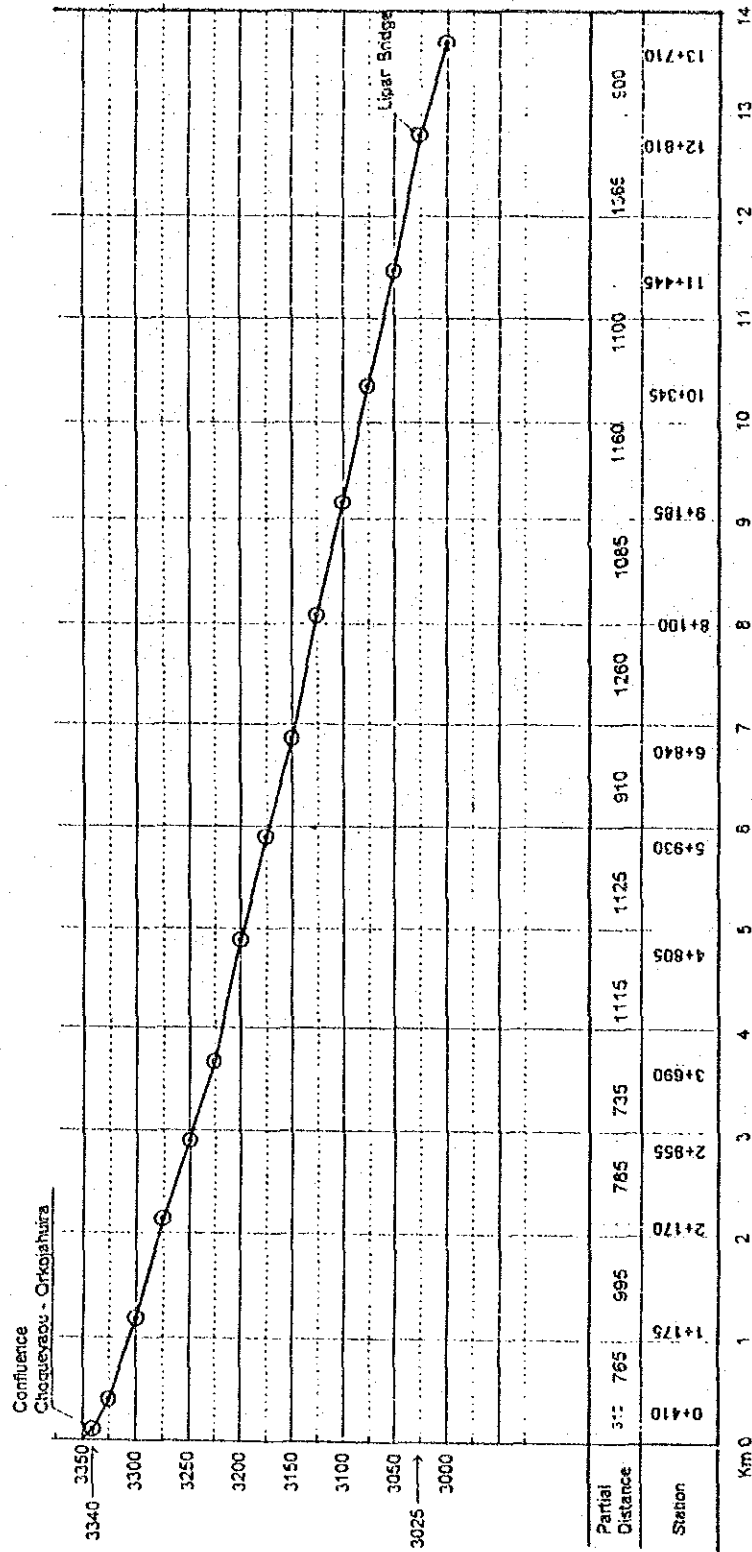


Fig. 5.4.3 Corte Longitudinal del Desagüe Interceptor Principal

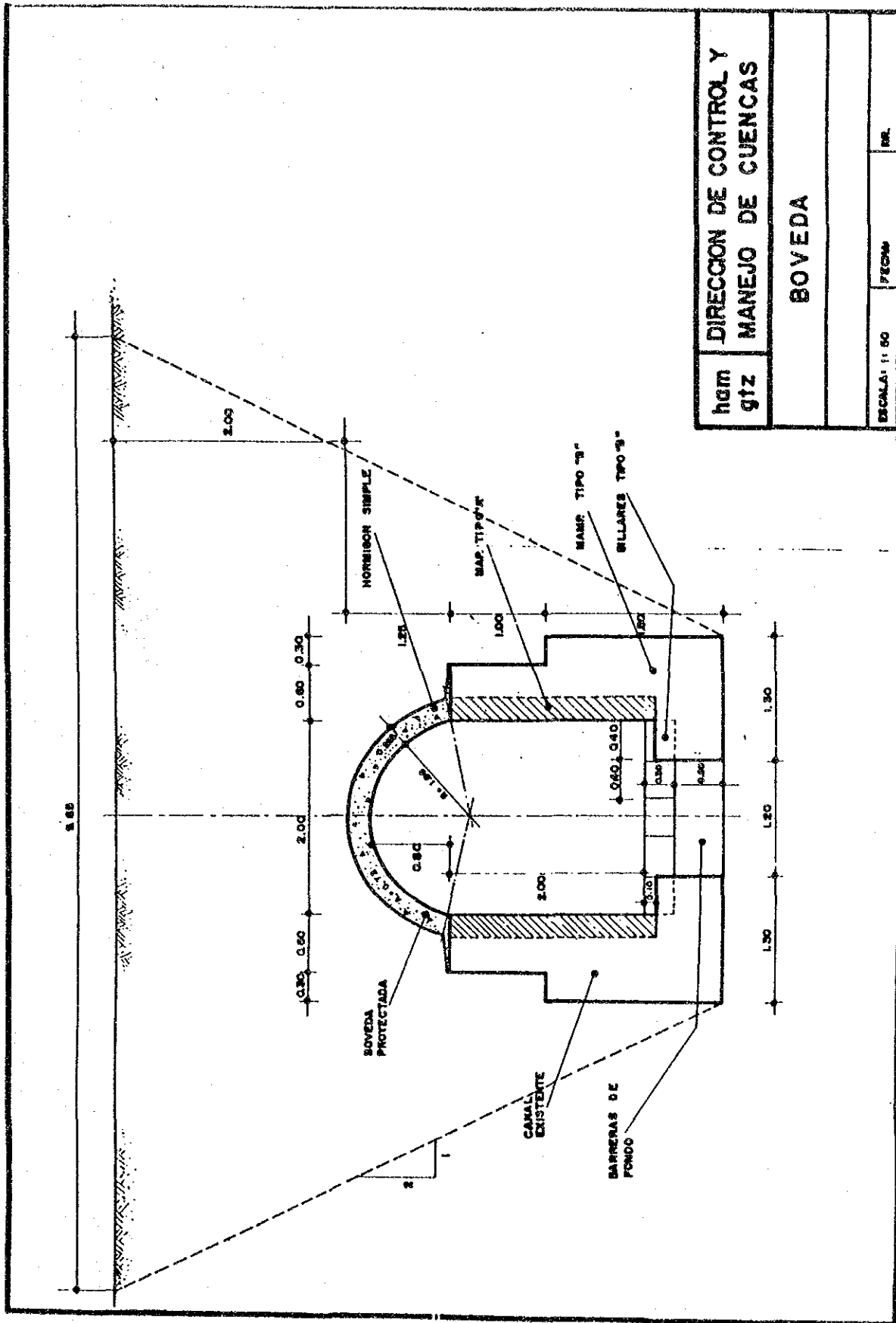


Fig. 5.4.4 Sección Transversal Principal del Desagüe Interceptor Principal (Sección de Carreteras)



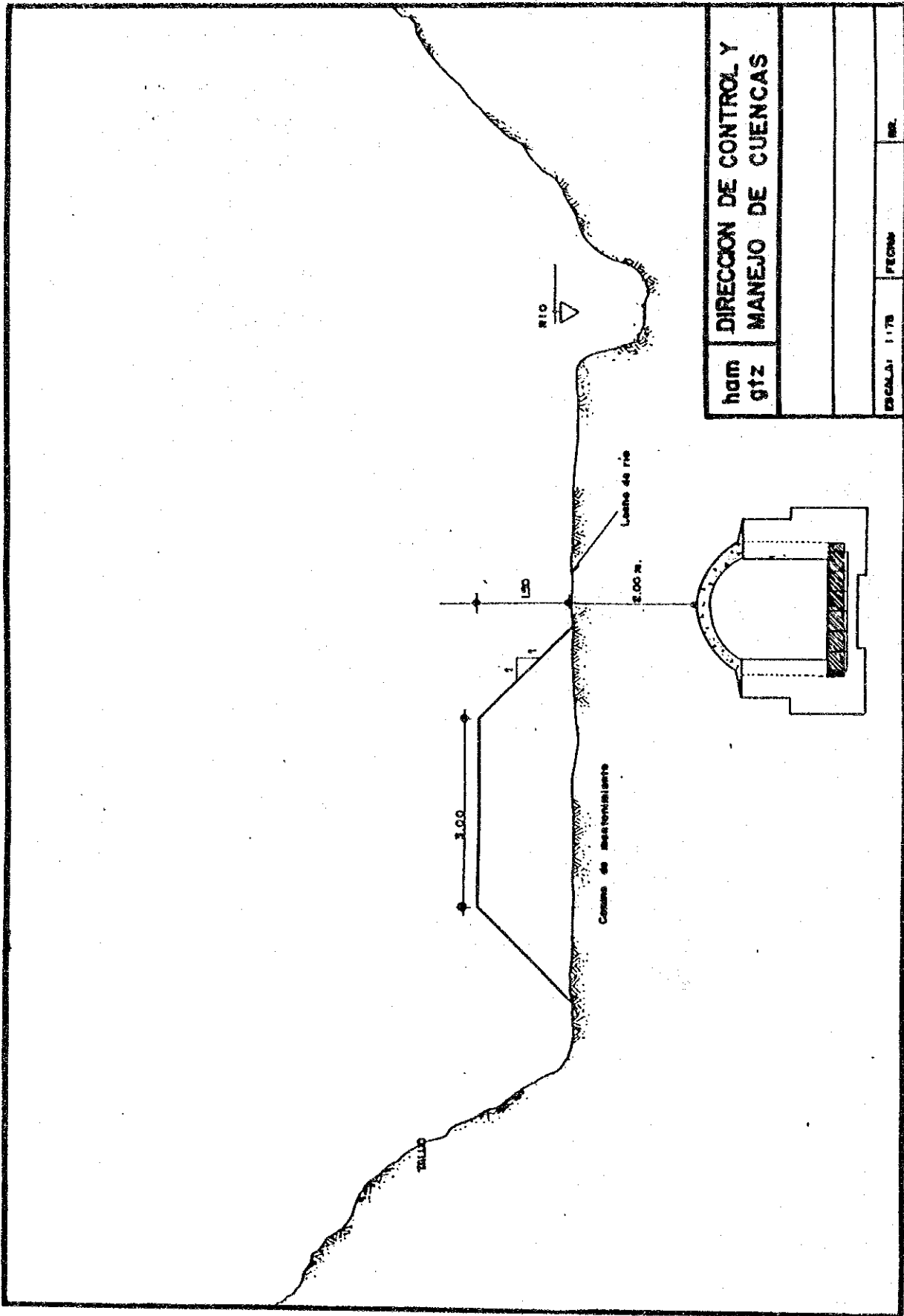


Fig. 5.4.5 Sección Transversal Principal del Desagüe Interceptor Principal (Sección del Lecho del Río)

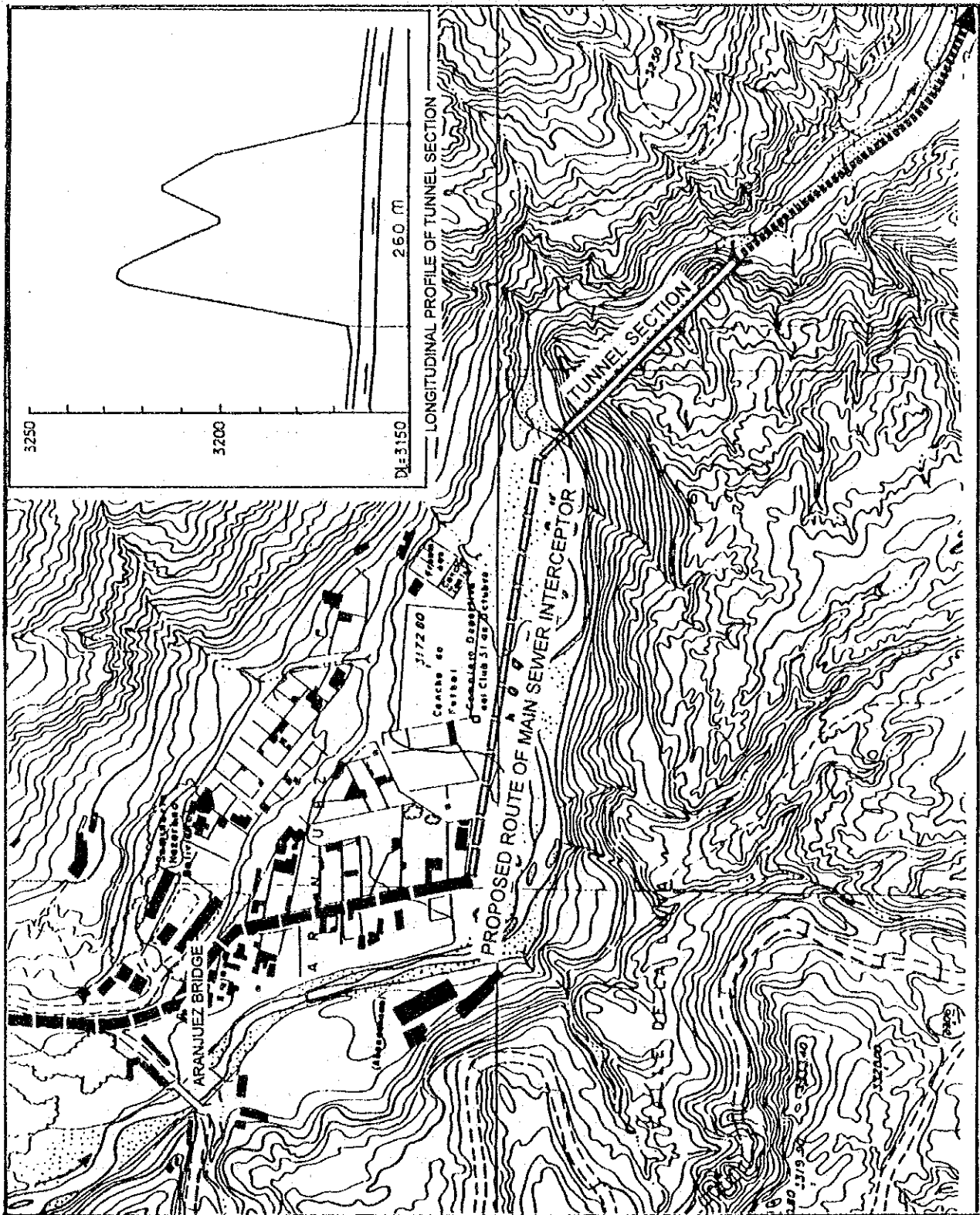


Fig. 5.4.6 Perfil Plano y Longitudinal del Túnel Propuesto para el Desagüe Interceptor Principal

|                               |                        |   |
|-------------------------------|------------------------|---|
| Lagunas de Aireación          | Tipo                   | Completamente mezclada por medios mecánicos |
|                               | Volumen                | 690.000 m <sup>3</sup>                      |
|                               | Area superficial       | 16 ha                                       |
|                               | Profundidad máxima     | 6.0 m                                       |
|                               | Tiempo de detención    | 3 días                                      |
| Cuenca de Sepación de Sólidos | Area superficial       | 11.5 ha                                     |
|                               | Profundidad máxima     | 6.0 m                                       |
|                               | Indice de derrame      | 2 m/día                                     |
|                               | Depósito de sedimentos | 4 años                                      |

#### 5.4.3 Medidas no Estructurales para el Plan Básico

La implementación de las medidas no estructurales propuestas para el Plan Básico debe ser complementada con apropiadas previsiones institucionales (medidas no estructurales).

Las siguientes medidas son particularmente importantes:

- a) Refuerzo de los actuales estándar de calidad de aguas efluentes industriales.
- b) Monitoreo de descargas efluentes industriales y refuerzo de sus estándares de calidad.
- c) Monitoreo de las calidad de aguas de ríos.
- d) Control de la descarga de residuos sólidos en los ríos.
- e) Control de la erosión y la extracción desordenada de arena y grava de las cuencas.
- f) Refuerzo de organizaciones a cargo de las tareas mencionadas y desarrollo operación y manejo de sistemas de desagüe.

##### (1) Refuerzo de los estándares de calidad de aguas efluentes industriales

"La Regulación para Descarga de Residuos Industriales en Cuerpos de Agua" en Bolivia establece los estándares de aguas efluentes de acuerdo con lo discutido en la sección 2.3.2, y se aplican para toda la nación. Un refuerzo de la regulación sin duda contribuirá con la mitigación de la contaminación del agua en Bolivia.

Sin embargo, para implementar el sistema de desagües propuesto, los estándares nacionales bolivianos deben ser reforzados y en parte modificados, tomando en consideración la particular situación de la ciudad de La Paz. Se propone que los máximos valores de DBO permitidos para los efluentes sean modificados de acuerdo con la ubicación de la fuente de descarga. Los límites propuestos se presentan en la Tabla 5.4.2.

En nuevas áreas de desarrollo, cada comunidad cada comunidad o cada descargador debe tener su propia planta de tratamiento para satisfacer los mencionados requerimientos.

**Tabla 5.4.2 Límites Propuestos para el DBO de los Efluvios**

| Area  | DBO(mg/l) |
|---|-----------|
| Cuenca del río Choqueyapu en la Zona Central de la Ciudad sobre el punto de ingreso de agua                         | 300       |
| Otras areas donde las aguas residuales se descargan dentro de líneas de desagüe conectadas a plantas de tratamiento | 300       |
| Areas nuevamente desarrolladas (*)  | 50        |
| Otras aguas residuales que incluyen tratamiento de plantas afluentes  | 50        |

(\*): Incluye aguas residuales domésticas e industriales. El tratamiento de aguas residuales a ser requerido tanto como comunidad como independientemente.

**(2) Monitoreo de aguas afluentes y refuerzos de los estándares de calidad.**

La regulación de la descarga de aguas residuales en Bolivia estipula procedimientos para reforzar los estándares de calidad de los afluentes. Sin embargo, para garantizar el cumplimiento de las industrias con los estándares, cierto refuerzo y clarificaciones concernientes a la presente regulación de descargas serían necesarias.

Son recomendadas las siguientes provisiones:

1. Las fábricas deberían estar obligadas a someterse a un periódico monitoreo de datos de cantidad y calidad de descarga de aguas residuales, en lugar de hacerlo cuando lo requiera la entidad apropiada (SAMAPA).
2. La entidad apropiada debería tener el poder de llevar a cabo inspecciones localizadas de tratamiento de aguas residuales y facilidades de descarga en las fábricas sin previo aviso.
3. La regulación debe ser estrictamente reforzada para fábricas que descarguen grandes cantidades de aguas residuales, por ejemplo, mas de 750 m<sup>3</sup>/mes.

**(3) Monitoreo de la Calidad de Aguas de Río**

Los propósitos generales del monitoreo de la calidad ecológica de aguas son:

- a) Juzgar la aplicabilidad de un cuerpo de agua para un deseado uso contrastando las calidades medidas con los estándares de calidad ecológicos aplicables.
- b) Obtener datos básicos para planificar medidas de control de la contaminación necesarias para lograr los estándares de calidad de agua u objetivos de calidad específicos.

- c) Verificar el grado de mejoramiento de los estándares de de calidad de agua correspondientes al progreso de la aplicación de medidas de control de la contaminación.
- d) Obtener un índice del grado de cumplimiento de las regulaciones de descarga de aguas residuales.

Se recomienda que la Ciudad de La Paz establezca su propio programa de monitoreo para lograr todos los propósitos mencionados. Se propone el siguiente programa.

1) Estación de monitoreo

Estaciones de monitoreo fijas deberían ser establecidas a lo largo del río Choqueyapu y sus mayores afluentes. Se propones los siguientes puntos, seleccionados entre aquellos establecidos en este estudio:

Río Choqueyapu

- R2 Achachicala
- R4 Ave. Ejército
- R9 Calacoto
- R14 Puente Aranjuez
- R15 Puente Lipari

Afluentes

- R6 Kotauma (desembocadura)
- R8 Orkojahuirá (desembocadura)
- R11 Irpavi (desembocadura)
- R12 Achumani (desembocadura)

2) Items y frecuencia del monitoreo

| Item                                     | Frecuencia  |
|--|---|
| pH,DO,BOD,SS, Bacteria Coliforme, caudal | Una vez por mes, doce veces al año                      |
| As, Cr(VI),Hg                            | Una vez en la temporada seca y en la temporada lluviosa |

Nota: Otros items no especificados en los estándares de calidad ecológica pueden ser incluidos en el futuro

(4) Control de descarga de residuos sólidos en ríos

Debido a varios esfuerzos de la autoridad municipal, se ha logrado una significativa mejora en la recolección y deposición de residuos sólidos domésticos.

Por otro lado, los residuos sólidos industriales no han sido controlados adecuadamente.

Residuos de construcción son aún arrojados dentro de los ríos. Estos residuos no sólo perturban el flujo de los ríos y la estética urbana, sino que también agravan el alto nivel de concentración de sólidos suspendidos (SS) en los ríos. Por ende, el arrojado de residuos sólidos en los ríos debería ser estrictamente controlado, desde el punto de vista de la protección del flujo de arroyos, sanidad urbana, y manejo de calidad de aguas. Se recomienda tomar fuertes medidas administrativas para detener el arrojado de depósitos sólidos industriales.

#### (5) Control de la erosión y la extracción de arenas y gravas en los ríos

Los niveles de sólidos suspendidos son particularmente altos en los ríos Orkojahuirá y Kotauma; las concentraciones de SS observadas varían entre 750 y 1640 mg/l en el río Kotauma, y de 2440 a 6570 mg/l en el río Orkojahuirá en sus desembocaduras. Debido a los influjos de estos dos tributarios, la concentración SS del río Choqueyapu aumenta rápidamente de aproximadamente 300 mg/l (en R5) hasta un rango de 650 - 1100 mg/l (en R9).

Las mayores causas de la alta concentración de SS en estos tributarios se consideran las siguientes:

- 1) Formación de suelo frágil, y por lo tanto fácil de ser erosionado por fuerzas naturales, en la cuenca.
- 2) Extracción desordenada de arena y grava de las camas de los ríos.
- 3) Perturbaciones en las camas de los ríos debido a actividades mineras.

Entre las causas mencionadas, la erosión del suelo es considerada la mayor, y por lo tanto, apropiadas medidas para su control deben ser consideradas e implementadas.

Actividades humanas en las cuencas de los ríos tales como las mencionadas en 2) y 3) deberían ser apropiadamente reguladas.

#### (6) Refuerzo organizativo

##### 1) Organos administrativos

Las mayores organizaciones ejecutoras de las medidas estructurales y no estructurales propuestas en el Plan Básico serán la Municipalidad de La Paz (HAMPLP) y SAMAPA. Sus responsabilidades respectivas y mejoras organizativas deseables se discuten a continuación.

## **HAM-LP**

La responsabilidad de HAM-LP concerniente a la implantación del Plan Básico debe cubrir las siguientes tareas:

- a) Preparación de apropiadas reglas locales, regulaciones y estándares concernientes a control de contaminación de agua en coordinación con MAU, e incluyendo refuerzos de los estándares de calidad de aguas efluvias y designación de masas de agua a clases específicas de estándar de calidad ecológica del agua.
- b) Monitoreo de la calidad de aguas de los ríos.
- c) Manejo de residuos sólidos
- d) Administración de trabajos en las cuencas de ríos, incluyendo incluyendo control de la erosión y regulación de actividades humanas en los bancos ribereños.

La Dirección de Control y Organización de Medio Ambiente y Cuencas (DICOMAC) con HAM-LP deben asumir las tareas mencionadas, con excepción de manejo de residuos sólidos, que es responsabilidad de la Dirección de Sanidad Urbana (DSU). Se recomienda que DICOMAC refuerce la capacidad humana en el área de protección de calidad de agua.

## **SAMAPA**

Entre las tareas de SAMAPA concernientes a la implementación del Plan Básico se incluyen las siguientes:

- a) Desarrollo operación y administración de sistemas de desagües.
- b) Refuerzo de las regulaciones de descarga de aguas residuales industriales.

SAMAPA tiene cuatro unidades administrativas bajo la dirección general, o sea, Administración de Ingeniería y Proyecto (GIP), Administración de Operación y Mantenimiento (GOM), Dirección de Administración y Finanzas, y Dirección de Ventas. El desarrollo del sistema de desagües es una responsabilidad de GIP, y operaciones y mantenimiento de sistemas de desagües son responsabilidad de GOM.

Ya que esta organización no es suficiente para ejecutar las tareas anteriormente mencionadas, se proponen los siguientes refuerzos:

- i) La creación del Departamento de Desarrollo de Redes de Desagües (DSD) dentro de GIP: DSD tendría 2 divisiones, una a cargo de planeamiento y diseño de desagües, y otra a cargo de la construcción.

- ii) La creación del Departamento de Operaciones y Mantenimiento de Redes de Desagüe y una división a cargo de operaciones y mantenimiento de facilidades de tratamiento de aguas.
- iii) La creación de una división a cargo del refuerzo de la regulación de descarga de aguas residuales industriales

## 2) Laboratorios de calidad de aguas

La regulación de descarga de aguas residuales industriales requiere que los muestrarios y análisis de aguas residuales sean confiados por las fábricas a laboratorios autorizados de MAU. Por lo tanto se propone que muestrarios y análisis de aguas de ríos en el programa de monitoreo de HAM-LP sean también confiados a estos laboratorios autorizados. Al mismo tiempo, disponibilidad de laboratorios con capacidad suficiente para el análisis y de aguas residuales y aguas naturales es muy importante.

En La Paz, el laboratorio del Instituto de Ingeniería Sanitaria (IIS) en la Universidad de San Andrés (UMSA) ha sido el más experimentado en este campo. Mas aún, la mayoría de los equipos analíticos traídos dentro de La Paz por JICA para este estudio fueron instalados en el laboratorio de IIS, y los análisis fueron conducidos por un miembro del grupo de estudio de JICA en cooperación con miembros del laboratorio de IIS. Por lo tanto, la capacidad de IIS en análisis de calidad de agua ha sido mejorada aún más.

Por el momento, el laboratorio de MAU es considerado el único elegible para la autorización de MAU. Sin embargo es deseable que haya más de un laboratorio elegible, ya que la demanda de análisis de calidad de agua se incrementaría en cuanto la regulación de de descarga sea reforzada y se implemente el programa de monitoreo de calidad. Dentro de este contexto, el laboratorio de IIS debería funcionar como un centro de formación de ingenieros de laboratorios y especialistas en análisis.

### 5.4.4 Mejora de la Calidad de Agua

En la Fig. 5.4.7 se muestra el efecto total en el año 2010, en términos de DBO bajo condiciones de bajo flujo de agua, de las medidas de control de la contaminación propuestas en el Plan Básico. Las medidas propuestas son:

- 1) Desarrollo de redes de desagüe (Opción Lipari)
- 2) Control de descargas de aguas residuales de las industrias que descargan más de  $100 \text{ m}^3/\text{día}$  de aguas residuales, con el límite de DBO a  $300 \text{ mg/l}$ .



3) Control de efluvios de aguas residuales en áreas recientemente desarrolladas con el límite de DBO a 50 mg/l.

Se aprecia que el efecto total de las medidas aquí mencionadas es significativo.

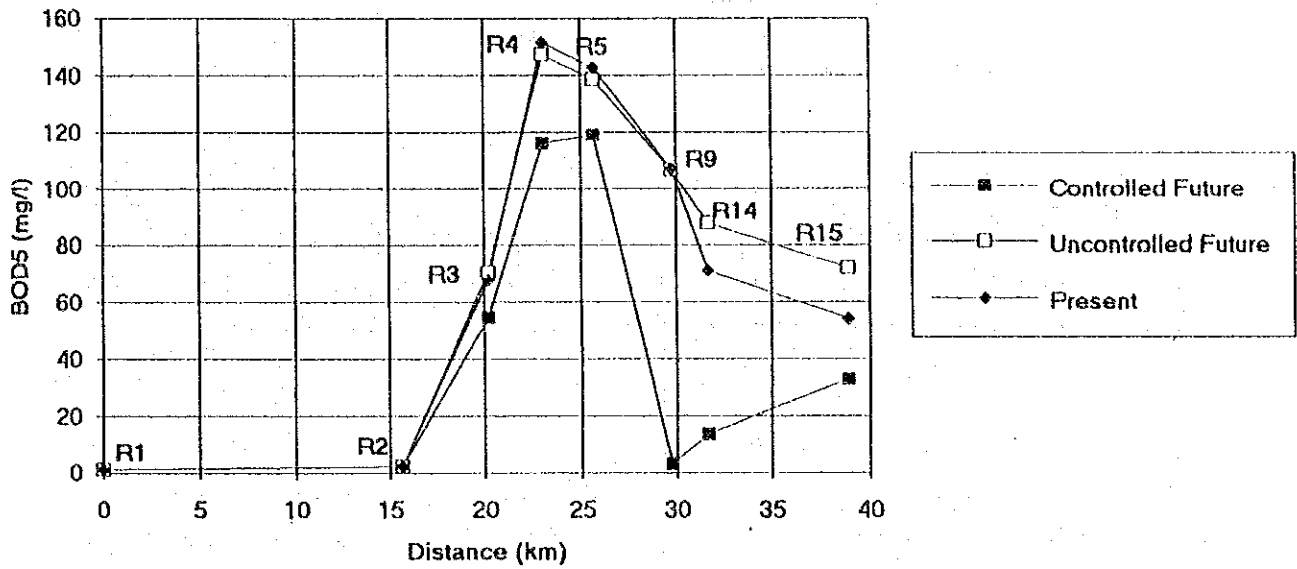


Fig. 5.4.7 Efecto total del Plan Básico

#### 5.4.5 Programa de Implementación

El propósito del Plan Básico propuesto es cumplir con las metas propuestas para el año 2010. De la comparación entre los costos necesarios y el presupuesto de gastos del sector alcantarillados del gobierno central o SAMAPA, se propone estructurar el proyecto en fases así se podrían disminuir las inversiones anuales y aumentar los beneficios del proyecto en proporción a las inversiones.

Se preparó un programa de implementación considerando los siguientes requerimientos, presentados en la Tabla 5.4.3.

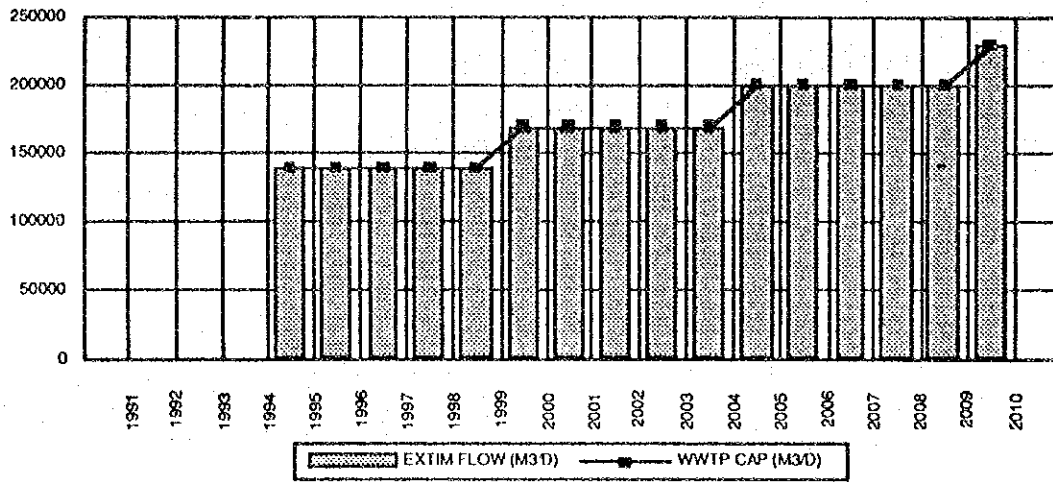
Aunque se recomendó estructurar las fases del proyecto en etapas similares, la construcción de la facilidad principal se ha concentrado en la primera fase del proyecto propuesto. Ello se debe a que se ha priorizado el tratamiento de las aguas residuales de la zona Central, las cuales son las principales causantes de la contaminación. Ningún proyecto que no contemple algún método de tratamiento de las aguas residuales podrá contribuir significativamente al mejoramiento de la actual situación.

La capacidad de tratamiento de las aguas residuales y el diseño del flujo de las aguas residuales para el programa de implementación se muestran en la subsiguiente figura.

**Tabla 5.4.3 Programa de Implementación**

| Periodo de Implementación | Fase   | Áreas Servidas     | Capacidad de Tratamiento (m <sup>3</sup> /día)    | Instalaciones a ser Construidas  |
|---------------------------|--------|--------------------|---|--|
| 1993-1995                 | Fase 1 | Área Central       | 140,000 (Lagunas aireadas parcialmente mezcladas) | Instalaciones de toma Alcantarilla Interceptora Principal Preparación del sitio (Sitio #1) Operaciones / otras edificaciones Lagunas aireadas (12 Ha) Cuencas de Sedimentación (4 Ha)  |
| 1996-2000                 | Fase 2 | Cuenca Orkojahuíra | 170,000   | Conversión de 4 Ha de cuencas de sedimentación en lagunas aireadas conversión de 12 lagunas aireadas parcialmente en lagunas completamente mezcladas Agregar equipo de aireación Preparación del sitio - 12 Ha (Sitio #2) Cuencas de sedimentación (11.5 Ha) Alcantarilla interceptora para la cuenca de Orkojahuíra |
| 2001-2005                 | Fase 3 | Cuenca Irapavi     | 200,000   | Agregar equipo de aireación Alcantarilla interceptora para la cuenca de Irapavi  |
| 2006-2010                 | Fase 4 | Calacoto, etc      | 230,000   | Alcantarilla interceptora para el área de Calacoto   |

FLOW VS WWTP CAPACITY



5.4.6 Costos del Proyecto

Los costos del proyecto para el Plan Básico propuesto fueron estimados en US\$33.32 millones y su desagregación por fases basado en el programa de implementación propuesto se muestra en la Tabla 5.4.4. En consideración a la fase de construcción, el tamaño requerido del sitio de la planta de tratamiento fue revisado y reducido de 40 Ha a 32 Ha, el cual fue estimado en comparación de las Alternativas (Sección 5.3.1), resultando en la reducción de los costos totales de construcción.

Tabla 5.4.4 Costos Estimados para Cada Fase

| Fase  | Obras Principales de Construcción                        | Costos del Proyecto | Costos para cada Fase (millones de US\$) |
|-------|--|---------------------|--|
| 1     | Bocatoma   | 1.15                | 23.83                                    |
|       | Alcantarilla Interceptora Principal                      | 9.06                |  |
|       | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Sitio #1)     | 13.62               |  |
| 2     | Alcantarilla Interceptora (Cuenca Orkojakaira)           | 1.92                | 8.19                                     |
|       | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Expansión #2) | 6.27                |  |
| 3     | Alcantarilla Interceptora (Cuenca Irpavi)                | 0.15                | 0.15                                     |
|       | Alcantarilla Interceptora (Area Calacoto)                | 1.15                | 1.15                                     |
| Total |  |                     | 33.32                                    |

\* Vea la Tabla 5.4.3 para la descripción de cada fase

## 5.4.7 Evaluación Financiera

### (1) Recuperación de Costos y tarifas por Servicios de Desagüe

Los costos de construcción del proyecto propuesto fueron del orden de los US\$33.32 millones en total. La estimación para cada etapa se muestra en la Tabla 5.4.5. Los montos límites de inversión proyectados por el Equipo del Estudio para las respectivas entidades también se muestran en la misma tabla, haciendo una comparación con los costos de construcción requeridos.

De acuerdo a dicha tabla, el monto límite de inversión para SAMAPA durante el mismo período, i.e., 1993 a 2010, fue estimado en US\$45.29 millones. El costo del proyecto es 74% del monto límite total. Por otro lado, el monto límite de inversión no siempre estaba disponible solamente para el proyecto propuesto. En este informe, el monto total se supone que es obtenido de la siguiente manera: 60% del total proviene de un préstamo externo y 40% proviene del presupuesto local. El monto obtenido por préstamo sería de US\$20.0 millones y la porción local de US\$13.3 millones.

El costo total fue equivalente a 7% del monto límite nacional para inversiones en sistemas de desagüe en el país. En el pasado, la participación de SAMAPA en el total nacional fue de 4.5%. Por lo tanto, si la inversión total para el proyecto es cubierta integralmente con fondos locales, el gobierno se vería en la necesidad de realizar un cambio drástico en términos de asuntos ambientales para la implementación del proyecto propuesto.

**Tabla 5.4.5 Inversiones de Capital e Inversiones Tope por Entidad**

| Conograma de Implementación   | Costo del Proyecto | Tope de Inversión (*) | Relación entre Costo del Proyecto y Tope de Inversión | Tope de Inversión (*) | Relación entre Costo del Proyecto y Tope de Inversión |
|---|--------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|
| 1. Fase 1 (1993-1995)<br>Proyecto Prioritario<br>Capacidad de Tratamiento:<br>140,000 m <sup>3</sup> /día<br>Laguna parcialmente areada<br>Area servida: Area Central | 28.83              | 4.99                  | 581%  | 55.35                 | 52%   |
| 2. Fase 2 (1996-2000)<br>Capacidad de Tratamiento:<br>170,000m <sup>3</sup> /día<br>Area servida: Cuenca de Orkojahaira   | 8.19               | 10.33                 | 87%   | 114.53                | 8%  |
| 3. Fase 3 (2001-2005)<br>Capacidad de Tratamiento:<br>200,000m <sup>3</sup> /día<br>Area servida: Cuenca de Irpavi  | 0.15               | 13.29                 | 53%   | 147.38                | 5%  |
| 4. Fase 4 (2005-20100)<br>Capacidad de Tratamiento:<br>230,000 m <sup>3</sup> /día<br>Area servida : Calaconto, etc.  | 1.15               | 16.69                 | 7%  | 185.10                | 0.6%  |
| 5. Total  | 33.32              | 45.29                 | 74%   | 502.37                | 7%  |

Nota \*: Las cantidades topes para cada fase fueron estimados sobre la base de la proyección de los datos inversión existente en Bolivia.

El costo total de capital fue anualizado por medio del factor de recuperación del capital. El costo anualizado de capital se calculó en US\$3.54 millones. Debido a que los costos de O/M se estiman en US\$2.70 millones por año, el costo total anual, i.e., el costo anualizado de capital más el costo de O/M después de finalizar el Plan Básico, sería de US\$6.24 millones.

El volumen total de descarga cloacal en el área del proyecto en el año 2010 se calculó en 195,000 m<sup>3</sup>/día, ó 71.0 millones m<sup>3</sup>/año. Luego, el costo unitario promedio podría ser estimado como el cociente de US\$6.24 millones dividido por 71.0 millones m<sup>3</sup> ó US\$0.088/m<sup>3</sup>.

De acuerdo al informe anual de SAMAPA en diciembre de 1990, la tarifa unitaria promedio cobrada por servicios de agua y desagües fue de Bs.106/m<sup>3</sup> o equivalente a US\$0.33/m<sup>3</sup>. De acuerdo a los estados financieros de SAMAPA, las tarifas por servicios de desagüe estarían 22% por encima de la tarifa unitaria mencionada arriba, de tal manera que la tarifa por dichos servicios se estimó en US\$0.073/m<sup>3</sup>. El mencionado costo unitario era algo más alto que el costo unitario actual. Más aún, si este costo unitario es recuperado por medio de la imposición de una nueva tarifa, ésta podría ser añadida a la tarifa unitaria actual. En consecuencia, la tarifa unitaria (US\$0.161/m<sup>3</sup>) se debe de incrementar a 2.2 veces más de la actual (US\$0.073/m<sup>3</sup>).

En el caso de la "pólítica de recuperación de los costos de O/M", la tarifa de servicios de desagüe se calcularía de la siguiente manera. Tal como se mencionó arriba, los costos de O/M para el Plan Básico se estiman en US\$2.70 millones por año. Debido a que el volumen total de descarga cloacal en el área del proyecto se ha calculado en cerca de 195,000 m<sup>3</sup>/día, 71.0 millones m<sup>3</sup>/año, entonces el costo unitario promedio podría ser estimado como el cociente de US\$2.70 millones divididos por 71.0 millones m<sup>3</sup> ó US\$0.038/m<sup>3</sup>. Esta tarifa (US\$0.111/m<sup>3</sup>) significaría un incremento en 52% de la tarifa actual de US\$0.073/m<sup>3</sup>.

## (2) Obtención de Fondos y Cronograma de Reembolsos

En esta sección, los siguientes dos planes para obtención de fondos serán discutidos para examinar la factibilidad de realizar reembolsos con el presupuesto local.

### a) Caso 1: Obtención de un préstamo extranjero solamente.

El monto total es obtenido como sigue: US\$20.0 millones por medio de un préstamo extranjero y US\$13.3 millones por medio de fondos públicos locales.

#### Caso 1-A

Términos del préstamo:

- Período de repago: 15 años después de completar la construcción
- Período de gracia: 1 año después de completar la construcción
- Tasa de interés: 11% anual

Estos términos son casi los mismo que los utilizados para el proyecto de canalización del río Choqueyapu financiado por el Banco Inter Americano de Desarrollo (BID).

#### Caso 1-B

Términos del préstamo:

- Período de repago: 30 años después de completar la construcción
- Período de gracia: 10 años después de completar la construcción
- Tasa de interés: 3% anual

Estos términos son casi los mismo que los utilizados por el Fondo de Cooperación Económica de Ultramar (OECE) del Japón.

#### b) Caso 2: Obtención de una donación más un préstamo

Para este caso, el costo de capital de la Fase I podría ser cubierta por medio de una donación del extranjero. Otros costos de capital de la Fase II a IV son cubiertos por préstamos extranjeros. Por lo tanto, el monto total es obtenido como sigue: US\$23.8 millones por donaciones extranjeras, US\$5.7 millones por préstamos extranjeros y US\$3.8 millones por medio de fondos locales.

Un cronograma de pagos para el Caso 1, incluyendo tanto los pagos de reembolso como los del interés del préstamo extranjero (60% del costo total) y de lo obtenido para la parte local (40% del costo total), está tabulado en la Tabla 5.4.6 y 5.4.7. Como se mencionó arriba, la porción local será obtenida por medio de fondos públicos locales. El mayor monto de inversión cubierta con fondos locales (US\$3.42 millones) será realizado en 1994 y 1995. Este monto es casi 1.9 veces la inversión esperada (US\$1.8 millones) para proyectos de desagüe por SAMAPA en 1995. Por lo tanto, aún considerando solamente la porción local, SAMAPA no podría cubrir los costos de implementación del proyecto sin la asistencia del gobierno central o gobiernos municipales.

En el Caso 1-A, el pago máximo ocurre en el tercer año (1995) desde el inicio de la construcción. Este monto sería de US\$5.0 millones, desagregados en US\$1.57 millones para la porción extranjera y US\$4.46 millones para la porción local. Este monto excede el presupuesto anual para inversiones de SAMAPA que se estima en US\$1.8 millones para ese año. Por lo tanto, el pago total podría ser 2.8 veces el presupuesto para inversiones de SAMAPA.

Tabla 5.4.6 Cronograma de Pago de Préstamos: caso 1-A

(Unit: US\$ million)

| No.   | Year | Phase   | Foreign Loan    |                               | Repayment of Foreign Loan Portion<br>and Interest Payment |            |            |            |       | Local<br>Portion | Total<br>Payment |
|-------|------|---------|-----------------|-------------------------------|---|------------|------------|------------|-------|------------------|------------------|
|       |      |         | Annual<br>Total | Accumu-<br>lation<br>by Phase | Phase<br>1  | Phase<br>2 | Phase<br>3 | Phase<br>4 | Total |                  |                  |
|       |      |         |                 |                               |   |            |            |            |       |                  |                  |
| 1     | 1993 | Phase 1 | 4.02            | 4.02                          | 0.44  |            |            |            | 0.44  | 2.68             | 3.13             |
| 2     | 1994 |         | 5.14            | 9.16                          | 1.01  |            |            |            | 1.01  | 3.42             | 4.43             |
| 3     | 1995 |         | 5.14            | 14.30                         | 1.57  |            |            |            | 1.57  | 3.42             | 5.00             |
| 4     | 1996 | Phase 2 | 0.98            | 0.98                          | 1.57  | 0.11       |            |            | 1.68  | 0.66             | 2.34             |
| 5     | 1997 |         | 0.98            | 1.97                          | 2.59  | 0.22       |            |            | 2.81  | 0.66             | 3.47             |
| 6     | 1998 |         | 0.98            | 2.95                          | 2.48  | 0.32       |            |            | 2.81  | 0.66             | 3.46             |
| 7     | 1999 |         | 0.98            | 3.93                          | 2.37  | 0.43       |            |            | 2.80  | 0.66             | 3.46             |
| 8     | 2000 |         | 0.98            | 4.91                          | 2.26  | 0.54       |            |            | 2.80  | 0.66             | 3.45             |
| 9     | 2001 | Phase 3 | 0.02            | 0.02                          | 2.14  | 0.54       | 0.00       |            | 2.69  | 0.01             | 2.70             |
| 10    | 2002 |         | 0.02            | 0.04                          | 2.03  | 0.89       | 0.00       |            | 2.93  | 0.01             | 2.94             |
| 11    | 2003 |         | 0.02            | 0.05                          | 1.92  | 0.85       | 0.01       |            | 2.78  | 0.01             | 2.79             |
| 12    | 2004 |         | 0.02            | 0.07                          | 1.81  | 0.81       | 0.01       |            | 2.63  | 0.01             | 2.64             |
| 13    | 2005 |         | 0.02            | 0.09                          | 1.70  | 0.78       | 0.01       |            | 2.48  | 0.01             | 2.49             |
| 14    | 2006 | Phase 4 | 0.14            | 0.14                          | 1.58  | 0.74       | 0.01       | 0.02       | 2.35  | 0.09             | 2.44             |
| 15    | 2007 |         | 0.14            | 0.28                          | 1.47  | 0.70       | 0.02       | 0.03       | 2.22  | 0.09             | 2.31             |
| 16    | 2008 |         | 0.14            | 0.41                          | 1.36  | 0.66       | 0.02       | 0.05       | 2.08  | 0.09             | 2.17             |
| 17    | 2009 |         | 0.14            | 0.55                          | 1.25  | 0.62       | 0.01       | 0.06       | 1.94  | 0.09             | 2.03             |
| 18    | 2010 |         | 0.14            | 0.69                          | 1.13  | 0.58       | 0.01       | 0.08       | 1.81  | 0.09             | 1.90             |
| 19    | 2011 |         |                 |                               |   | 0.54       | 0.01       | 0.08       | 0.63  |                  | 0.63             |
| 20    | 2012 |         |                 |                               |   | 0.51       | 0.01       | 0.13       | 0.64  |                  | 0.64             |
| 21    | 2013 |         |                 |                               |   | 0.47       | 0.01       | 0.12       | 0.60  |                  | 0.60             |
| 22    | 2014 |         |                 |                               |   | 0.43       | 0.01       | 0.11       | 0.55  |                  | 0.55             |
| 23    | 2015 |         |                 |                               |   | 0.39       | 0.01       | 0.11       | 0.51  |                  | 0.51             |
| 24    | 2016 |         |                 |                               |   |            | 0.01       | 0.10       | 0.11  |                  | 0.11             |
| 25    | 2017 |         |                 |                               |   |            | 0.01       | 0.10       | 0.11  |                  | 0.11             |
| 26    | 2018 |         |                 |                               |   |            | 0.01       | 0.09       | 0.10  |                  | 0.10             |
| 27    | 2019 |         |                 |                               |   |            | 0.01       | 0.09       | 0.10  |                  | 0.10             |
| 28    | 2020 |         |                 |                               |   |            | 0.01       | 0.08       | 0.09  |                  | 0.09             |
| 29    | 2021 |         |                 |                               |   |            |            | 0.08       | 0.08  |                  | 0.08             |
| 30    | 2022 |         |                 |                               |   |            |            | 0.07       | 0.07  |                  | 0.07             |
| 31    | 2023 |         |                 |                               |   |            |            | 0.07       | 0.07  |                  | 0.07             |
| 32    | 2024 |         |                 |                               |   |            |            | 0.06       | 0.06  |                  | 0.06             |
| 33    | 2025 |         |                 |                               |   |            |            | 0.05       | 0.05  |                  | 0.05             |
| Total |      |         | 19.99           |                               | 30.69   | 11.13      | 0.20       | 1.56       | 43.59 | 13.33            | 56.91            |

Tabla 5.4.7 Cronograma de Pago de Préstamos: caso 1-B

(Unit: US\$ million)

| No.   | Year | Phase   | Foreign Loan |                       | Repayment of Foreign Loan Portion and Interest Payment |         |         |         |       | Local Portion | Total Payment |      |
|-------|------|---------|--------------|-----------------------|--|---------|---------|---------|-------|---------------|---------------|------|
|       |      |         | Annual Total | Accumulation by Phase | Phase 1  | Phase 2 | Phase 3 | Phase 4 | Total |               |               |      |
| 1     | 1993 | Phase 1 | 4.02         | 4.02                  | 0.12   |         |         |         |       | 0.12          | 2.68          | 2.80 |
| 2     | 1994 |         | 5.14         | 9.16                  | 0.27   |         |         |         |       | 0.27          | 3.42          | 3.70 |
| 3     | 1995 |         | 5.14         | 14.30                 | 0.43   |         |         |         |       | 0.43          | 3.42          | 3.85 |
| 4     | 1996 | Phase 2 | 0.98         | 0.98                  | 0.43   | 0.03    |         |         |       | 0.46          | 0.66          | 1.11 |
| 5     | 1997 |         | 0.98         | 1.97                  | 0.43   | 0.06    |         |         |       | 0.49          | 0.66          | 1.14 |
| 6     | 1998 |         | 0.98         | 2.95                  | 0.43   | 0.09    |         |         |       | 0.52          | 0.66          | 1.17 |
| 7     | 1999 |         | 0.98         | 3.93                  | 0.43   | 0.12    |         |         |       | 0.55          | 0.66          | 1.20 |
| 8     | 2000 |         | 0.98         | 4.91                  | 0.43   | 0.15    |         |         |       | 0.58          | 0.66          | 1.23 |
| 9     | 2001 | Phase 3 | 0.02         | 0.02                  | 0.43   | 0.15    | 0.00    |         |       | 0.58          | 0.01          | 0.59 |
| 10    | 2002 |         | 0.02         | 0.04                  | 0.43   | 0.15    | 0.00    |         |       | 0.58          | 0.01          | 0.59 |
| 11    | 2003 |         | 0.02         | 0.05                  | 0.43   | 0.15    | 0.00    |         |       | 0.58          | 0.01          | 0.59 |
| 12    | 2004 |         | 0.02         | 0.07                  | 0.43   | 0.15    | 0.00    |         |       | 0.58          | 0.01          | 0.59 |
| 13    | 2005 |         | 0.02         | 0.09                  | 0.43   | 0.15    | 0.00    |         |       | 0.58          | 0.01          | 0.59 |
| 14    | 2006 | Phase 4 | 0.14         | 0.14                  | 1.12   | 0.15    | 0.00    | 0.00    |       | 1.28          | 0.09          | 1.37 |
| 15    | 2007 |         | 0.14         | 0.28                  | 1.10   | 0.15    | 0.00    | 0.01    |       | 1.26          | 0.09          | 1.35 |
| 16    | 2008 |         | 0.14         | 0.41                  | 1.08   | 0.15    | 0.00    | 0.01    |       | 1.24          | 0.09          | 1.33 |
| 17    | 2009 |         | 0.14         | 0.55                  | 1.06   | 0.15    | 0.00    | 0.02    |       | 1.22          | 0.09          | 1.32 |
| 18    | 2010 |         | 0.14         | 0.69                  | 1.04   | 0.15    | 0.00    | 0.02    |       | 1.21          | 0.09          | 1.30 |
| 19    | 2011 |         |              |                       | 1.02   | 0.39    | 0.00    | 0.02    |       | 1.42          |               | 1.42 |
| 20    | 2012 |         |              |                       | 0.99   | 0.38    | 0.00    | 0.02    |       | 1.40          |               | 1.40 |
| 21    | 2013 |         |              |                       | 0.97   | 0.37    | 0.00    | 0.02    |       | 1.37          |               | 1.37 |
| 22    | 2014 |         |              |                       | 0.95   | 0.36    | 0.00    | 0.02    |       | 1.34          |               | 1.34 |
| 23    | 2015 |         |              |                       | 0.93   | 0.36    | 0.00    | 0.02    |       | 1.31          |               | 1.31 |
| 24    | 2016 |         |              |                       | 0.91   | 0.35    | 0.01    | 0.02    |       | 1.28          |               | 1.28 |
| 25    | 2017 |         |              |                       | 0.89   | 0.34    | 0.01    | 0.02    |       | 1.26          |               | 1.26 |
| 26    | 2018 |         |              |                       | 0.87   | 0.33    | 0.01    | 0.02    |       | 1.23          |               | 1.23 |
| 27    | 2019 |         |              |                       | 0.84   | 0.33    | 0.01    | 0.02    |       | 1.20          |               | 1.20 |
| 28    | 2020 |         |              |                       | 0.82   | 0.32    | 0.01    | 0.02    |       | 1.17          |               | 1.17 |
| 29    | 2021 |         |              |                       | 0.80   | 0.31    | 0.01    | 0.05    |       | 1.17          |               | 1.17 |
| 30    | 2022 |         |              |                       | 0.78   | 0.30    | 0.01    | 0.05    |       | 1.14          |               | 1.14 |
| 31    | 2023 |         |              |                       | 0.76   | 0.30    | 0.01    | 0.05    |       | 1.11          |               | 1.11 |
| 32    | 2024 |         |              |                       | 0.74   | 0.29    | 0.01    | 0.05    |       | 1.08          |               | 1.08 |
| 33    | 2025 |         |              |                       | 0.71   | 0.28    | 0.01    | 0.05    |       | 1.05          |               | 1.05 |
| 34    | 2026 |         |              |                       |  | 0.28    | 0.01    | 0.05    |       | 0.33          |               | 0.33 |
| 35    | 2027 |         |              |                       |  | 0.27    | 0.01    | 0.05    |       | 0.32          |               | 0.32 |
| 36    | 2028 |         |              |                       |  | 0.26    | 0.01    | 0.05    |       | 0.31          |               | 0.31 |
| 37    | 2029 |         |              |                       |  | 0.25    | 0.01    | 0.05    |       | 0.30          |               | 0.30 |
| 38    | 2030 |         |              |                       |  | 0.25    | 0.01    | 0.04    |       | 0.30          |               | 0.30 |
| 39    | 2031 |         |              |                       |  |         | 0.01    | 0.04    |       | 0.05          |               | 0.05 |
| 40    | 2032 |         |              |                       |  |         | 0.00    | 0.04    |       | 0.05          |               | 0.05 |
| 41    | 2033 |         |              |                       |  |         | 0.00    | 0.04    |       | 0.05          |               | 0.05 |
| 42    | 2034 |         |              |                       |  |         | 0.00    | 0.04    |       | 0.05          |               | 0.05 |
| 43    | 2035 |         |              |                       |  |         | 0.00    | 0.04    |       | 0.04          |               | 0.04 |
| 44    | 2036 |         |              |                       |  |         |         | 0.04    |       | 0.04          |               | 0.04 |
| 45    | 2037 |         |              |                       |  |         |         | 0.04    |       | 0.04          |               | 0.04 |
| 46    | 2038 |         |              |                       |  |         |         | 0.04    |       | 0.04          |               | 0.04 |
| 47    | 2039 |         |              |                       |  |         |         | 0.04    |       | 0.04          |               | 0.04 |
| 48    | 2040 |         |              |                       |  |         |         | 0.03    |       | 0.03          |               | 0.03 |
| Total |      |         | 19.99        |                       | 23.49  | 8.23    | 0.15    | 1.16    | 33.02 | 13.33         | 46.35         |      |



Tabla 5.4.8 Cronograma de Pago de Préstamos: caso 2

(Unidad:Millones de US\$)

| No.   | Año  | Fase   | Préstamo y Donación Extranjera |             |               | Repago de Porción de Préstamo Extranjero y Pago de Intereses |        |        |        |       | Porción Local | Pago Total |      |
|-------|------|--------|--------------------------------|-------------|---------------|--|--------|--------|--------|-------|---------------|------------|------|
|       |      |        | Donación                       | Préstamo    | Acumu-        | Fase 1*1   | Fase 2 | Fase 3 | Fase 4 | Total |               |            |      |
|       |      |        | Anual Total                    | Anual Total | lado por Fase |  |        |        |        |       |               |            |      |
| 1     | 1993 | Fase 1 | 6.70                           | 0.00        | 6.70          | 0.00   |        |        |        |       | 0.00          | 0.00       |      |
| 2     | 1994 |        | 8.57                           | 0.00        | 15.27         | 0.00   |        |        |        |       | 0.00          | 0.00       |      |
| 3     | 1995 |        | 8.57                           | 0.00        | 23.83         | 0.00   |        |        |        |       | 0.00          | 0.00       |      |
| 4     | 1996 | Fase 2 |                                | 0.98        | 0.98          |  | 0.11   |        |        |       | 0.11          | 0.66       | 0.76 |
| 5     | 1997 |        |                                | 0.98        | 1.97          |  | 0.22   |        |        |       | 0.22          | 0.66       | 0.87 |
| 6     | 1998 |        |                                | 0.98        | 2.95          |  | 0.32   |        |        |       | 0.32          | 0.66       | 0.98 |
| 7     | 1999 |        |                                | 0.98        | 3.93          |  | 0.43   |        |        |       | 0.43          | 0.66       | 1.09 |
| 8     | 2000 |        |                                | 0.98        | 4.91          |  | 0.54   |        |        |       | 0.54          | 0.66       | 1.20 |
| 9     | 2001 | Fase 3 |                                | 0.02        | 0.02          |  | 0.54   | 0.00   |        |       | 0.54          | 0.01       | 0.55 |
| 10    | 2002 |        |                                | 0.02        | 0.04          |  | 0.89   | 0.00   |        |       | 0.90          | 0.01       | 0.91 |
| 11    | 2003 |        |                                | 0.02        | 0.05          |  | 0.85   | 0.01   |        |       | 0.86          | 0.01       | 0.87 |
| 12    | 2004 |        |                                | 0.02        | 0.07          |  | 0.81   | 0.01   |        |       | 0.82          | 0.01       | 0.83 |
| 13    | 2005 |        |                                | 0.02        | 0.09          |  | 0.78   | 0.01   |        |       | 0.79          | 0.01       | 0.80 |
| 14    | 2006 | Fase 4 |                                | 0.14        | 0.14          |  | 0.74   | 0.01   | 0.02   |       | 0.76          | 0.09       | 0.85 |
| 15    | 2007 |        |                                | 0.14        | 0.28          |  | 0.70   | 0.02   | 0.03   |       | 0.75          | 0.09       | 0.84 |
| 16    | 2008 |        |                                | 0.14        | 0.41          |  | 0.66   | 0.02   | 0.05   |       | 0.72          | 0.09       | 0.81 |
| 17    | 2009 |        |                                | 0.14        | 0.55          |  | 0.62   | 0.01   | 0.06   |       | 0.70          | 0.09       | 0.79 |
| 18    | 2010 |        |                                | 0.14        | 0.69          |  | 0.58   | 0.01   | 0.08   |       | 0.67          | 0.09       | 0.76 |
| 19    | 2011 |        |                                |             |               |  | 0.54   | 0.01   | 0.08   |       | 0.63          |            | 0.63 |
| 20    | 2012 |        |                                |             |               |  | 0.51   | 0.01   | 0.13   |       | 0.64          |            | 0.64 |
| 21    | 2013 |        |                                |             |               |  | 0.47   | 0.01   | 0.12   |       | 0.60          |            | 0.60 |
| 22    | 2014 |        |                                |             |               |  | 0.43   | 0.01   | 0.11   |       | 0.55          |            | 0.55 |
| 23    | 2015 |        |                                |             |               |  | 0.39   | 0.01   | 0.11   |       | 0.51          |            | 0.51 |
| 24    | 2016 |        |                                |             |               |  |        | 0.01   | 0.10   |       | 0.11          |            | 0.11 |
| 25    | 2017 |        |                                |             |               |  |        | 0.01   | 0.10   |       | 0.11          |            | 0.11 |
| 26    | 2018 |        |                                |             |               |  |        | 0.01   | 0.09   |       | 0.10          |            | 0.10 |
| 27    | 2019 |        |                                |             |               |  |        | 0.01   | 0.09   |       | 0.10          |            | 0.10 |
| 28    | 2020 |        |                                |             |               |  |        | 0.01   | 0.08   |       | 0.09          |            | 0.09 |
| 29    | 2021 |        |                                |             |               |  |        |        | 0.08   |       | 0.08          |            | 0.08 |
| 30    | 2022 |        |                                |             |               |  |        |        | 0.07   |       | 0.07          |            | 0.07 |
| 31    | 2023 |        |                                |             |               |  |        |        | 0.07   |       | 0.07          |            | 0.07 |
| 32    | 2024 |        |                                |             |               |  |        |        | 0.06   |       | 0.06          |            | 0.06 |
| 33    | 2025 |        |                                |             |               |  |        |        | 0.05   |       | 0.05          |            | 0.05 |
| Total |      |        | 23.83                          | 5.69        |               | 0.00   | 11.13  | 0.20   | 1.56   | 12.90 | 3.80          | 16.69      |      |

Nota:\*1 Los costos de la Fase 1 son cubiertos por una donación extranjera

Tabla 5.4.9 Flujo de Ingresos y Gastos: caso 2

Unidad: Millones de US\$

| No    | Año  | Balance de Capital  |                     |                  |                      | Balance de Ingresos |                    |                                   |                                     |              |         |                        |                        |
|-------|------|---------------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------|---------|------------------------|------------------------|
|       |      | Ingreso             |                     | Gastos           |                      | Balance             | Ingreso            |                                   | Gastos                              |              | Balance | Balance de Efectivo *1 |                        |
|       |      | Donación Extranjera | Préstamo Extranjero | Porción Local *1 | Costo Const. rucción |                     | Repago de Préstamo | Servicio de Tratamiento o Desague | Gastos de Operación & Mantenimiento | Depreciación |         |                        | Intereses del Préstamo |
| 1     | 1993 | 6.70                |                     | 6.70             |                      | 0.00                |                    |                                   |                                     |              | 0.00    | 0.00                   |                        |
| 2     | 1994 | 8.57                |                     | 8.57             |                      | 0.00                |                    |                                   |                                     |              | 0.00    | 0.00                   |                        |
| 3     | 1995 | 8.57                |                     | 8.57             |                      | 0.00                |                    |                                   |                                     |              | 0.00    | 0.00                   |                        |
| 4     | 1996 |                     | 0.98                | 0.66             | 1.64                 | 0.00                | 1.94               | 1.64                              | 0.11                                | 0.18         | 0.18    | 0.18                   |                        |
| 5     | 1997 |                     | 0.98                | 0.66             | 1.64                 | 0.00                | 1.95               | 1.64                              | 0.22                                | 0.09         | 0.09    | 0.09                   |                        |
| 6     | 1998 |                     | 0.98                | 0.66             | 1.64                 | 0.00                | 1.97               | 1.64                              | 0.32                                | 0.00         | 0.00    | 0.00                   |                        |
| 7     | 1999 |                     | 0.98                | 0.66             | 1.64                 | 0.00                | 1.98               | 1.64                              | 0.43                                | -0.09        | -0.09   | -0.09                  |                        |
| 8     | 2000 |                     | 0.98                | 0.66             | 1.64                 | 0.00                | 2.00               | 1.64                              | 0.54                                | -0.18        | -0.18   | -0.18                  |                        |
| 9     | 2001 |                     | 0.02                | 0.01             | 0.03                 | 0.00                | 2.45               | 2.00                              | 0.27                                | 0.54         | -0.36   | -0.09                  |                        |
| 10    | 2002 |                     | 0.02                | 0.01             | 0.03                 | 0.35                | 2.47               | 2.00                              | 0.27                                | 0.51         | -0.31   | -0.39                  |                        |
| 11    | 2003 |                     | 0.02                | 0.01             | 0.03                 | 0.35                | 2.49               | 2.00                              | 0.27                                | 0.47         | -0.25   | -0.33                  |                        |
| 12    | 2004 |                     | 0.02                | 0.01             | 0.03                 | 0.35                | 2.51               | 2.00                              | 0.27                                | 0.43         | -0.19   | -0.27                  |                        |
| 13    | 2005 |                     | 0.02                | 0.01             | 0.03                 | 0.35                | 2.53               | 2.00                              | 0.27                                | 0.40         | -0.14   | -0.21                  |                        |
| 14    | 2006 |                     | 0.14                | 0.09             | 0.23                 | 0.35                | 3.00               | 2.35                              | 0.28                                | 0.37         | 0.00    | -0.07                  |                        |
| 15    | 2007 |                     | 0.14                | 0.09             | 0.23                 | 0.36                | 3.02               | 2.35                              | 0.28                                | 0.35         | 0.05    | -0.03                  |                        |
| 16    | 2008 |                     | 0.14                | 0.09             | 0.23                 | 0.36                | 3.05               | 2.35                              | 0.28                                | 0.32         | 0.10    | 0.02                   |                        |
| 17    | 2009 |                     | 0.14                | 0.09             | 0.23                 | 0.36                | 3.07               | 2.35                              | 0.28                                | 0.30         | 0.15    | 0.07                   |                        |
| 18    | 2010 |                     | 0.14                | 0.09             | 0.23                 | 0.36                | 3.10               | 2.35                              | 0.28                                | 0.28         | 0.20    | 0.12                   |                        |
| 19    | 2011 |                     |                     |                  | 0.36                 | -0.36               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.24         | 0.31    | 0.27                   |                        |
| 20    | 2012 |                     |                     |                  | 0.41                 | -0.41               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.19         | 0.35    | 0.26                   |                        |
| 21    | 2013 |                     |                     |                  | 0.41                 | -0.41               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.15         | 0.40    | 0.31                   |                        |
| 22    | 2014 |                     |                     |                  | 0.41                 | -0.41               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.10         | 0.44    | 0.35                   |                        |
| 23    | 2015 |                     |                     |                  | 0.41                 | -0.41               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.06         | 0.49    | 0.40                   |                        |
| 24    | 2016 |                     |                     |                  | 0.06                 | -0.06               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.05         | 0.49    | 0.75                   |                        |
| 25    | 2017 |                     |                     |                  | 0.06                 | -0.06               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.05         | 0.50    | 0.76                   |                        |
| 26    | 2018 |                     |                     |                  | 0.06                 | -0.06               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.04         | 0.51    | 0.77                   |                        |
| 27    | 2019 |                     |                     |                  | 0.06                 | -0.06               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.03         | 0.51    | 0.77                   |                        |
| 28    | 2020 |                     |                     |                  | 0.06                 | -0.06               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.03         | 0.52    | 0.78                   |                        |
| 29    | 2021 |                     |                     |                  | 0.05                 | -0.05               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.02         | 0.52    | 0.79                   |                        |
| 30    | 2022 |                     |                     |                  | 0.05                 | -0.05               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.02         | 0.53    | 0.80                   |                        |
| 31    | 2023 |                     |                     |                  | 0.05                 | -0.05               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.01         | 0.53    | 0.80                   |                        |
| 32    | 2024 |                     |                     |                  | 0.05                 | -0.05               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.01         | 0.54    | 0.81                   |                        |
| 33    | 2025 |                     |                     |                  | 0.05                 | -0.05               | 3.56               | 2.70                              | 0.32                                | 0.00         | 0.55    | 0.81                   |                        |
| Total |      | 23.83               | 5.69                | 3.80             | 33.32                | 5.69                | -5.69              | 90.94                             | 70.43                               | 7.50         | 6.58    | 6.42                   | 8.23                   |

Nota: \*1 (Balance de Capital) + (Balance de Ingresos) + (Depreciación)

En el Caso 1-B, el pago máximo ocurre en el tercer año desde el inicio de la construcción. Este monto sería de US\$3.85 millones, desagregados en US\$0.43 millones para la porción extranjera y US\$3.42 millones para la porción local. Este monto excede el presupuesto anual para inversiones de SAMAPA. Por lo tanto, el pago total podría ser 2.1 veces el presupuesto para inversiones de SAMAPA. Aún cuando SAMAPA obtenga un préstamo de bajo interés como el de la OECF, no sería posible implementar el proyecto propuesto sin otra asistencia.

En el Caso 2 en la Tabla 5.4.8, el pago máximo ocurre en el octavo año (2000) desde el inicio de la construcción. Este monto sería de US\$1.87 millones, desagregados en US\$0.54 millones para la porción extranjera y US\$0.66 millones para la porción local. El presupuesto anual para inversiones de SAMAPA se estima en US\$2.3 millones para ese año, por eso el pago total podría ser menor que lo disponible en el presupuesto local. Por lo tanto, si se obtiene la donación para la porción para la Fase I, el esquema para el plan básico podría ser considerado factible desde el punto de vista del aspecto financiero.

### (3) Presupuesto Familiar para Tarifa de Desagüe

El gasto familiar para servicios de desagüe fue estimado en US\$6.0 en 1990, y se espera que sea US\$7.0 en 2010.

Como se mencionó anteriormente, si el costo total de capital más los costos de O/M se espera que sean recuperados por la tarifa por servicios de desagüe la tarifa requerida podría ser estimada en US\$0.161/m<sup>3</sup>. Cuando la descarga cloacal por familia se asumió que es 165 m<sup>3</sup>, la tarifa anual total por servicios de desagüe sería US\$26.6. Este monto es cuatro veces más que el gasto familiar por servicios de desagüe esperado de US\$7.0 anuales por este concepto. Este caso corresponde aproximadamente al Caso 1-A arriba mostrado.

Si el costo de capital de la Fase I es cubierto por una donación y no son incluidos en los activos depreciables, el costo de capital sería US\$9.5 millones en total. Luego, el costo de capital anualizado se calculó en US\$1.0 millones. El costo total anual, o sea el costo anualizado de construcción más el de O/M (US\$2.7 millones/año), después de la construcción, se estimó en US\$3.7 millones. El costo unitario promedio podría ser estimado dividiendo US\$3.7 millones entre 71.0 millones m<sup>3</sup> o US\$0.0052/m<sup>3</sup>. En este caso, debido a que la tarifa total por servicios de desagüe es US\$0.125/m<sup>3</sup>, la tarifa anual por servicios de desagüe sería un monto de US\$20.6, casi tres veces el gasto esperado de US\$7.0. Este caso corresponde aproximadamente al Caso 2 arriba mencionado.

Incidentalmente, en el caso de la política de recuperación de costos de O/M, la tarifa por servicios de desagüe fue de US\$0.111/m<sup>3</sup>. Luego, la tarifa anual total por servicios de desagüe sería US\$18.3, 2.6 veces el gasto esperado.

Debido a que las tarifas requeridas para los beneficiarios podría exceder substancialmente las tarifas reguladas que tienen que pagar, las tasas de retorno resultantes representan un mínimo estimado antes que la mejor estimación de la real tasa de retorno del proyecto. En este contexto, la tarifa mencionada de US\$7.0 podría ser demasiado pequeña para la mejor estimación de la real tasa de retorno. Aún a pesar de ésto, esta tarifa representa solamente el 26% de la tarifa estimada (US\$26.6) del Caso 1-A, y para el Caso 2, representa el 34% de la tarifa anual estimada (US\$20.0). Más aún, aún en el caso de la "politica de recuperación de costos de O/M", este representa 38% de la tarifa anual estimada (US\$18.3). Por lo tanto, este monto podría ser una carga muy pesada para los habitantes del área del proyecto. En el caso de una implementación continua del proyecto, las autoridades deberán de prestar una atención especial a este punto.

#### (4) Status Financiero

Para examinar el estatus financiero después de la implementación del proyecto prouesto, se elaboró el flujo financiero de efectivo para los casos de fondos arriba mencionados. Las siguientes suposiciones se asumieron para la elaboración del flujo:

(a) La administración del proyecto propuesto se consideró como si fuera una empresa independiente. Por lo tanto, los ingresos y egresos financieros actuales de SAMAPA no fueron incluidos en el flujo.

(b) Considerando la disponibilidad financiera de la población, las tarifas de servicios de desague se asumieron que eran US\$0.038/m<sup>3</sup> (correspondiente a US\$6.2 por familia) en 1995 y US\$0.042/m<sup>3</sup> (US\$7.0 por familia) en 2010. entre 1995 y 2010, las tarifas se establecieron como creciente en proporción al crecimiento per cápita del Producto Regional Doméstico Bruto. Más allá del 2010, las tarifas se establecieron como constantes.

La Tabla 5.4.9 muestra el flujo financiero para el Caso 2. En este Caso, el balance de efectivo fue negativo solamente para el período entre 1999 y 2007; esto significa que quien implemente el proyecto tendría que agenciarse de un préstamo corto para este período. El balance total para los 30 años fue de US\$6.42 millones, lo que no cubriría los costos de capital de US\$23.83 millones. Por lo tanto, quien implemente el proyecto tendrá que obtener la donación para reemplazar las instalaciones de la primera fase después de la vida útil económica de 30 años.

#### (5) Conclusión

La inversión de capital para el proyecto propuesto podría ser una carga pesada para la administración financiera de SAMAPA, tal como se discutió en la sección (2) líneas arriba. En el Caso 1A en particular, el pago anual incluyendo el reembolso y el interés excede los límites de capacidad de pago de SAMAPA para inversión anual. En el caso 2 solamente, el pago anual está dentro de los límites de la capacidad de pago de SAMAPA. Por lo tanto, SAMAPA debería de buscar una donación de asistencia financiera extranjera.

Sin embargo, desde el punto de vista de la capacidad de los habitantes, la tarifa por servicios de desagüe puede ser una carga pesada para el presupuesto de los habitantes, aún si las autoridades adoptan la política de recuperación de costos de O/M. Por lo tanto, para implementar exitosamente el sistema de desagüe, el tema más importante para las autoridades es el conseguir la comprensión de los beneficiarios y obtener fondos con un bajo costo.

## **5.5 Proyecto Prioritario**

### **5.5.1 Identificación del Proyecto Prioritario**

En la Sección 5.4.5 se propone un programa de implementación del Plan Básico, del cual el proyecto de la Fase 1 (hasta 1995) en el Plan Básico puede ser identificado como el proyecto prioritario.

En el proyecto prioritario, las aguas residuales de la Zona Central serán recogidas del río Choqueyapu y tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Instalaciones a ser construidas en el proyecto prioritario son:

- Instalaciones de bocatoma en el río Choqueyapu (en Kantutani)
- Alcantarilla interceptora principal (9.85km)
- Laguna de aireación (12 ha, 140,000m<sup>3</sup>/día)
- Cuencas de sedimentación (4 ha)
- Operaciones/edificaciones diversas

Mientras que la planta de tratamiento en el Plan Básico ocupa dos sitios de planta (#1 y #2), todas las instalaciones de tratamiento para el proyecto prioritario serán instaladas en el Sitio de Planta #1 (20 ha). El sistema de tratamiento del proyecto prioritario consistirá de lagunas de aireación parcialmente mezcladas y cuencas de sedimentación. En una fase posterior todo es de este sistema en el Sitio #1 será convertido en lagunas de aireación completamente mezcladas y las nuevas cuencas de sedimentación serán construidas en el Sitio #2.

### **5.5.2 Efectos del Proyecto Prioritario**

El efecto de la mejora de la calidad del agua del proyecto prioritario fue predicho utilizando el modelo de simulación de calidad del agua bajo las siguientes condiciones:

- Caudal de la época seca
- Eficiencia de eliminación del DBO del 60% en la planta propuesta
- No se adoptan otras medidas tales como las usadas para el control del efluvo industrial

Los resultados se muestran en la Tabla 5.5.1 y Fig. 5.5.1. Mientras que el DBO podría exceder el valor objetivo de 50 mg/l en el área aguas abajo si no se toman medidas hasta el año 1995, la

implementación del proyecto prioritario podría alcanzar el valor objetivo del DBO: 40 mg/l en R14 y 47 mg/l en R15.

Tabla 5.5.1 Mejora de la Calidad de Agua (DBO) por el Proyecto Prioritario

| Evaluation Point | Distance (km) | BOD5 Concentration (mg/l) |                     |                       |                   |                       |
|------------------|---------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
|                  |               | Results of Simulation     |                     | Rate of Reduction (%) | Simulated Present | Rate of Reduction (%) |
|                  |               | Controlled Future         | Uncontrolled Future |                       |                   |                       |
| R1               | 0             | 1.2                       | 1.2                 | 0.0                   | 1.2               | 0.0                   |
| R2               | 16            | 2.2                       | 2.2                 | 0.0                   | 2.2               | 0.0                   |
| R3               | 20            | 68.4                      | 68.4                | 0.0                   | 67.8              | -0.9                  |
| R4               | 23            | 151.4                     | 151.4               | 0.0                   | 151.7             | 0.2                   |
| R5               | 26            | 142.7                     | 142.7               | 0.0                   | 143.0             | 0.2                   |
| R9               | 30            | 94.6                      | 107.3               | 11.9                  | 107.1             | 11.7                  |
| R14              | 32            | 39.9                      | 73.7                | 45.8                  | 71.1              | 43.8                  |
| R15              | 39            | 47.1                      | 56.9                | 17.2                  | 54.3              | 13.3                  |

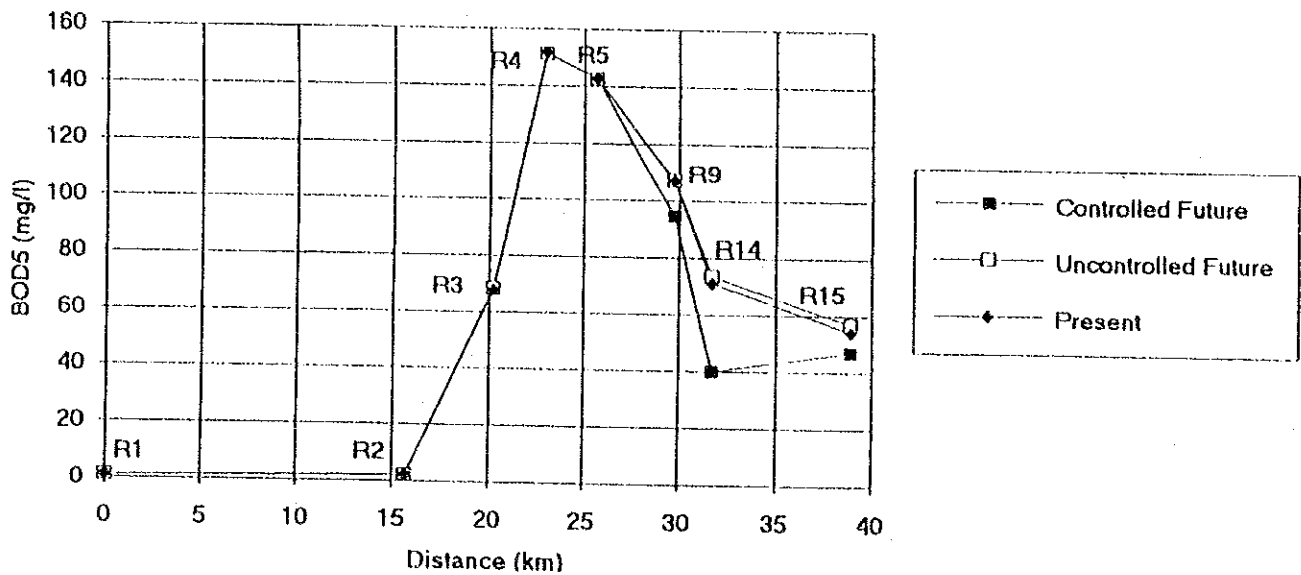


Fig. 5.5.1 Mejora de la Calidad de Aguas Por el Proyecto Prioritario

## CAPITULO 6

### RECOMENDACIONES - PLAN BASICO

#### 1. Consideraciones Financieras

El plan básico propuesto ha sido desarrollado con una consideración especial para mantener costos iniciales y operacionales de facilidades requeridas en el mas bajo costo posible. Sin embargo, el costo inicial es aproximadamente equivalente a la capacidad de inversión de SAMAPA, que también debe cubrir otros proyectos de desagües incluyendo los de El Alto.

Por otro lado, el costo total del proyecto es equivalente al 7% de la capacidad estimada de inversión del país para el sector de desagües, y la capacidad de inversión de SAMAPA ha sido equivalente al 4.5% de la capacidad nacional. Estas cifras indican que la implementación del plan propuesto es impracticable contando solo con la capacidad financiera del SAMAPA. Sería razonable si el gobierno otorga una fuerte asistencia a SAMAPA cambiando considerablemente la actual política de financiamientos de proyectos de desarrollo de desagües locales. Se recomienda que el gobierno nacional considere esta posibilidad.

#### 2. Incorporación de Planes de Desarrollo Sanitario a la Planificación Urbana

La presente situación de contaminación de las aguas de los ríos de la ciudad de La Paz, se deben principalmente a la falta de políticas de desarrollo urbano equilibradas. Los planes de desarrollo industrial, residencial, comercial, infraestructural, se han llevado a cabo sin una política de conservación del medio ambiente claramente definida.

Es por ello que el sistema de desagüe se ha implementado de acuerdo a las demandas domésticas y sociales de la población sin considerar la protección del recurso agua, dando como resultado una red de alcantarillado extensa, pero sin facilidades de tratamiento para aguas residuales.

Para lograr el mejoramiento real de la calidad de vida de la ciudad de La Paz, se requiere del establecimiento de un plan comprehensivo de reorganización urbana, en el cual sea prioritaria la tarea de desarrollar un sistema de alcantarillado con tratamiento de residuos.

#### 3. Cumplimiento de las Regulaciones Sobre Descarga de Agua Residual

Hasta el momento no ha existido un sistema efectivo que controle y regule la calidad y cantidad de aguas residuales descargadas a los ríos. Sin embargo, los estándares sobre descarga de agua residual establecidos por el Ministerio de Asuntos Urbanos, constituyen una buena base legal para instaurar tal sistema. Aún cuando los estándares fuesen aplicados sólo a las grandes



industrias, la cantidad de polutantes descargados disminuiría. Para el cumplimiento de las regulaciones se requeriría de la instalación de facilidades de tratamiento en las industrias. Muchas de las factorías poseen el espacio suficiente, por lo cual tales instalaciones son técnicamente factibles. Si ello no es posible para algunas industrias, se deben tomar medidas enérgicas como la re-localización de industrias a otras áreas.

Para financiar estas medidas, se debe establecer un sistema de multas razonable, al igual que un sistema de impuestos. Otra forma sería el fomento de inversiones destinadas al control de la calidad de aguas o a la relocalización de industrias, a través de préstamos con intereses bajos.

#### 4. Rehabilitación de las Existentes Facilidades de Desagües

El plan básico ha sido desarrollado basándose en el concepto de utilizar al máximo las actuales facilidades para reducir el costo total del proyecto. Por ende, aunque hay malas conexiones entre las líneas de desagües y las líneas de tormenta, y tendido de cañerías inapropiadas, el plan propone el uso del sistema de recolección de desagües existente. Excepto para la Zona Central, el plan provee presas de sobreflujo en líneas de desagüe para prevenir un influjo excesivo a desagües interceptores en tiempo de tormenta. Sin embargo no fue posible ninguna previsión de incluir en el plan para prevenir influjo de desagües en líneas de tormenta. Si el sistema de recolección de desagües es dejado como está sin corregir las malconexiones existentes, los efectos de las descargas de desagües en ríos no sería negligible y reduciría el efecto de mejora de la calidad de agua del Plan Básico propuesto. Por lo tanto, es muy recomendable rehabilitar el sistema de desagües existente para recolectar la mayor cantidad posible de desagüe en líneas de desagüe.

#### 5. Reforzamiento Administrativo

El control de la contaminación acuática de la ciudad de La Paz no ha tenido una organización adecuada, por lo cual se requiere de un refuerzo en forma urgente.

La Municipalidad de La Paz como cuerpo responsable del control de la polución acuática, tiene como objetivo:

- Establecer las reglas y regulaciones sobre descarga de aguas residuales, basado en el sistema legal nacional.
- Definir un sistema para el cumplimiento de esas reglas y regulaciones.
- Monitorear la calidad del agua y caudal del río.
- Controlar la cantidad y calidad de las aguas residuales descargadas.

- Orientar a aquellos que pretendan mejorar sus instalaciones de evacuación.
- Promover en el público conciencia respecto del problema de contaminación acuática.

Para ejecutar tales propósitos, se necesita de la organización de secciones apropiadas dentro de la Municipalidad.

SAMAPA es responsable del desarrollo, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado. Esta institución tiene un alto grado de experiencia en obras de tubería, pero no la tiene en el desarrollo de plantas de tratamiento a gran escala. Por ende, se cree conveniente reforzar la organización de SAMAPA, con el fin de implementar el desarrollo del sistema de alcantarillado.

#### 6. Manejo de la Información Básica

Para la realización eficiente de un plan racional de control de polución de aguas es necesario contar con datos fidedignos, tales como:

- Población y distribución zonal.
- Cartas topográficas.
- Mapas de las área desarrolladas, al día.
- Datos hidrológicos y meteorológicos.
- Cartas hidrológicas completas, al día.

Se dispone de poca información fidedigna, muchas veces la existencia de datos útiles es desconocida por los especialistas. Gran parte de los datos hidrológicos y meteorológicos no tienen una secuencia sistemática, por lo cual no pueden ser eficientemente utilizados.

Los datos básicos deben ser compilados y procesados, por una entidad única y especializada, entidad la cual debería ser instaurada con la ayuda de las autoridades pertinentes.

## **Parte (III) FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO**

## CAPITULO 7

### DISEÑO DE LAS FACILIDADES PARA EL PROYECTO PRIORITARIO

#### 7.1.- Diseño de flujo de Aguas Residuales

El proyecto prioritario se implementa como una primera etapa del plan básico. Su objetivo es tratar las aguas residuales de la Zona Central, excluyendo la cuenca de Orkojahúira, mediante una desviación del río Choqueyapu hacia la planta de tratamiento de aguas residuales. SE planea implementar entre 1993 y 1995.

Por lo tanto, las aguas residuales a ser tratadas en el plan prioritario se calcularán de acuerdo a la cantidad de agua residual generada en la Zona Central en 1995. Sin embargo, la capacidad para cada componente de las facilidades debería ser diseñada como se indica a continuación, de forma tal de que sea capaz de atender el incremento de agua residual en la fase posterior;

- Instalaciones de toma de agua      Estas instalaciones son utilizadas en la parte final del plan básico sin ninguna expansión. Por ende, se requiere que haya capacidad suficiente para desviar el río Choqueyapu en el año 2000.
  
- Alcantarrilla Interceptora Principal      Esta instalación utilizada en la parte final del plan básico sin ninguna expansión. Mientras que el interceptor transmite solo las aguas residuales de la Zona Central desde las instalaciones de toma de agua en el proyecto prioritario, este recibe todas las aguas residuales de las zonas restantes a través de desagües subprincipales en la fase posterior. Por ende, la capacidad del interceptor es diseñada basándose en las aguas residuales totales de la zona para 2010.
  
- Planta de tratamiento de aguas      La planta de tratamiento de aguas residuales ha sido diseñada para expandir su capacidad por fases. Esta trata las aguas residuales de la Zona Central en el proyecto prioritario y expande su capacidad en la fase posterior de acuerdo al incremento de aguas residuales debido al incremento de las cuencas a ser tratadas.

Considerando lo hasta aquí mencionado, aguas residuales de diseño para cada componente se determinan como se indica a continuación:

| Componente                          | Agua residual de diseño     | Observaciones   |
|-------------------------------------|-----------------------------|---|
| Instalaciones de toma de agua       | 170.000 m <sup>3</sup> /día | Caudal del río (0.4m <sup>3</sup> /s) + generación de agua residual desde la Zona Central excepto la cuenca de Orkohauira en 1995.    |
| Alcantarilla interceptora principal | 230.000 m <sup>3</sup> /día | Total de generación de aguas residuales desde la zona tratada en 2010.  |
| Planta de tratamiento de aguas      | 140.000 m <sup>3</sup> /día | Caudal del río (0.4m <sup>3</sup> /s) + generación de aguas residuales desde la Zona Central excepto la cuenca de Orkohauira en 1995. |

## 7.2.- Instalaciones de Toma de Aguas Residuales

### 7.2.1 Ubicación

La ubicación se determina aguas arriba en la confluencia con el río Cotahuma para desviar las aguas del río Choqueyapu que consisten del caudal del río y todas las aguas residuales de la Zona Central, y para evitar tener que desviar el río Cotahuma que contiene extremadamente alto grado de sólidos suspendidos. Lo mismo ocurre en el caso del río Kantutani, que se origina en la área Sopocachi. La ubicación propuesta se indica en la Fig. 7.2.1.

### 7.2.2 Estructuras

Las facilidades de toma de agua propuestas incluyen una presa fija, una compuerta de exclusiva de control de flujo, una cañería de conexión, una cámara entre faces hacia el desagüe interceptor principal, y trabajos miceláneos tal como los trabajos de consolidación para protección del lecho del río. Las estructuras se muestran en la Fig. 7.2.

El lecho del río de los existentes trabajos son excavados de forma tal que el tope de la presa se establezca por debajo de la elevación del actual lecho del río, sin reducir la existente capacidad de descarga de caudal del río.

Este tiene una compuerta de exclusiva para el control de flujo al interceptor. La compuerta de exclusiva se abre en la temporada seca para desviar toda el agua del río, y la apertura se reducirá, cuando el caudal del río aumente, para mantener constante el grado de desvío. Esta operación se llevará a cabo manualmente mediante monitoreo del nivel de flujo del río.

### 7.2.3 Costos Estimados

Los costos de construcción para las instalaciones de toma indicadas en la Fig. 7.2.1 se estiman como se indica a continuación:

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Trabajos civiles         | US\$49.000 |
| Equipamientos/Materiales | US\$31.000 |
| <hr/>                    |            |
| Total                    | US\$80.000 |

## 7.3.- Alcantarilla Interceptora Principal

### 7.3.1 Rutas

La ruta propuesta se muestra en la Fig. 7.3.1 y se divide en tres secciones dependiendo de las secciones del suelo.

**Sección A:** En esta sección, la mayor porción del interceptor se instala debajo de la carretera. Hay dos rutas posibles, una a lo largo de la costa izquierda y otra a lo largo de la derecha, como se indica en la Fig. 7.3.2. La ruta de la costa derecha es preferida principalmente por sus bajos costos de construcción y menores interrupciones de tráfico, más que la de la izquierda.

**Sección B:** La ruta es seleccionada de forma tal que siga la línea de la carretera existente, teniendo en cuenta la longitud total y las dificultades esperadas en el Puente Calacoto en caso de instalación en el lecho del río.

**Sección C:** Se elige la ruta del lecho del río porque no hay carretera o terrenos adecuados a lo largo del río. Incluso un túnel es propuesto en la sección serpenteante aguas abajo en Aranjuez.

### 7.3.2 Criterios de Diseño

Los estándares de diseño corrientemente utilizados por SAMAPA y HAM son aplicados como criterios de diseño básicos. En adición, las siguientes condiciones son también consideradas.

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Diseño de flujo :                     | Flujo máximo de aguas residuales por hora<br>(150% de máximo diario de flujo más el<br>flujo de los ríos durante la época seca  |
| Tipo de interceptor:                  | Interceptor de mampostería arqueada.  |
| Velocidad de flujo:                   | Maxima 3.5 m/sec.   |
| Calculo de flujo:                     | Fórmula de Manning  |
| Coefficiente de aspereza:             | Productos de concreto, 0.015 Mampostería<br>(muro), 0.022<br>Mampostería (fondo), 0.05  |
| Margen por encima del flujo diseñado: | Cañería de concreto:<br>menos de 450mm dia, 500 - 1000 mm dia,<br>50% mas de 1100 mm dia, 30%<br>Mampostería arqueada:<br>125% de la profundidad para el rango de<br>flujo de diseño. |
| Cubierta mínima de tierra:            | Bajo la carretera, 1.0m<br>Bajo el lecho del río, 2.0m  |
| Intervalo entre alcantarillas:        | 70 - 100 m  |

### 7.3.3 Diseño Preliminar

Los tamaños de los interceptores para cada sección se calculan basándose en el criterio mencionado anteriormente y los flujos de aguas residuales de diseño son los indicados en la Tabla 7.3.1.

**Tabla 7.3.1 Tamaños del Interceptor**

| Sección | Interceptor No. * | Aguas Residuales de Diseño (m <sup>3</sup> /sec) | Tamaño (mm x mm) | Gradiente (%) | Velocidad (m/sec) | Max. Capacidad (m <sup>3</sup> /sec) |
|---------|-------------------|--|------------------|---------------|-------------------|--------------------------------------|
| A       | 1                 | 2.523  | 1200 dia         | 1.0           | 2.99              | 3.379                                |
|         | 2                 | 2.523  | 1300, 1300       | 2.0           | 2.33              | 3.155                                |
|         | 3                 | 2.523  | 1300, 1300       | 2.0           | 2.33              | 3.155                                |
|         | 4                 | 2.553  | 1500, 1500       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 5                 | 3.066  | 1500, 1950       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 6                 | 3.185  | 1500, 1950       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 7                 | 3.261  | 1500, 1950       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 8                 | 3.299  | 1500, 1950       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 9                 | 3.493  | 1500, 1950       | 1.8           | 2.44              | 4.383                                |
| B       | 10                | 3.502  | 1500, 1950       | 1.5           | 2.22              | 4.001                                |
| C       | 11                | 3.504  | 1500, 1950       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 12                | 3.504  | 1500, 1950       | 2.0           | 2.57              | 4.620                                |
|         | 13                | 3.504  | 1500, 1950       | 3.0           | 3.14              | 5.659                                |
|         | 14                | 3.504  | 1500, 1500       | 1.8           | 3.14              | 4.383                                |

El plan propuesto y los cortes longitudinales son presentados en las Figs. 7.3.3 y 7.3.4. Los cortes transversales típicos del interceptor incluyendo las secciones de los agujeros se muestran en la Fig. 7.3.5.

Se propone hacer los trabajos de las aristas de empalme en las secciones serpenteantes para proteger el interceptor sepultado en el lecho del río de exposiciones debidas ala erosión. La ubicación tentativa y estructuras de trabajos de aristas de empalme se muestran en la Figs. 7.3.6 y 7.3.7.

#### 7.3.4 Costos Estimados

Los costos de construcción y los costos de operación son estimados como se indica en la las Tablas 7.3.2 y 7.3.3. Los costos de construcción fueron estimados utilizando precios unitarios para varios materiales, tamaños y condiciones de superficies de suelos. Para más detalles, ver la Tabla 7.3.3 en el Informe de Soporte.

**Tabla 7.3.2 Costo Estimado de la Construcción para la Alcantarilla Interceptora Principal**

| Items                               | Monto (US\$)     |
|-------------------------------------|------------------|
| Instalación de tubería de PC        | 36,320           |
| Instalación de mampostería arqueada | 4,807,100        |
| Túnel                               | 513,600          |
| Construcción de caminos             | 38,470           |
| Aristas de empalme                  | 72,600           |
| <b>Total</b>                        | <b>4,954,490</b> |

\* Concreto Prestresado

**Tabla 7.3.3 Costo estimado de operación para el interceptor de desagües principal**

| Personal     | Salary(US\$/Year) |
|--------------|-------------------|
| Ingenieros   | 4,950             |
| Obreros      | 9,900             |
| Nocheros     | 1,650             |
| Conductores  | 3,960             |
| <b>Total</b> | <b>20,460</b>     |

### 7.4. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

#### 7.4.1 Disposición



Para el proyecto prioritario, se propone construir solo una porción de las lagunas propuestas y las cuencas de sedimentación en el Sitio #1 como se indica en la Fig. 7.4.1. Para esta etapa, las lagunas deberían ser del tipo parcialmente aerado y proveer solo tratamiento primario.

En el Sitio #1 hay un total de 20 Ha a disposición. Ya que aproximadamente 2 Ha son necesarias para caminos, estacionamientos, berma, etc., hay aproximadamente 18 Ha utilizables para proceso de instalaciones. Para el proyecto prioritario, se propone proveer las siguientes facilidades:

2Ha Trabajos de tratamiento preliminar (ensenada) y cofradías.

16Ha Lagunas parcialmente mezcladas aireadas con cuencas de sedimentación

#### 7.4.2 Tratamientos Preliminares y Edificaciones

Los trabajos de tratamiento preliminar consisten de pantalla de barras, cámara de arenas, y Cañalón Parshall como se indica en la Fig. 7.4.2.

Las edificaciones requeridas incluyen un edificio de operaciones con laboratorio, oficina y sala de reunión, y facilidades de mantenimiento y almacenamiento para el equipo de aireación.

#### 7.4.3 Lagunas Aireadas

Se propone que el sistema de lagunas para el proyecto prioritario se componga de dos series paralelas de celdas, consistiendo cada una de seis celdas de 1 hectárea mas una de 2 hectárea con una profundidad máxima de 6 metros como se indica en las Figs. 7.4.1 y 7.4.3.

En la Fig. 7.4.4 se muestra un perfil de el sistema de lagunas. En las Figs. 7.4.5 y 7.4.6 se detallan las facilidades de ingreso. El lecho del río en el sitio #1 requerirá de llenado para elevar el sitio de la planta por sobre los niveles de inundación, como se indica en la Fig. 7.4.7.

El sistema tendría un tiempo de retención de 3.86 días y la remoción de Bod sería del orden de 60%.

La demanda de energía eléctrica para aireación parcialmente mezclada se estima en 720 Hp.

#### 7.4.4 Cuencas de Sedimentación

Las últimas celdas para ambas series de lagunas que se muestran en la Fig. 7.4.1, funcionando como cuencas de sedimentación, tendrían una profundidad promedio de 4.7 metros con un volumen total de 188,000 m<sup>3</sup>. De este volumen, los dos metros superiores (con una profundidad aproximada de 1.9 metros) deberían ser reservados para sedimentación y la porción del fondo para digestión y acumulación de sedimentos. Con este volumen se estima que se pueden almacenar sedimentos acumulados por cuatro años.

## 7.4.5 Costos Estimados

Los costos de construcción y operación se estiman como indican las Tablas 7.4.1 y 7.4.2.

**Tabla 7.4.1 Costos Estimados de Construcción para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

| Items                               | Monto (millon US\$) |
|-------------------------------------|---------------------|
| Sitio de Preparación                | 1.68                |
| Trabajos de Tratamiento Prelim.     | 0.38                |
| Lagunas Aireadas                    | 3.75                |
| Cuencas de Sedimentación (Sitio #1) | 1.67                |
| Edificios                           | 0.40                |
| Rutas de Acceso                     | 0.28                |
| Eléctricas                          | 0.11                |
| <i>Total de Construcción</i>        | <i>8.27</i>         |
| Adquisición de Tierras y D.d.V*     | 3.35                |
| <b>Total</b>                        | <b>11.62</b>        |

\* D.d.V : Derecho de Via

**Tabla 7.4.2 Costos Estimados de Operación para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

|                         | (US\$/año)     |
|-------------------------|----------------|
| Salario del personal    | 74,425         |
| Equip/Materiales        | 13,000         |
| Electricidad, Gas, etc. | 356,696        |
| <b>Total</b>            | <b>444,121</b> |

## 7.5.- Costos del Proyecto

### 7.5.1 Costos de Construcción

Los costos estimados de construcción para cada componente del proyecto prioritario han sido ya indicados en las secciones previas y se resumen como indica la Tabla 7.5.1. Los costos del proyecto se estiman sumando costos indirectos a los costos directos de construcción calculados. Los costos indirectos incluyen costos de ingeniería y una contingencia. Los costos de Ingeniería cubrirán trabajos de investigación y reconocimiento, diseño detallado y supervisión de la

construcción a cargo de firmas consultoras internacionales y calculados como un 10% de los costos directos de construcción. La contingencia es calculada como un 10% del total de los costos directos de construcción y los costos de adquisición de tierras.

Los costos calculados son considerados más bajos que aquellos estimados para la implementación por fases en el Plan Maestro (ver Tabla 5.4.4), debido a que se reducen los costos de construcción de la alcantarilla interceptora principal y las lagunas de aireación como resultado del estudio de factibilidad.

**Tabla 7.5.1 Costos Estimados de Construcción para el Proyecto Prioritario**

| (US\$ millones)                           |              |             |              |
|---|--------------|-------------|--------------|
| Items                                     | Local        | Foráneos    | Total        |
| <b>Costos de Construcción</b>             | <b>11.49</b> | <b>1.82</b> | <b>13.31</b> |
| Instalaciones de Toma de Agua             | 0.05         | 0.03        | 0.08         |
| Alcantarilla Interceptora Principal       | 4.95         |             | 4.95         |
| Planta de Tratamiento de Aguas Residuales | 6.49         | 1.79        | 8.28         |
| <b>Adquisición de tierras y D.d.V*</b>    | <b>3.35</b>  |             | <b>3.35</b>  |
| Ingeniería                                | 1.15         | 0.18        | 1.33         |
| <b>Contingencia</b>                       | <b>1.48</b>  | <b>0.18</b> | <b>1.67</b>  |
| <b>Total</b>                              | <b>17.47</b> | <b>2.18</b> | <b>19.66</b> |

\* D.d.V : Derecho de Via

#### 7.5.2 Costos de Operación

Los costos de operación para el proyecto prioritario han sido estimados en las secciones previas y se resumen como indica la Tabla 7.5.2.

**Tabla 7.5.2 Costos Estimados de operación para el Proyecto Prioritario**

| US\$/año   |                |
|--|----------------|
| <b>Colección/transmisión de aguas residuales</b> |                |
| Gastos de Personal                               | 20,460         |
| <b>Operación de la Planta</b>                    |                |
| Gastos de Personal                               | 74,425         |
| Materiales/Equipamiento                          | 13,000         |
| Electricidad                                     | 356,696        |
| Sub-Total  | 444,121        |
| <b>Total</b>                                     | <b>464,581</b> |



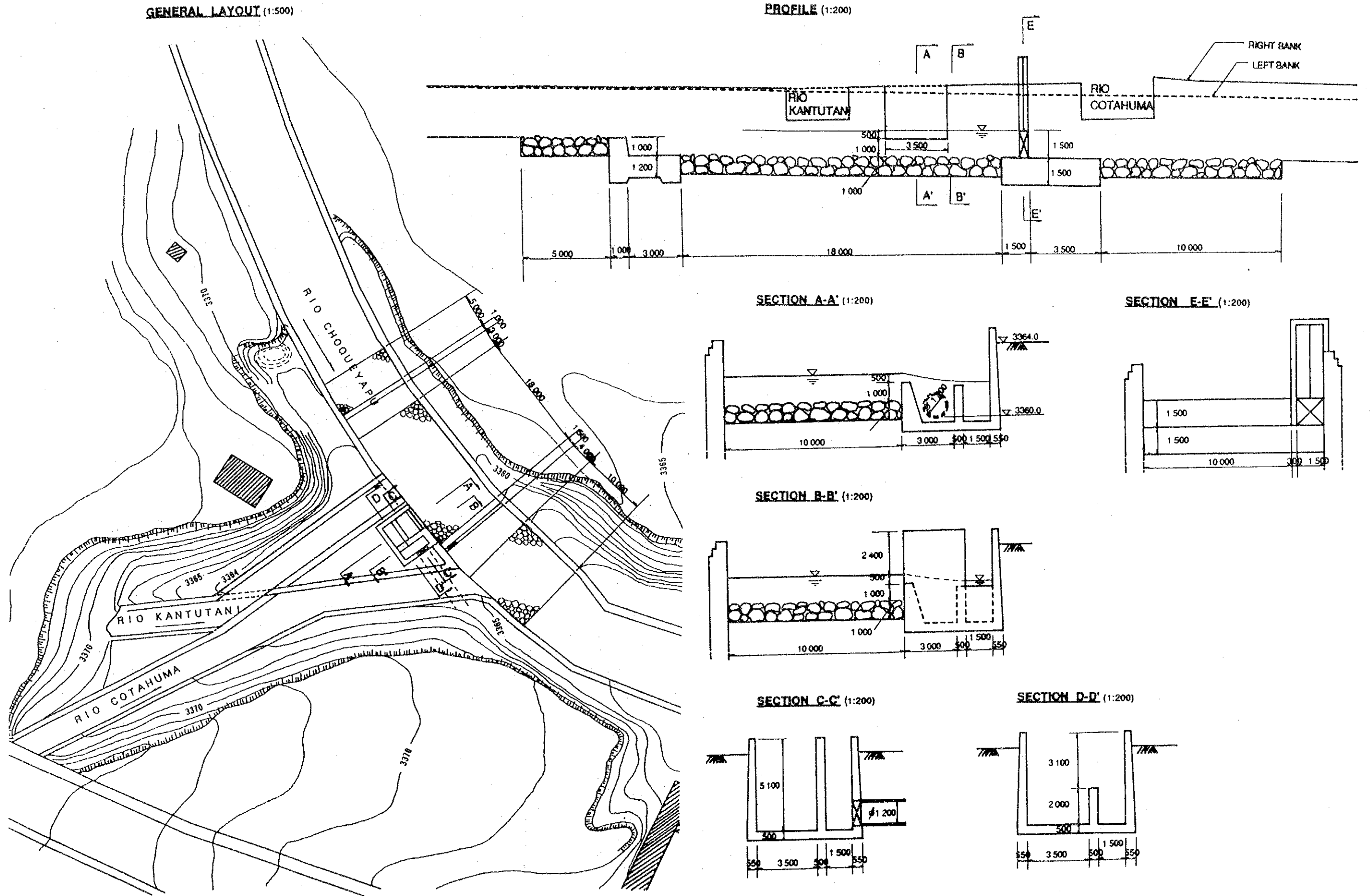


Fig. 7.2.1 Disposición General y Perfil de las Instalaciones de Toma de Agua



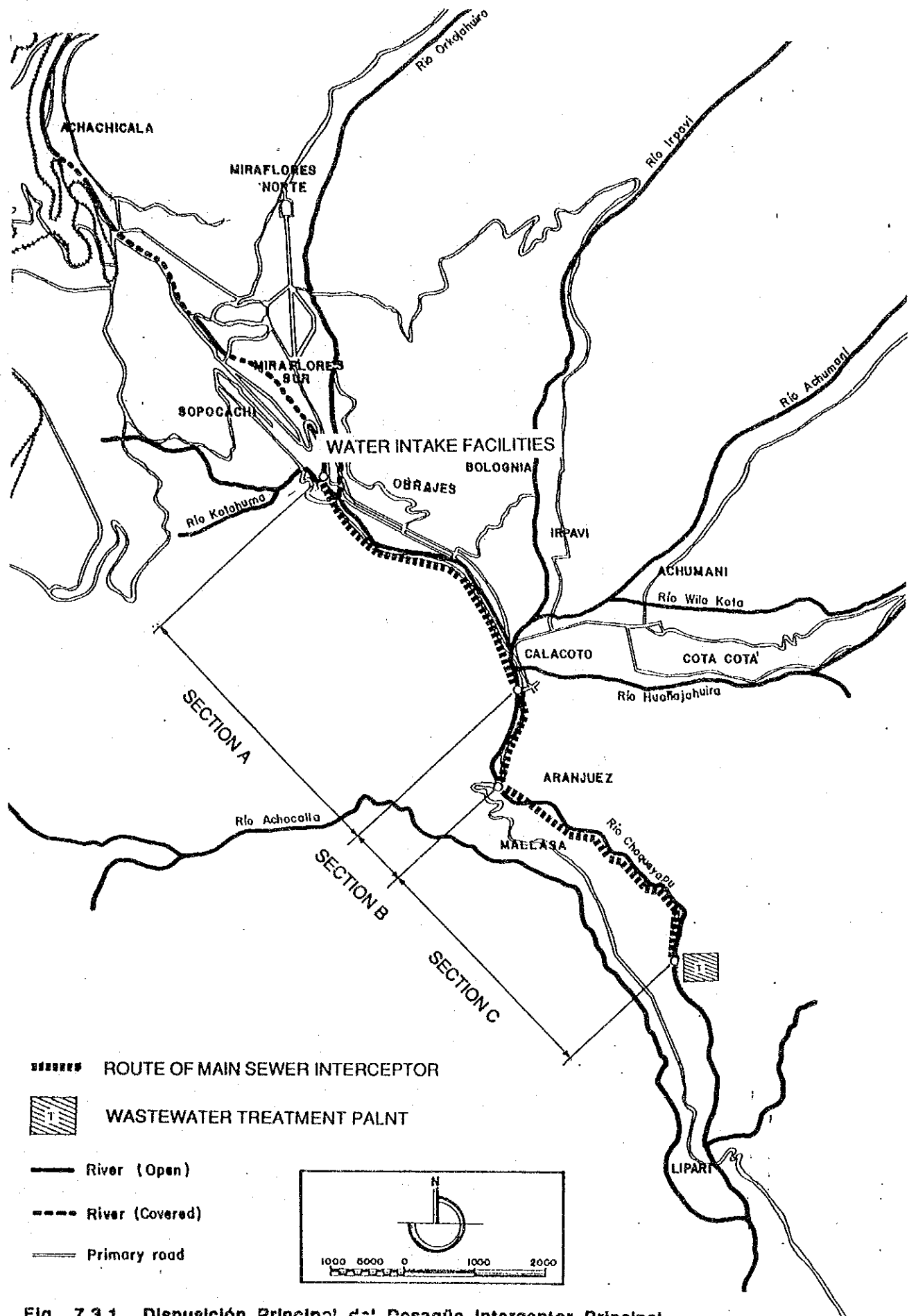


Fig. 7.3.1 Disposición Principal del Desagüe Interceptor Principal

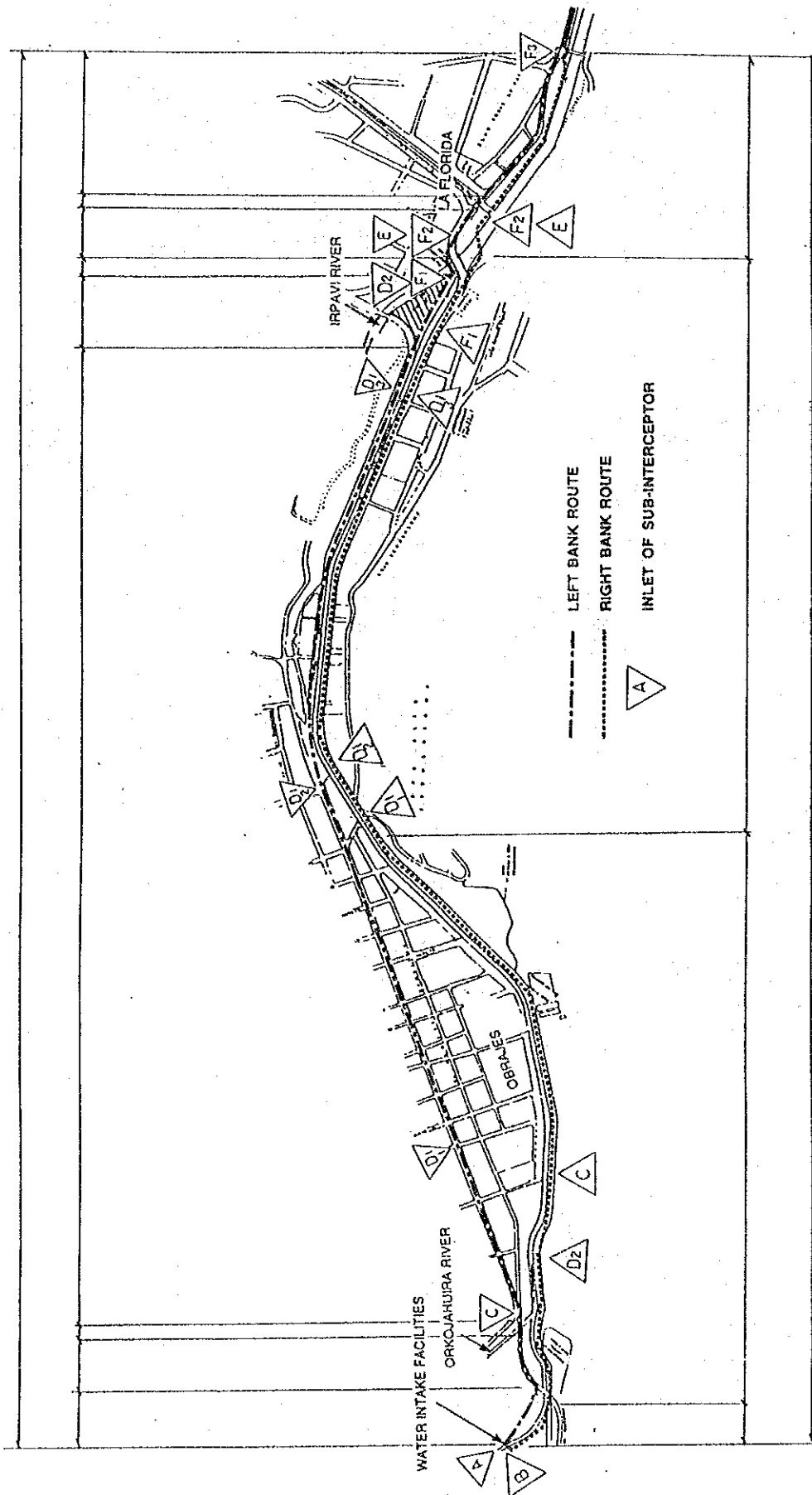
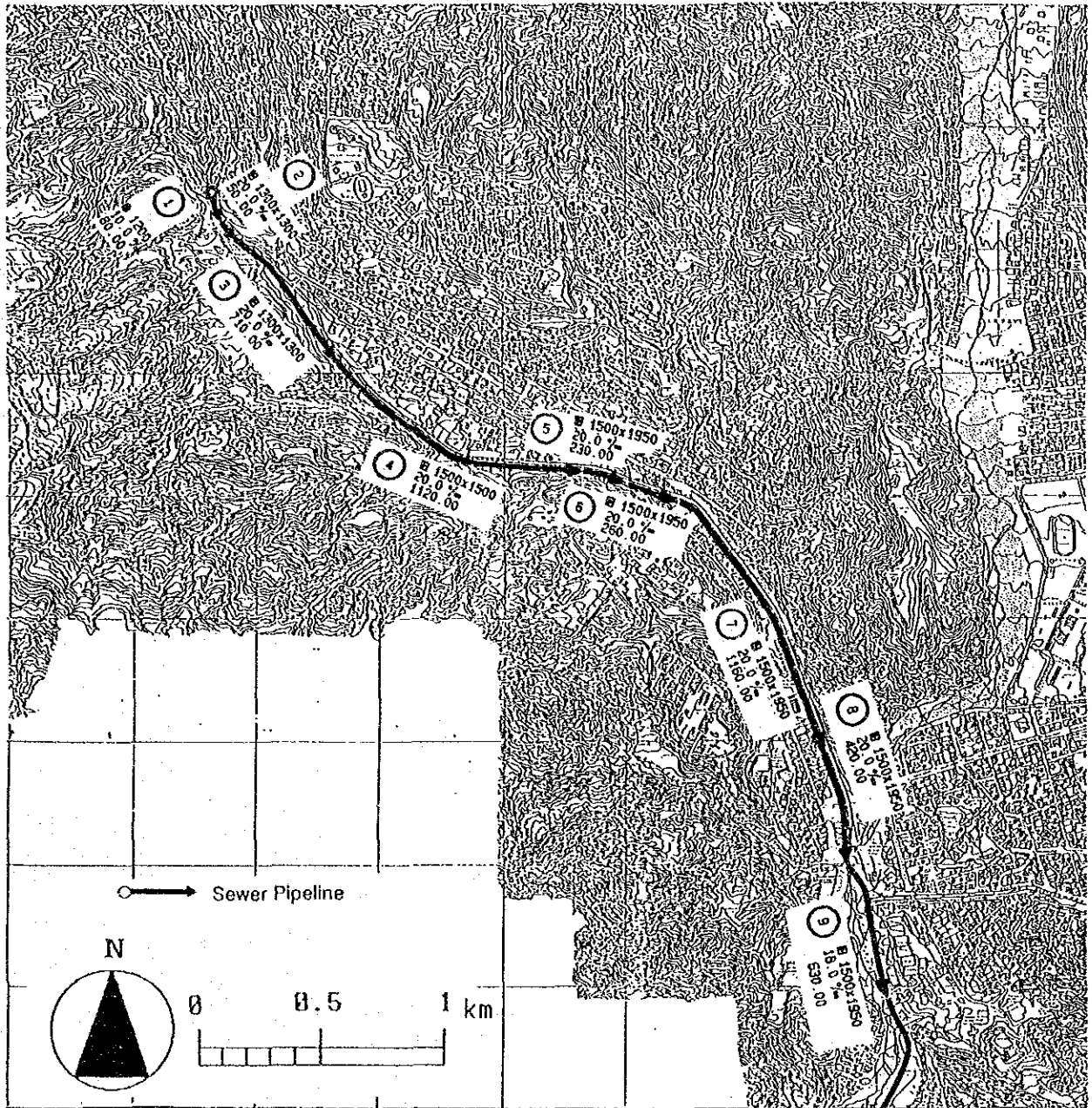


Fig. 7.3.2 Dos Posibles Rutas para la Sección A





**Fig. 7.3.3 Plan del Desagüe Interceptor Principal Propuesto**

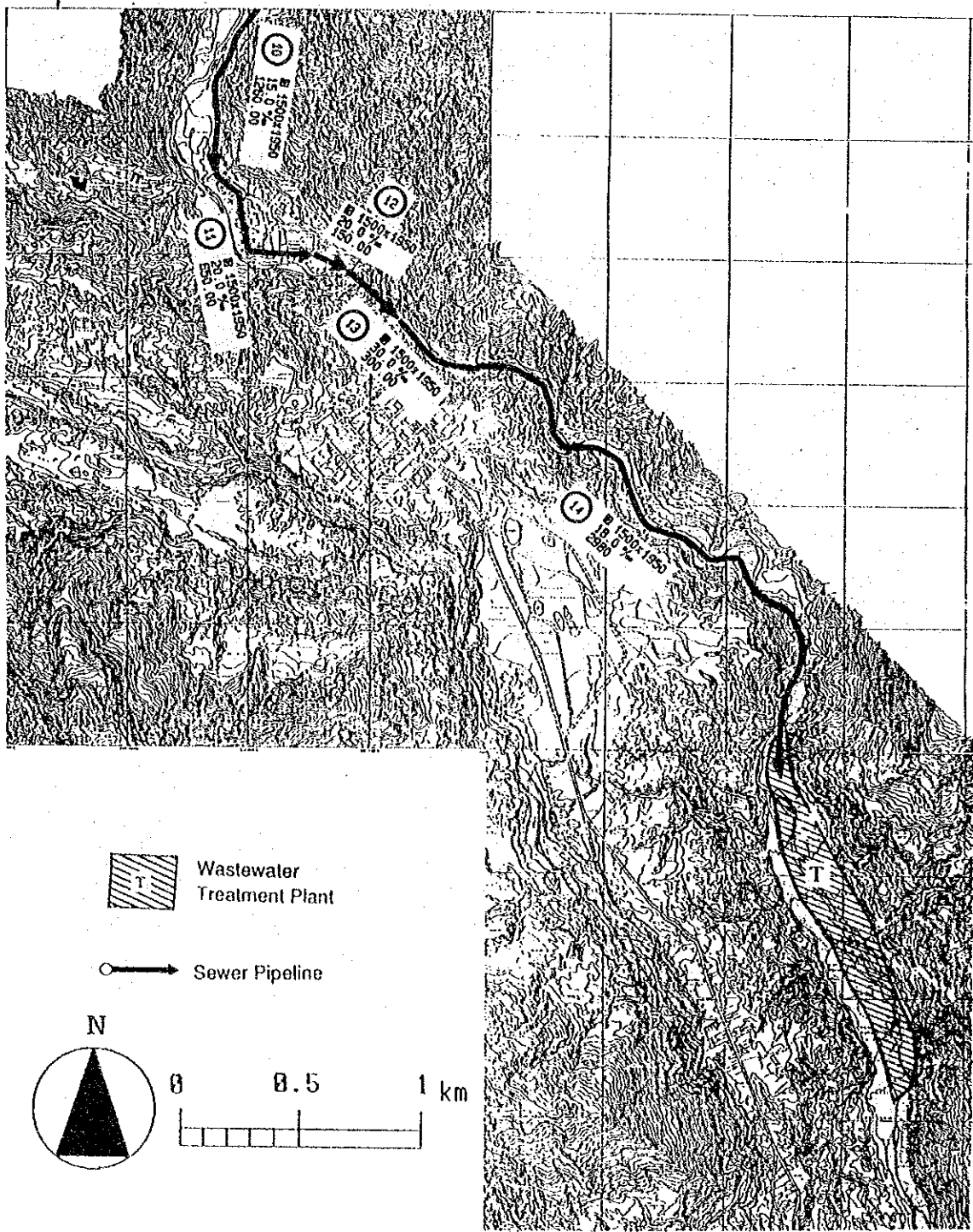


Fig. 7.3.3 Plan del Desagüe Interceptor Principal Propuesto



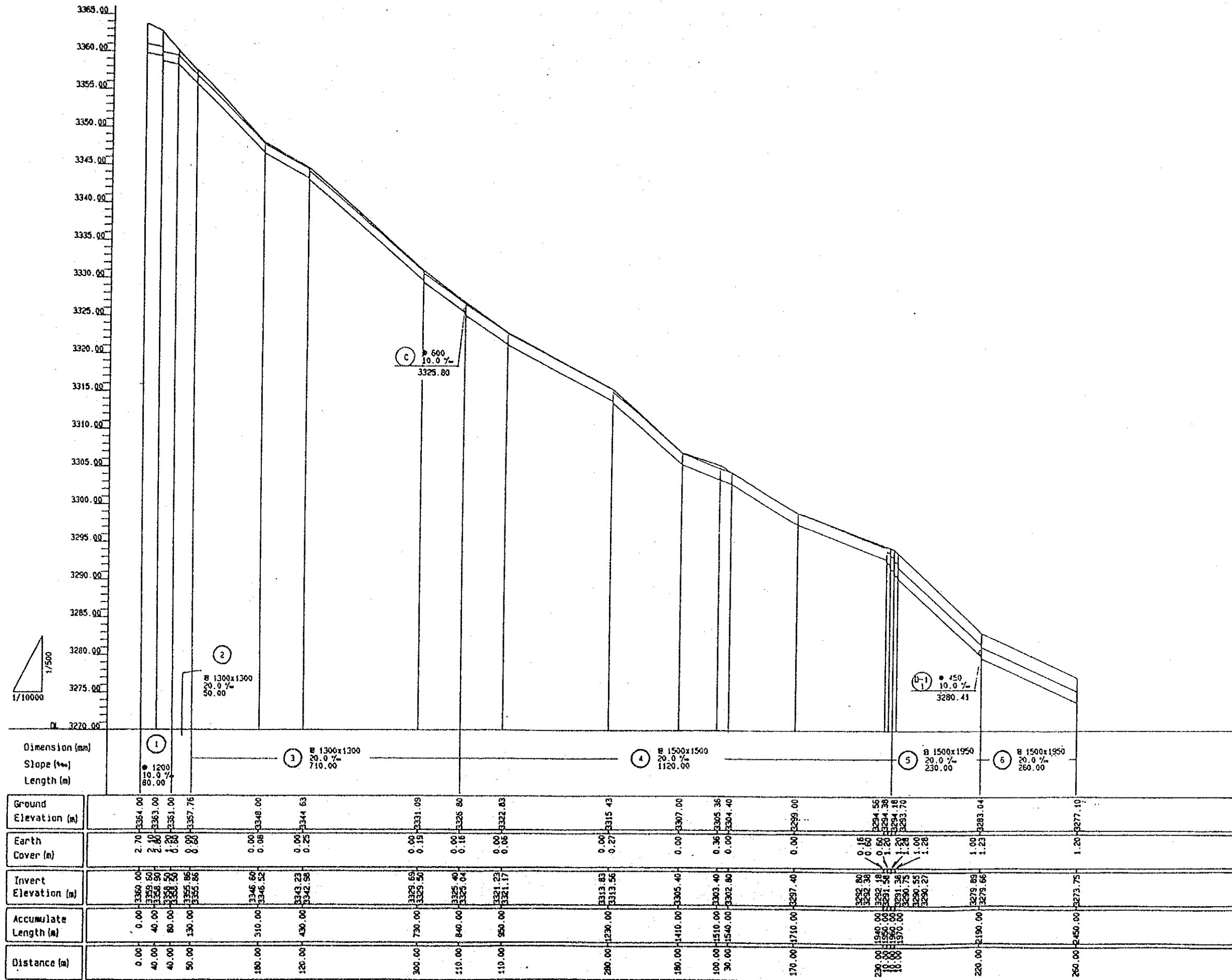


Fig. 7.3.4 Corte Longitudinal de la Alcantarilla Interceptora Principal Propuesta (1/4)

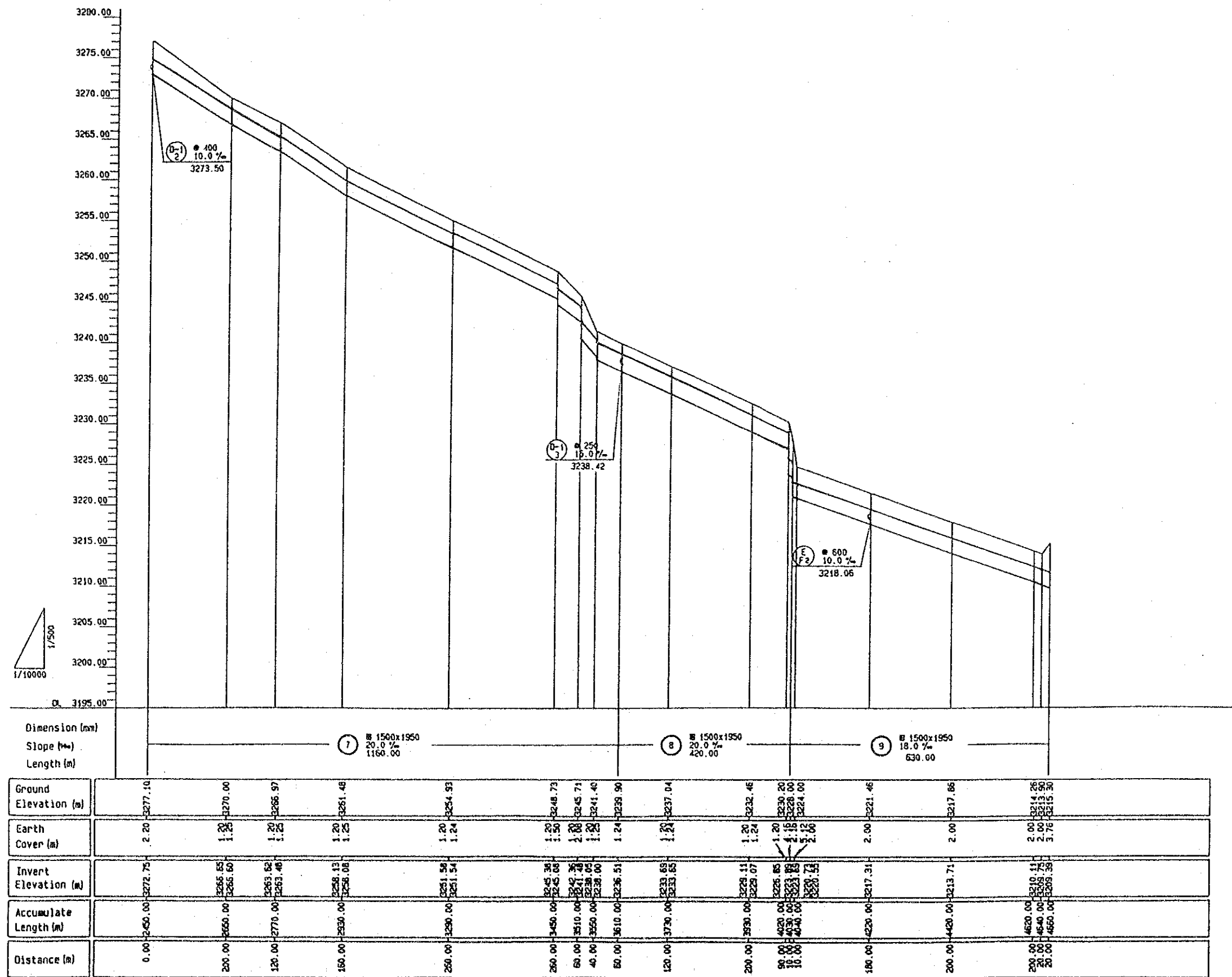


Fig. 7.3.4 Corte Longitudinal de la Alcantarilla Interceptora Principal Propuesta (2/4)

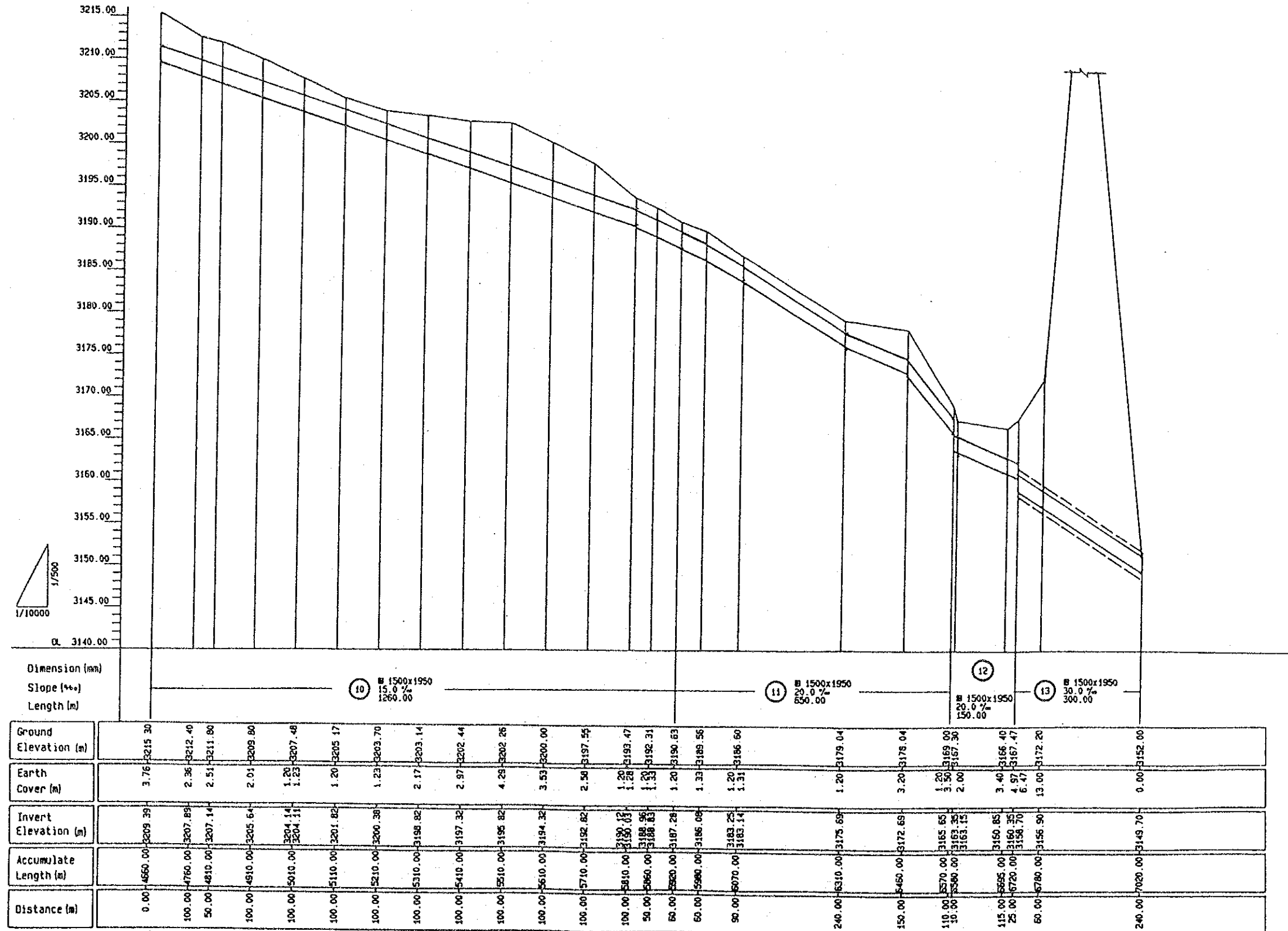


Fig. 7.3.4 Corte Longitudinal de la Alcantarilla Interceptora Principal Propuesta (3/4)

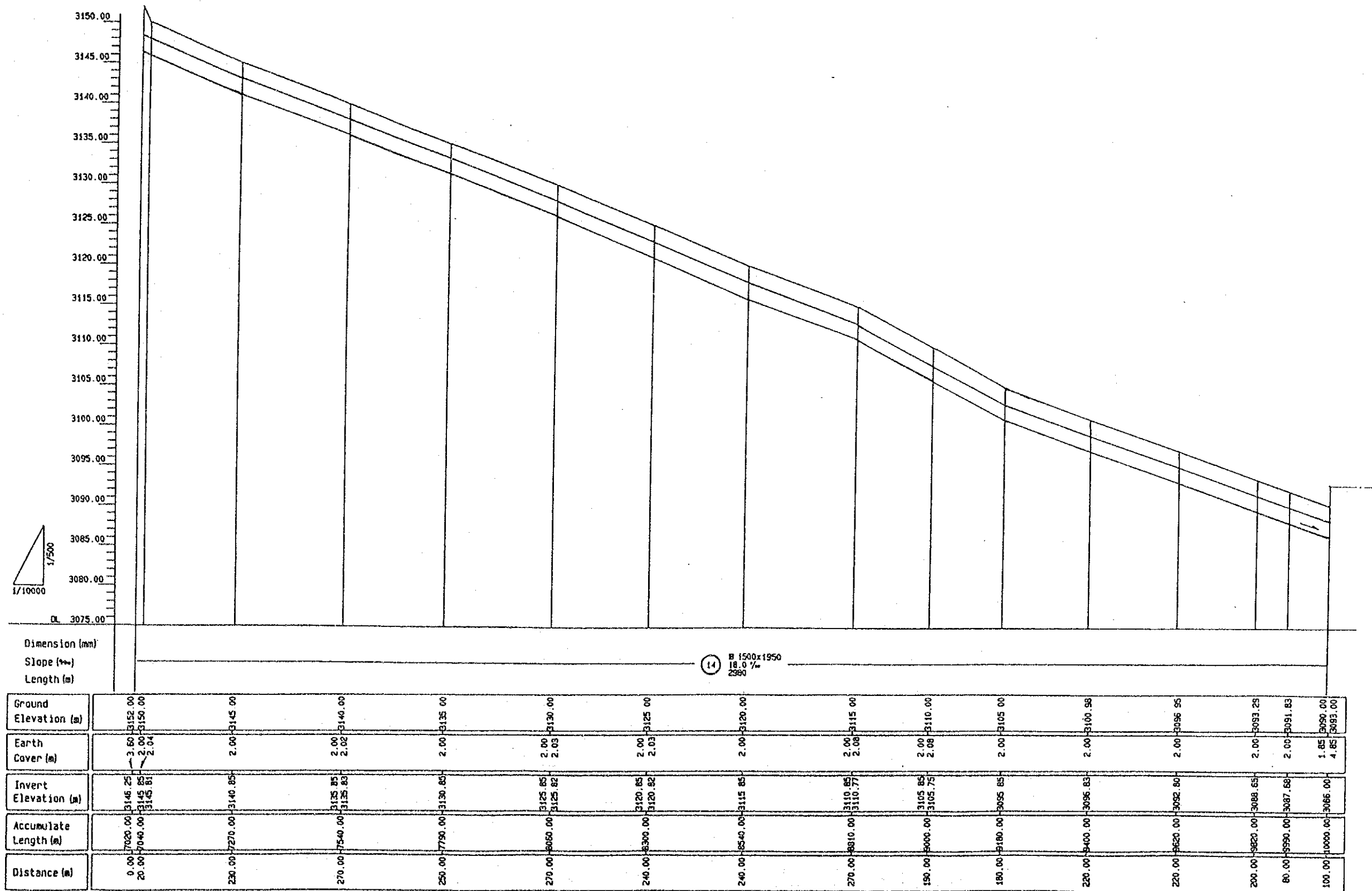


Fig. 7.3.4 Corte Longitudinal de la Alcantarilla Interceptora Principal Propuesta (4/4)