

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PLAN DE EXPANSION DEL MINIMO

COSTO DEL AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE TUMBES

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO SANITARIO

Elías Mogollón Escobar

LIMA - PERU

1997

PROLOGO

El Programa Nacional de agua Potable (PRONAP) puso a licitación el Concurso internacional N° 001-PRES-VMI para elaborar Los Estudios de Factibilidad para los Planes de Expansión de Mínimo Costo de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de las ciudades de Tumbes, Iquitos Yurimaguas y Requena pertenecientes al grupo N° 3 en Marzo de 1995.

La empresa adjudicada para éste estudio fue la Asociación Salzgitter - Aquaplan, quien se compromete a realizar los trabajos desde Enero a Diciembre de 1996.

Para ello se instalaron dos oficinas una en Tumbes y otra en Iquitos para la zona de Iquitos, Yurimaguas y Requena.

La empresa supervisora fue el consorsio brasilero SMS, la que se encargaba de dar la aprobación de los informes que se presentaron en número de siete las cuales consistian en

- Diagnóstico del área de influencia.
- Diagnóstico y Evaluación del sistema existente, Estudio de desarrollo urbano, Impacto ambiental y Vulnerabilidad.
- Estudio de la demanda, oferta y el déficit.
- Identificación y desarrollo de Alternativas.
- Determinación de la Alternativa de Mínimo Costo.
- Rentabilidad del Proyecto.
- Informe final.

La Asociación Salzgitter - Aquaplan decide mi contratación el 9 de Enero de 1996 para realizar el trabajo de la ciudad de Tumbes a cargo del Ingeniero Cristian Angelescu en el área de agua potable., es así como inicio mi participación en éste estudio.

Para el desarrollo del diagnóstico se tuvo que recabar información de diferentes entidades que se encuentran en la zona:

En la recolección de información la fuente principal fue EMAPA TUMBES en lo referente al sistema existente y operatividad del sistema

También recurrimos al Proyecto Puyango Tumbes que cuenta con bastante información en lo referente a datos estadísticos de vulnerabilidad de la zona y comportamiento del río Tumbes en épocas de sequía y estiaje.

La información referente al desarrollo urbano y proyecciones de población futura fueron obtenidos del INEI.

Para la determinación de los consumos se realizó la micromedición en una zona a la que le denominamos zona piloto en la que se tuvo que realizar mediciones durante las 24 horas del día en un período de 10 días

En el desarrollo del cálculo hidráulico se utilizó el programa denominado Kypipe2 cuyas características se encuentra detallado en el capítulo 5.

Para la presentación de alternativas, existieron diversas propuestas pero fueron seleccionados las técnicamente viables y teniendo en cuenta los aspectos de vulnerabilidad.

En los puntos mencionados anteriormente mi participación fue directa y constante durante la ejecución del proyecto.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
2. CONCEPCION DEL PROYECTO.....	2
2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
2.2 METAS DEL PROYECTO	2
3. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	4
3.1 UBICACION	4
3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO	4
3.3 CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS	6
3.4 CLIMATOLOGIA.....	7
3.4.1 Temperatura	8
3.4.2 Precipitación.....	9
4. DESARROLLO URBANO.....	10
4.1 ALCANCES	10
4.2 METODOLÓGIA.....	10
4.3 SITUACIÓN ACTUAL	13
4.3.1 Densidades	13
4.4 PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN	17
4.4.1 Consideraciones previas.....	17
4.4.2 Hipótesis de crecimiento: baja, media (INEI) y alta.....	18
4.4.3 Densidad bruta promedio.....	20
4.4.4 Año 2000	21
4.4.5 Año 2010	23
4.4.6 Año 2025	25
4.4.7 Localización y descripción de los criterios de definición de las áreas de expansión para los años 2000, 2010 y 2025	29
5. DIAGNOSTICO Y EVALUACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	30
5.1 CAPTACIÓN.....	31
5.1.1 Datos Generales	31
5.1.2 Datos técnicos de estación de bombeo de agua cruda.....	31
5.1.3 Diagnostico y verificación de Sub Programa B	32

5.1.4 Optimización.....	33
5.1.5 Calidad del agua	33
5.2 LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA	34
5.2.1 Datos Generales	34
5.2.2 Datos técnicos.....	34
5.2.3 Diagnostico y verificación del sub programa B	35
5.2.4 Optimización.....	35
5.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	35
5.3.1 Tratamiento	35
5.3.2 Cloración	43
5.3.3 Reservorios	45
5.3.4 Estaciones de Bombeo de Agua Potable.....	46
5.3.5 Laboratorio	47
5.3.6 Equipos de Comunicación.....	49
5.3.7 Almacén.....	49
5.3.8 Grupos Electrónicos de Emergencia.....	49
5.3.9 Control y Supervisión de Disposiciones Dictadas.....	49
5.4 DISTRIBUCIÓN.....	49
5.4.1 Descripción General.....	49
5.4.2 Reservorios	55
5.4.3 Conexiones y accesorios.....	56
5.4.4 Red de distribución.....	58
5.4.5 Estimación de las pérdidas de agua	80
5.4.6 Optimización de la capacidad de la red existente	83
6. DETERMINACION DE LA DEMANDA, OFERTA Y DEFICIT	88
6.1 DEFINICIONES Y METODOLOGÍA	88
6.1.1 DETERMINACION DE LA DEMANDA DE SERVICIOS	88
6.1.2 DEFINICION DE LA OFERTA DE LOS SERVICIOS.....	92
6.1.3 DEFINICION Y DETERMINACION DEL DEFICIT DE LOS SERVICIOS	97
6.2 DEMANDA.....	98
6.2.1 RESUMEN.....	98
6.2.2 AMBITO DE INFLUENCIA.....	100
6.2.3 CONSUMO ACTUAL DE AGUA POTABLE	103
6.2.4 DEMANDA ACTUAL DE AGUA POTABLE	110
6.2.5 PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE	121
6.3 OFERTA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	139

6.3.1 Oferta de la Producción de Agua Potable	139
6.3.2 Oferta de Distribución.....	141
6.4 DEFICIT DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE.....	142
6.4.1 Deficit de Producción	143
6.4.2 Deficit de distribución.....	143
6.4.3 Conclusiones.....	144
7. EXPANSION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	146
7.1 VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE.....	149
7.2 IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES DE LAS ALTERNATIVAS	150
7.2.1 Fuentes	150
7.2.2 Distribución.....	156
7.3 IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS	157
7.3.1 Alternativa N°1 Nueva Planta de Tratamiento en el Cerro El Venadito.....	157
7.3.2 Alternativa N° 2 Galerías Filtrantes en el Fundo Seminario.....	158
7.3.3 Alternativa N° 3 Pozos en la zona de expansión.....	159
7.4 DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS.....	160
7.4.1 Alternativa N° 1 Nueva Planta de Tratamiento en el Cerro El Venadito.....	160
7.4.2 ALTERNATIVA N° 2 : Galerías Filtrantes en el Fundo Seminario	168
7.4.3 Alternativa N°3: Pozos en la Zona de Expansión.....	174
7.5 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL	177
7.5.1 Generalidades.....	177
7.5.2 Sistema De Agua Potable De Tumbes.....	181
8. ANALISIS ECONOMICO DE MINIMO COSTO	184
8.1 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS	184
8.2 VALOR ACTUAL DE COSTOS.....	184
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	187
9.1 CONCLUSIONES	187
9.2 RECOMENDACIONES.....	189

1. INTRODUCCION

El gobierno del Perú, contando con un financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo ha emprendido, por intermedio del Proyecto Especial Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (PRONAP), **el Programa de Apoyo al Sector de Saneamiento Básico**, dentro del cual está comprendido el Sub programa C : Planes de Expansión de mínimo costo de los sistemas de agua potable y alcantarillado, materia del estudio.

Para desarrollar el enfoque y concepción del Proyecto, es necesario referirse e interrelacionar el Sub-Programa C con los anteriores, pues todos se orientan al objetivo común de apoyo al Sector Saneamiento Básico y vienen a ser etapas de un mismo Programa.

El Sub Programa A “Apoyo al fortalecimiento del Sector”, ya concluido tenía como objetivo:

Consolidar y fortalecer el marco jurídico, reglamentario e institucional del Sector Saneamiento a nivel central.

Mediante la realización de estudios y asesorías para la complementación de las disposiciones legales, reglamentarias, políticas, normas, etc. que faciliten el fortalecimiento institucional y la capacidad de gestión y autonomía de todos los entes del Sector Saneamiento.

El Sub Programa B “Mejoramiento Institucional y Operativo de las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado”, subdividido en dos etapas, de las cuales la primera ya se ha concluido y la segunda está en ejecución, tiene como objetivo:

Fortalecer la capacidad empresarial, lograr el autofinanciamiento de las EPS, racionalizar la operación de los servicios y el consumo, mejorando la calidad de ellos en términos de calidad, cantidad y continuidad

mediante la formulación y ejecución de proyectos relacionados con los aspectos institucional, comercial, operacional cautelando paralelamente los aspectos ecológicos y dentro de un adecuado marco económico y financiero.

Resulta así que el Sub Programa C “Planes de Expansión de mínimo costo de los sistemas de agua potable y alcantarillado”, es la consecuencia de los dos sub-programas anteriores, pues ellos han dado ya un marco actualizado y mejorado de la situación actual de las EPS, afrontando los problemas de corto plazo que lleven a una mejor utilización de la capacidad instalada, pudiendo pasarse ya a la etapa de expansión de los sistemas de agua potable y alcantarillado.

2. CONCEPCION DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Con las premisas expuestas en la introducción respecto a los Sub Programas A y B, se puede afirmar que los objetivos del estudio son:

- Desarrollar los estudios de factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo de largo plazo para el desarrollo de los servicios de agua potable.
- Establecer dentro del Plan de Expansión un programa de su realización por etapas, la primera de las cuales debe ser llevada a nivel de diseño final en el marco de estudios definitivos posteriores,

significa un adecuado encadenamiento de las acciones emprendidas por PRONAP para fortalecer en todos los aspectos al sector saneamiento, comprendiendo a las principales ciudades del país que verán así mejorados sus servicios, afrontando a la vez los problemas ambientales que han sido descuidados o que pudieran incrementarse a raíz de las mejoras que propone el programa.

El desarrollo de tales objetivos deberá abarcar todos los componentes de los servicios de agua potable y alcantarillado, establecidos en el art. 10º de la Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley N° 26338), esto es:

Sistema de producción: captación, almacenamiento y conducción de agua cruda, tratamiento y conducción de agua tratada.

Sistema de distribución: almacenamiento, redes y dispositivos de entrega a usuarios, conexiones domiciliarias, piletas públicas u otros.

2.2 METAS DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta los objetivos del proyecto el desarrollo del proyecto debe de alcanzar las siguientes metas:

- Proyección del desarrollo poblacional, urbano y suburbano y de las actividades comercial e industrial hasta el horizonte del año 2025.
- Diagnóstico de la situación actual de los sistemas de agua potable comprendiendo cada uno de sus componentes y detallando las condiciones operativas y de mantenimiento de los mismos.
- Determinación de los consumos actuales, según categorías de uso, detectando los puntos críticos de consumos injustificados, proponiendo las medidas correctivas correspondientes.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Proyección de la demanda de los servicios, en concordancia con el crecimiento poblacional y económico de las ciudades con horizonte al año 2025.
- Propuestas para obtener la óptima utilización de la capacidad instalada existente, recogiendo las medidas propuestas dentro del Sub Programa B.

Elaborar el Plan de Expansión de Mínimo Costo para los diferentes componentes de los sistemas de agua potable en los aspectos de producción, operación y mantenimiento.

3. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

3.1 UBICACION

La ciudad de Tumbes se encuentra ubicada en el extremo norte del Perú a 80°27' de longitud W y 3°34' de latitud sur, su distancia a la frontera con el Ecuador (Aguas Verdes) es de 23 Km.; a Lima de 1320 Km.; A Piura de 288 Km.; y al mar (delta del río Tumbes) a 10 Km. Aproximadamente.

Constituye la capital de la Sub - Región Tumbes, parte vital y estratégica de la región Grau, siendo su principal vía de acceso la carretera Panamericana Norte.

Su altura promedio varía entre los 4 y 40 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una población aproximada de 80,000 habitantes en los actuales momentos.

Su clima oscila entre 19° en época de invierno y 35° en época de verano, salvo en casos de ocurrencia del fenómeno "El Niño". Su humedad relativa promedio es de 85%. Se considera a Tumbes como un pedazo de selva en el litoral peruano, por las características hidrológicas y climatológicas muy especiales que lo diferencian al resto de la costa.

La ciudad se encuentra a orillas del río Tumbes, el cual es la principal fuente de supervivencia y desarrollo; pero, también es causante de grandes pérdidas físico - económicas (sobre todo cuando ocurre el fenómeno "El Niño".), deteriorando sobre manera su nivel de vida.

3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO

Por su condición de proximidad a la frontera norte y su ubicación sobre el eje de la carretera Panamericana, su desarrollo ha estado vinculado, en alguna medida, a las actividades de intercambio económico propias de su localización. Por lo demás, su patrón general de desarrollo no se diferencia mucho de otras ciudades de la costa del Perú.

Esto es, explotación de los recursos propios de su rico frente marítimo, aprovechamiento de su localización sobre el eje carretero más importante del país, que le permite estar conectado con los centros mayores de comercio nacional, y desarrollo de actividades agrícolas.

Tumbes es el centro mayor entre un conjunto de poblados menores con los que mantiene relaciones estrechas y frecuentes. De un lado están, Zarumilla y Zorritos, capitales de las provincias vecinas de Zarumilla y Contralmirante Villar con las que se produce un permanente intercambio de bienes y servicios de consumo cuasi doméstico y algunas transacciones comerciales menores vinculados a la producción agrícola local y a la extracción de productos marinos.

Una segunda jerarquía de relaciones se experimenta con los poblados menores del valle de Tumbes y con Caleta La Cruz y Puerto Pizarro. Entre los primeros, se destaca la relación con los poblados del

distrito de Corrales, ubicado en la margen izquierda del río Tumbes. En este caso, se aprecia un constante flujo de unidades de servicio público que cubren la ruta entre San Pedro de los Incas, San Jacinto y Tumbes. Aunque con mucho menor intensidad, se verifica también la relación con los poblados menores de la margen derecha del río, entre ellos, San Juan de la Virgen y Pampas de Hospital. Un caso especial es el flujo entre Tumbes y Puerto Pizarro que se reduce al tránsito de comerciantes minoristas de pescado y al movimiento de abastecimiento doméstico de bienes de consumo. Es pertinente señalar que el mayor movimiento de carga que se experimenta en Puerto Pizarro es el de camiones frigoríficos de productos del mar que abastecen el mercado externo al departamento. En el caso de Caleta La Cruz el movimiento está dado por la demanda de algunos servicios que ofrece Tumbes como capital provincial y departamental y también por la existencia en su mercado de algunos bienes de consumo doméstico no disponibles en los demás centros.

En conclusión, la importancia de Tumbes dentro del sistema de asentamientos de la Subregión está dada por la localización en la ciudad de servicios de salud, educación, administración de justicia, mercado de abastos y otras facilidades de demanda frecuente y no disponible en los centros menores.

Al tratar del conjunto de asentamientos, también es importante hacer mención al potencial turístico que ofrecen y que, de alguna manera, colocaría a la ciudad de Tumbes en el centro de captación de los flujos generados en este rubro de actividad. La ciudad dispone ya del aeropuerto - en proceso de ampliación - y es el punto terminal de tránsito nacional carretero, cuenta con oficinas de empresas de transporte, hoteles y algunas otras facilidades a partir de las cuales se podrían establecer las bases para un adecuado desarrollo del sector turismo en la región. Por lo observado, hace falta un plan de desarrollo integral orientado a la explotación de los atractivos turísticos en todo el ámbito departamental, el mismo que revitalizaría el sector comercial, empresarial y de servicios dentro de la propia ciudad de Tumbes, aún cuando los principales focos de atracción se ubiquen fuera de ella. Este es uno de los roles que le corresponde cumplir a la ciudad y que representaría importantes beneficios para la exigua economía local.

Es importante mencionar que, en la actualidad, Tumbes no muestra actividades en su espacio urbano que indiquen estados de bienestar sostenibles. Por ejemplo, el centro comercial es pequeño en términos de transacciones, no se aprecia importante capacidad adquisitiva según la oferta de bienes, el movimiento comercial es más bien menudero. Por otro lado, no existen urbanizaciones propias de lo que es reconocida como "clase media" en el escenario nacional.

Por lo observado, Tumbes actúa como punto de paso en una cadena de comercialización que, por lo mismo, no la favorece mayormente. Así, a pesar de las grandes instalaciones de plantas langostineras ubicadas en todo el litoral, estas empresas son eminentemente extractivas y no generan inversiones en el ámbito local. De igual forma, los productos de la pesca artesanal son comercializados directamente con centros urbanos del sur, fundamentalmente, Piura y Lima.

La ciudad de Tumbes se puede entender, entonces, como el espacio donde reside una población local de limitados recursos económicos, un sector de población en gran medida en condición de migrante y que corresponde a la existencia de diversos destacamentos de las fuerzas armadas; otro grupo vinculado a las actividades propias de las diversas entidades del estado y otro grupo que se vincula con agencias comerciales y financieras de escala local y departamental. También se tiene un grupo poblacional vinculado a las diferentes áreas de servicios (educativos, de salud). A este cuadro se podría añadir finalmente, la población flotante con presencia variable y que desarrolla actividades de compra y venta en el mercado fronterizo para atender las demandas de los llamados "mercadillos" del norte del país.

A futuro, sin embargo, se espera tener un panorama más favorable teniendo en cuenta que se pondrá en operación el proyecto de irrigación Puerto del Cura y el Proyecto Especial Río Tumbes. Entre ambos se incorporará más de 30,000 Ha. de tierras eriazas al uso productivo, lo que significará la creación de nuevos puestos de trabajo tanto en el sector primario como en el de los servicios. Por su parte, el sector industrial podría potenciar sus posibilidades de desarrollo una vez resuelto el problema de dotación de energía. Existen diversas alternativas de generación de energía, entre ellas, la utilización de gas natural, hidroelectricidad y conexión al sistema nacional de energía.

En conclusión, es posible afirmar que Tumbes seguirá creciendo desde el punto de vista poblacional e iniciará un proceso de mayor diversificación en su economía.

3.3 CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS

La topografía es la característica más saltante y determinante en la ciudad de Tumbes pues en función de ella se determina la distribución de los servicios vitales. Es un factor limitante en el desarrollo de la ciudad pues eleva los costos de los servicios básicos como son la distribución del agua y el desagüe y crea problemas de drenaje en épocas de lluvias.

Podemos describir la topografía de Tumbes de la siguiente forma:

La zona denominada Tumbes antiguo tiene dos áreas diferenciadas topográficamente, la parte baja, a la izquierda de la Panamericana y la parte accidentada ó alta a la derecha de la misma avenida.

La parte baja caracterizada por ser prácticamente plana se encuentra a una cota promedio de 5 m.s.n.m. (siendo su rango de 4 a 6 m.). Hay dos sectores planos en la margen derecha de la Panamericana. El sector de la Plaza de Armas (6 m.s.n.m.) y el sector del antiguo del Puente viejo (6m.s.n.m.)

También hay un sector plano en la zona de Pampagrande a la derecha de la calle Alfonso Ugarte (8 m.s.n.m.), que limita con las parcelas agrícolas del río.

El resto de la zona en la margen derecha de la av. Panamericana es completamente accidentada teniendo su máxima cota de 41 m.s.n.m. en las colinas a 100 m. De la planta eléctrica, y su cota mínima en el mercado a 8 m.s.n.m..

En estas zonas, las depresiones son pronunciadas llegándose en algunos casos a pendientes del 17%; además siguen distintas direcciones, algunas de ellas tienen gran longitud formándose grandes quebradas dentro de la ciudad, tal es el caso de la calle Tumpis de una pendiente aproximada de 3% y la av. Mariscal Castilla con una pendiente aproximada del 2%

En la zona intermedia de la ciudad en la margen izquierda de la Panamericana también puede decirse que es plana, aunque hay una cierta elevación en dirección a "Nuevo Tumbes". Su altitud está entre 4 m.s.n.m. y en la dirección mencionada llega a 13 m.s.n.m. antes de la quebrada Pedregal.

En la margen derecha de la avenida, la parte plana se extiende en forma de V sobre una cota 7 m.s.n.m. en promedio hasta que choca abruptamente con las colinas cuyas cotas se encuentran 23 y 37 m.s.n.m. En esta zona de colinas existen diversas quebradas, dos de las cuales (las más largas) concurren en la zona plana de la V mencionada; las otras lo hacen hacia la quebrada Pedregal, sobre esta, se extienden asentamientos humanos como "Las Malvinas".

Siguiendo nuestro recorrido por la ciudad llegamos a "Nuevo Tumbes" que se encuentra entre las quebradas Pedregal y Luay. Está área es relativamente plana, y decimos relativamente plana porque no es accidentada pero su cota mínima (casi en la av. Panamericana) es de 21 m.s.n.m. y la máxima de 34 m.s.n.m., en el lado opuesto. Cabe señalar que que hay zonas que han sido rellenadas (antes eran pequeñas quebradas)

Las zonas posteriores a las quebradas Luay tienen una topografía similar a la de "Nuevo Tumbes", es decir, zonas relativamente planas, enmarcadas por quebradas, tanto en la margen izquierda como en la derecha de la av. Panamericana.

3.4 CLIMATOLOGIA

El estudio de la climatología tiene relativa importancia en los objetivos de la presente tesis, porque además de dar una visión general de las características físicas en Tumbes al respecto, su conocimiento influye en los planes de prevención. Por ejemplo, la temperatura es un factor característico en los diferentes comportamientos de los suelos, material de construcción, así como en los procesos de tratamiento aeróbico para los sistemas de alcantarillado etc.; la humedad y vientos de la misma forma, la utilidad de información de las lluvias es obvia ya que es la principal causante de daños. Por tanto, incidiremos en los parámetros de temperatura, lluvias y en menor escala pero también resaltándolos, en la humedad y vientos.

El clima de Tumbes es diferente al resto del litoral peruano, debido a muchos factores que trataremos de explicar a continuación. Solo desde épocas recientes (1920) se ha comenzado a

realizar estudios específicos del clima en el Norte Peruano, pero estos eran puntuales; hasta hoy, existen muchas restricciones en el conocimiento a profundidad del comportamiento climatológico de la zona.

El clima del Perú occidental, es decir del litoral, es más parecido a un clima sub-tropical que a un clima tropical. Este fenómeno constituye sin duda una anomalía climatológica muy notable.

El clima del litoral peruano no se comprendería, si no se tomara en cuenta las corrientes marinas que fluyen a lo largo de la costa, a saber: la corriente de Humboldt, cuya dirección es sensiblemente SE a NW, y la corriente del "Niño" cuyas aguas cálidas proceden de la dirección opuesta, constituyendo una contracorriente ecuatorial.

La zona de concurrencia de estas dos corrientes se ubica justamente en el extremo Norte del Perú, las variaciones meteorológicas que suceden en esta zona y que todavía son materia de estudio, producen fenómenos como el "Niño".

Debido a la morfología de la zona, el clima de Tumbes se asemeja al de la selva baja, siendo por tanto muy diferente al resto de la costa peruana.

El Noroeste Peruano constituye la transición entre el desierto peruano y el litoral ecuatoriano, caracterizado por una estación de tres meses en la propia costa y casi seis meses en el Golfo de Guayaquil.

Como se sabe el fenómeno "El Niño" es muy estudiado en la actualidad, por ser el causante de grandes desastres naturales como los de 1925 y 1983 que dejaron innumerables pérdidas.

El mecanismo de este fenómeno no es aún bien conocido, sin embargo las manifestaciones más patentes son la invasión de aguas cálidas superficiales que regresando por el Norte del Perú se dirigen al Sur y lluvias en la parte Norte de la costa Peruana; adicionalmente se presentan consecuencias biológicas en el mar, tales como movimientos migratorios de especies marinas, mortalidad de aves.

Los elementos climatológicos analizados son:

3.4.1 Temperatura

La temperatura en Tumbes es más alta en comparación con el resto del litoral, y debido a las lluvias que recibe ofrece un suelo cubierto de vegetación hasta la misma orilla del mar.

La estrecha vinculación meteorológica con el Ecuador se nota también geográficamente y hasta en el uso de las voces: "Invierno" y "Verano": Mientras que de conformidad con el significado verdadero de ellas, en las zonas sub-tropicales del hemisferio sur y en el Perú, la voz "Invierno" designa la época fría, y la voz "Verano" la estación cálida del año.

En el período 82 - 83 - 84 existieron variaciones de temperatura primero de 4°, esto sufrió un incremento en 1983 - 1984 llegando hasta una variación sobre el promedio de 6°, luego fue descendiendo en 1984.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Se debe agregar que la máxima temperatura absoluta anual fué de aproximadamente 37 °C y una mínima absoluta de 11°C.

Las temperaturas más altas se inician generalmente en el mes de diciembre, y se incrementan y mantienen elevadas hasta el mes de abril.

3.4.2 Precipitación

Tumbes tiene características climatológicas muy diferentes al resto de la faja litoral peruana sobre todo en lo referente a las precipitaciones pluviales.

Esto se debe en parte a la menor altura de la cordillera de los andes, a su cercanía a la línea ecuatorial y a la influencia del denominado Fenómeno "El Niño". Esta menor altura de la cordillera de los andes en relación al sur del país, permite la mayor penetración hacia el Oeste de los vientos alisos procedentes del Sud-Este.

La cercanía a la línea ecuatorial afecta el régimen de precipitaciones pluviales, ya que próxima a ella se localiza aleatoriamente la franja denominada de "Convergencia Intertropical" donde se encuentran las masas de aire provenientes del hemisferio norte y del hemisferio sur.

El fenómeno "El Niño" afecta sensiblemente el régimen de precipitaciones en algunos años.

Podemos decir que en Tunbes ocurren en forma aleatoria años de clima desértico, y algunos de clima tropical que provocan accesos de precipitación y cambios ecológicos en la zona. Por otro lado, las lluvias altas elevan considerablemente los niveles freáticos.

En el año 1983 se alcanzaron valores extraordinarios de altura de lluvia anual de 5336 mm. (Estación Rica Playa 106 m.s.n.m.) comparable sólo con las precipitaciones más altas en nuestro territorio en la Hoya amazónica.

Finalmente podemos decir que los valores medios mensuales (mm) en años normales son:

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANO
Pto. Pizarro	40	35	54	32	09	02	00	01	00	02	01	04	180
Tumbes	46	38	51	29	09	03	01	01	01	01	02	01	183
El Tigre	49	41	99	57	16	07	00	00	00	04	00	01	274
Rica Playa	57	48	112	33	20	06	01	02	01	02	01	03	286

4. DESARROLLO URBANO

4.1 ALCANCES

El estudio de desarrollo urbano consiste en la evaluación de las áreas disponibles para expansión urbana, la determinación de las densidades brutas por zonas de expansión y nivel socioeconómico. Los criterios que se emplean en la determinación de las diversas etapas de crecimiento están referidos a disponibilidad de terrenos, topografía, localización respecto a la estructura global de la ciudad, calificación de uso agrícola por parte del Proyecto Especial Río Tumbes y el Ministerio de Agricultura, vulnerabilidad ante desastres naturales (inundación, precipitaciones pluviales, sismicidad) y accesibilidad.

El estudio considera importante la referencia permanente del proceso de desarrollo de Tumbes a su entorno físico y geográfico a escala provincial y departamental. Al respecto, deberá considerarse el impacto del Proyecto Especial Río Tumbes en el territorio provincial en lo que respecta a la generación de un nuevo escenario económico y social, el surgimiento de centros urbanos con nuevos roles dentro del esquema general de asentamientos, el incremento de las demandas de servicio para la ciudad de Tumbes, entre otros efectos.

Del mismo modo, se tiene en cuenta los procesos de crecimiento que se experimentarán en los centros poblados vecinos y que de algún modo comparten un mismo proceso de evolución económico y social. La proximidad con algunos de ellos da lugar a la posibilidad de compartir volúmenes de crecimiento poblacional por ser parte de un mismo sistema.

Finalmente, se tendrá en consideración la condición de Tumbes como centro de servicios mayor del departamento y como territorio de frontera, sujeto a tratamiento especial en el orden comercial, político y de manejo territorial.

Al respecto, está en ejecución el proyecto de ampliación del aeropuerto de Tumbes dentro de un plan de mejoramiento de la infraestructura de comunicaciones que permita integrar este punto del país al circuito internacional de la costa. Se facilitaría de esta manera la conexión entre Guayaquil y Lima y se reforzaría el papel de Tumbes como puerto de entrada de los flujos turísticos del circuito latinoamericano que discurren en dos direcciones.

4.2 METODOLOGÍA

La metodología empleada en el estudio combina el análisis de la información documental existente y el reconocimiento directo de la situación en el medio urbano y su entorno inmediato. La evaluación y procesamiento global de esta información permitirá determinar tendencias, reconocer los fenómenos

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

urbanos en proceso y estimar, sobre la base del análisis, las previsiones de crecimiento poblacional y de expansión urbana que el estudio requiere.

El estudio involucra, por tanto, el desarrollo de los siguientes asuntos:

a) Análisis de información documental

Análisis de información censal del INEI a nivel departamental, provincial, distrital y urbano y rural, años 1961, 1972, 1981 y 1993.

Análisis de información cartográfica del IGN y del Ministerio de Agricultura, escalas 1/100,000; 1/25,000; 1/10,000 y 1/5000.

Análisis del material aerofotográfico del SAN, vuelo del año 1983 que registra los efectos del fenómeno del Niño.

Análisis de la información disponible en el Proyecto Especial Río Tumbes, nueva denominación del Proyecto Binacional Puyango-Tumbes, INADE. Consulta de estudios de base sobre climatología, aptitud de tierras para uso agrícola, ámbito del proyecto.

Análisis de la información disponible en la Municipalidad Provincial de Tumbes.

Análisis del estudio sobre riesgos del área urbana ante desastres naturales: Microzonificación de la Ciudad de Tumbes y Lineamientos para su Desarrollo Urbano para la Mitigación de Desastres, 1991.

b) Reconocimiento directo

Recorrido general del ámbito de estudio. Observación de fenómenos en el espacio urbano: actividades, usos, vialidad, transporte, características de la edificación, densidad habitacional.

Reconocimiento de los bordes de la ciudad y los puntos con procesos de ocupación activos.

Identificación de los espacios disponibles para la expansión urbana. Límites del proyecto de irrigación Río Tumbes, zonas de uso militar, restricciones de áreas por riesgos naturales.

Reconocimiento de la estructura urbana actual y tendencias de crecimiento.

Reconocimiento del entorno geográfico. Características del territorio, el paisaje, la topografía.

Visita a los centros poblados vecinos para reconocer el sistema de asentamientos.

c) Procesamiento de la información disponible de fuentes secundarias y de la observación directa de la situación

Cálculo de proyecciones de crecimiento poblacional. Se considerarán tres hipótesis de crecimiento poblacional. La primera será la que corresponde a la estimación del INEI para el año 2000 y las previsiones para los años 2010 y 2025. La segunda será elaborada sobre la base del análisis de las tasas de crecimiento vegetativo y migratorio teniendo como referencia las tendencias mostradas en los últimos períodos intercensales. La tercera corresponderá a una estimación de crecimiento mínima en el caso hipotético de experimentar un crecimiento poblacional vegetativo restringido por políticas específicas de control. Se basará en el análisis de las tendencias nacional, departamental, provincial y distrital que permitan construir una hipótesis de crecimiento a 15 y 30 años.

Determinación de las condicionantes de la expansión urbana. Se tendrá en cuenta el análisis de la topografía, la accesibilidad, los riesgos ante desastres naturales y la factibilidad de servicios urbanos.

Localización de espacios con capacidad de albergar la expansión urbana a diversos horizontes de crecimiento y para las tres posibilidades analizadas. Esto será expresado en un plano general de la ciudad diferenciando sectores y etapas de ocupación.

Determinación de las densidades ocupacionales en las áreas de expansión previstas. Esto se expresará en el plano de la ciudad y en cuadros que muestren las diferentes densidades de ocupación por sectores de expansión.

d) Coordinación con encuesta socioeconómica

Se han incorporado algunos requerimientos de información dentro de la encuesta realizada que se refieren a medios de transporte urbano más utilizados, lugares de destino y motivo de viaje con el fin de determinar los principales flujos existentes en el espacio urbano, de manera de complementar información sobre las componentes gravitacionales y las tendencias de desarrollo de la actividad urbana. Esta información se ha empleado luego como referencia en la determinación de áreas para expansión, esto es, accesibilidad, proximidad a los ejes de circulación y preferencia por parte de la población en función de los flujos más frecuentes.

Toda la información que proporciona la encuesta sobre las condiciones socioeconómicas de la población serán incorporadas como base referencial complementaria del estudio de desarrollo urbano. Existe, sin embargo, la necesidad de explicitar las limitaciones que una encuesta de este tipo puede tener para la

determinación de estratos socioeconómicos que el estudio requiere para fines de calculo de demandas y estudios de costos y tarifas y que, para el caso del desarrollo urbano son estimaciones bastante imperfectas. Es decir, se requeriría haber realizado un estudio mas profundo para poder determinar las reales capacidades de la población para acceder a determinadas modalidades de habilitación urbana, así como estudiar la demanda de tierras, los costos de habilitación local, el mercado de materiales, entre otros muy diversos y complejos factores; por lo tanto, para fines del estudio urbano que nos ocupa, se asumirán porcentajes de estratificación social que corresponden a un cuadro con márgenes de seguridad razonable. Es así que de los resultados obtenidos por la encuesta, se tendrán las siguientes cifras para la situación actual:

Estrato socioeconómico alto relativo	:	5%
Estrato socioeconómico medio relativo	·	25%
Estrato socioeconómico bajo relativo	·	70%

Resulta muy difícil poder predecir el comportamiento de esta distribución en los próximos 30 años, más aún cuando esta base referencial carece de una serie de parámetros adicionales para poder construir un escenario más amplio; de manera que, para fines de la habilitación urbana, se asumirá hipotéticamente un comportamiento que corresponda al cuadro siguiente:

Estrato alto relativo	.	4% al 5%
Estrato medio relativo		18% al 20%
Estrato bajo relativo	:	75% al 78%

Estas cifras serán retomadas mas adelante en este estudio cuando se propongan las áreas de ocupación futura.

4.3 SITUACIÓN ACTUAL

4.3.1 Densidades

De acuerdo con la información censal disponible y al área del casco urbano actual, la densidad bruta promedio es de, aproximadamente, 100 habitantes por hectárea. Esta densidad no está, indudablemente, distribuida de manera uniforme porque el nivel de consolidación de los diversos barrios de la ciudad es desigual y, en muchos casos, la topografía es una limitante para lograr incrementos de las densidades actuales. Un análisis de las densidades por zonas censales nos da una idea aproximada del conjunto.

De lo que se observa se puede deducir que, de alguna manera, sería posible considerar un proceso de densificación en el núcleo del casco antiguo de la ciudad donde se aprecia un proceso de renovación de las edificaciones para crecer en altura. Esto permitiría absorber un porcentaje del incremento poblacional. El análisis siguiente toma como referencia las cifras del último censo nacional. Ver Cuadro 4.1.

En la denominada área Antigua de la ciudad se distinguen cuatro rangos de densidades brutas:

- De 201 a 250 hab/Ha.: corresponde a las zonas censales 7 y 8A, altamente densificadas por la presencia de viviendas colectivas, edificaciones de lotes pequeños y condición socioeconómica que refleja ciertos grados de hacinamiento y tugurización. No se considerará la posibilidad de densificación mayor para esta zona.
- De 151 a 200 Hab/Ha.: corresponde a las zonas censales 4A, 6 y 8. La primera incluye viviendas unifamiliares y algunos usos de equipamiento mayor y comercio central. Las zonas 6 y 8 albergan al núcleo administrativo, cívico y comercial y de servicios de la ciudad y es la zona de mayor actividad. Las tres zonas pueden aceptar un grado de densificación moderado con usos mixtos de vivienda, servicios y comercio.
- De 101 a 150 hab/Ha.: corresponde a las zonas censales 5, 7A y 9. Es el sector donde predomina el uso de vivienda con algunos usos mayores de equipamiento y comercio especializado. Se considera que estas zonas podrían albergar mayor población contando con una densidad bruta promedio de entre 150 y 180hab/Ha.
- De 31 a 80 hab/Ha.: Corresponde a las zonas censales 4 y 9A. La densidad en estas zonas es bastante baja. En el primer caso, por albergar importantes áreas de equipamiento de educación, salud y recreación de la ciudad, además de instalaciones militares. En el segundo caso, se trata de viviendas unifamiliares en espacios poco consolidados debido a las enormes restricciones topográficas que presenta, lo que da lugar a escasas áreas útiles para la habilitación urbana.

En ambos casos no es recomendable una mayor densificación por los graves riesgos a que se encuentran expuestas estas zonas en caso de desastres naturales de distinto tipo. Por lo tanto, para la zona 4 se debe considerar un tope máximo de 40 hab/Ha. y en la zona 9A estabilizar la densidad en 80 hab/Ha.

Cuadro 4.1 Distrito de Tumbes - densidad area urbana 1993

Distrito de Tumbes (Area Urbana)	ZONA	Total Viviendas	Superficie Ha.	Ocupantes Presentes	Densidad (Hab./Sup)
Dist. Tumbes (Urbano)		16093		74085	
	1	733	40	2233	55.83
	1A	738	18.5	1383	74.76
	2	513	20	1825	91.25
	2A	526	32	2005	62.66
	3	570	45	2213	49.18
	3A	441	78.5	2012	25.63
	4	410	56	1861	33.23
	4A	1925	63.5	9810	154.49
	5	1851	72	9833	136.57
	6	2208	55	10187	185.22
	7	1558	34	7945	233.68
	7A	1001	37	5131	138.68
	8	370	13.5	2366	175.26
	8A	1104	24.5	5101	208.20
	9	1041	46	4852	105.48
	9A	790	51	3859	75.67
	10	314	43.5	1469	33.77
		160.93	730	74085	

En la llamada área Intermedia se distinguen dos rangos de densidades:

- Densidad de hasta 30 Hab/Ha.: corresponde a la zona censal 3A que incluye instalaciones deportivas mayores, áreas de reserva, equipamiento educativo mayor e institucional. Esta zona es bastante vulnerable por ser zona baja e inundable por lo que tampoco es recomendable una ocupación más intensa que la actual. Se considerará una densidad estable de 30 hab/Ha.

De 31 a 80 hab/Ha.: corresponde a la zona censal 3, en ella predomina el uso de vivienda aunque también tiene algunas áreas de otros usos. Es una zona con serias restricciones topográficas por lo que el área útil para habitación es escasa además de hacer difícil su acceso y tendido de redes de infraestructura. No se recomienda incrementar su densidad más allá de los 80 hab/Ha.

En el sector denominado nuevo Tumbes se distinguen dos rangos de densidades:

- De 31 a 80 hab/Ha.: Corresponde a las zonas censales 1, 2 y 2A que son predominantemente ocupadas por viviendas unifamiliares. Se prevé para las zonas 1 y 2A un incremento de densidad por aumento en el número de ocupantes de las viviendas, de modo de alcanzar un rango entre 120 y 150

hab/Ha. Y, eventualmente, se podrían incluir conjuntos habitacionales de densidad alta en algunos terrenos reservados por ENACE. La zona 10 corresponde a Puerto Pizarro y dadas sus enormes limitaciones no será tomada en cuenta como área que absorbe nueva población.

- De hasta 30 hab/Ha: corresponde a la zona censal 1A, cuya baja densidad se explica porque a la fecha del censo, no se tenían todas las viviendas con ocupantes presentes además de contar con algunas áreas disponibles de ocupación urbana. Se prevé para esta zona un proceso de densificación hasta alcanzar la cifras de zonas vecinas.

En el Cuadro 4.2 se presenta el análisis por zonas de la densidad estimada para los distintos horizontes de estudio. en cada caso se ha tenido en cuenta el tipo de edificaciones existentes, es decir, su posibilidad de transformación por cambio de materiales, posibilidad de construcción en mayor altura, conveniencia de densificación en función de los grados de vulnerabilidad ante desastres naturales, existencia de equipamiento urbano mayor, características fisiográficas, tipología de la habilitación urbana.

Cuadro 4.2 Estimación del proceso de densificación por zonas censales de 1993

Zona Nº	Área(Ha.)	D(h/Ha)	2000 Pob.	D(h/Ha)	2010 Pob.	D(h/Ha)	2025 Pob.
1	40	80	3200	100	4000	150	6000
1A	50	40	2000	80	4000	150	7500
2	25	100	2500	120	3000	150	3750
2A	32	80	2560	100	3200	120	3840
3	45	60	2700	80	3600	80	3600
3A	78.5	26	2041	30	2355	30	2355
4	56	35	1960	40	2240	40	2240
4A	63.5	180	11430	200	12700	220	13970
5	72	140	10080	160	11520	180	12960
6	55	190	10450	200	11000	220	12100
7	34	234	7956	234	7956	234	7956
7A	37	140	5180	150	5550	180	6660
8	13.5	180	2430	200	2700	200	2700
8A	24.5	208	5096	220	5390	220	5390
9	46	120	5520	135	6210	150	6900
9A	51	80	4080	80	4080	80	4080
TOTAL			79183		89501		102001

Fuente: INEI, Información por zonas censales 1993

La expresión gráfica de este proceso se muestra en los planos correspondientes a la propuesta de expansión urbana en este mismo estudio.

4.4 PROYECCIONES DE LA POBLACIÓN

4.4.1 Consideraciones previas

Como se ha manifestado el crecimiento poblacional del departamento de Tumbes es alto y, a pesar de que la tasa de crecimiento intercensal para el período 1981- 1993 disminuyó, ésta se encuentra por encima del promedio nacional. La misma tendencia se puede apreciar en el distrito de Tumbes.

El crecimiento poblacional pone de manifiesto el efecto centralizador que ejercen las ciudades sobre la población provincial y distrital que, desde luego, prefiere concentrarse en las regiones o ciudades que puedan ofrecerles mejores perspectivas, ya sean reales o aparentes, en lo que respecta a oportunidades de trabajo y a satisfacción de sus necesidades básicas.

En Tumbes se presentan una serie de condiciones que influenciarán el proceso demográfico de los próximos años y que, necesariamente, tendrán una repercusión específica para el período que interesa a este estudio. El cálculo de las proyecciones de población tiene en consideración estas situaciones y cada una de las hipótesis presentadas asume en distinta medida los efectos que podrían tenerse.

Las condicionantes o situaciones a que nos referimos son las siguientes:

- Dotación a la ciudad de facilidades de infraestructura, servicios y comunicaciones que corresponden a su condición de ciudad fronteriza y puerto de entrada o embarque de los flujos que canaliza la carretera Panamericana, sean éstos de bienes o personas. Entre las principales acciones están ya en ejecución la ampliación y mejoramiento del aeropuerto; mejoramiento y ampliación de la red vial departamental; mejoramiento y ampliación de los servicios hoteleros y afines.
- Puesta en operación de los proyectos agrícolas que permitirán la incorporación de nuevas tierras y el mejoramiento de riego de las existentes en un total de 30,000 Ha. Estos son: el Proyecto Especial Río Tumbes y el Proyecto de Irrigación Puerto del Cura.

Proyectos de dotación de energía que permitan atender las demandas actuales y favorecer la instalación de industrias para lograr una mayor diversificación económica local. Los estudios han identificado varias alternativas a ser evaluadas, entre ellas está el empleo de fuentes de gas natural, la conexión al sistema eléctrico nacional y aprovechamiento de las fuentes hidroenergéticas locales.

- Implementación de políticas especiales de incentivo a la inversión y de otorgamiento de concesiones a la actividad comercial de frontera.

- Existencia a nivel nacional de una política de población a favor del control de la natalidad que necesariamente va a producir efectos sobre las tasas de natalidad en un futuro inmediato.
- Características demográficas específicas: cifras históricas y tendencias.

En suma, todas estos condicionantes van a permitirnos establecer algunos supuestos para analizar distintas hipótesis de crecimiento poblacional.

4.4.2 Hipótesis de crecimiento: baja, media (INEI) y alta

Para los fines del estudio, se ha estimado conveniente analizar las proyecciones de población elaboradas por el INEI para el período 1995-2025. Estas proyecciones han sido realizadas empleando la metodología que se explica en el anexo que forma parte de este informe.

Adicionalmente, se presentan dos cálculos que sobre la base de ciertos supuestos, que constituyen referencias para acompañar la propuesta del INEI.

Para la elaboración de las proyecciones de población alta y baja, se ha analizado la evolución histórica del crecimiento de la población en el departamento, provincia y distrito de Tumbes a partir de la información censal desde 1961 a 1993, así como el comportamiento nacional en este mismo aspecto. Igualmente, se ha tenido en consideración la evolución de los componentes del crecimiento poblacional vegetativo y migratorio. Tumbes presenta un crecimiento vegetativo que sigue la tendencia nacional y de las principales ciudades del país. En el Cuadro 4.3: Promedio de Hijos Nacidos Vivos por mujer, podemos observar el número promedio para el país y para el departamento.

Cuadro 4.3: promedio de hijos nacidos vivos

País, Departamento, Provincia	CENSO	
	1981	1993
Perú	2.4	2.2
Tumbes	2.8	2.3

Fuente: INEI: Perú: Perfil Socio-Demográfico.

El análisis de las cifras demuestra que existe una cada vez mayor aproximación de la situación de Tumbes al promedio nacional y que se verifica, para sendos casos, una tendencia decreciente.

Igualmente, podemos apreciar en el Cuadro 4.4, las cifras correspondientes a la migración nacional y la de Tumbes. En este caso, las diferencias respecto a la situación nacional son radicales, pues mientras al primer nivel la situación se encuentra estabilizada, en Tumbes se ha acrecentado el saldo migratorio

positivo para 1993. Esta es, por tanto, una componente muy significativa de la tasa de crecimiento poblacional.

Cuadro 4.4 Población migrante nacional 1981 - 1993

País, Departamento	Año Censal			
	1981		1993	
	Inmigrantes	Emigrantes	Inmigrantes	Emigrantes
Perú	3630640	3630640	4868295	4868295
Tumbes	24479	24866	45528	29652

Fuente: INEI; Perú: Perfil Socio-Demográfico. Boletín N°7

Las hipótesis de crecimiento planteadas como alternativas a la propuesta del INEI se basan en la combinación de las tendencias históricas de ambas componentes y los efectos de las condicionantes mencionadas en el acápite previo. Ver Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5: tasa de crecimiento por componentes vegetativos y migratorios

Departamento/ Provincia/ Distrito	Años											
	1993			2000			2010			2025		
	Veg.	Mig.	Total	Veg.	Mig.	Total	Veg.	Mig.	Total	Veg.	Mig.	Total
Hipótesis alta												
Dpto. Tumbes	2.0	1.4	3.4	1.8	1.2	3.0	1.6	0.8	2.4	1.2	0.4	1.6
Prov. Tumbes	1.8	1.4	3.2	1.7	1.2	2.9	1.5	0.8	2.3	1.2	0.4	1.6
Dist. Tumbes	2.0	1.6	3.6	1.9	1.4	3.3	1.6	0.8	2.4	1.1	0.4	1.6
Hipótesis baja												
Dpto. Tumbes			3.4	1.8	1.1	2.9	1.6	0.7	2.3	1.2	0.4	1.6
Prov. Tumbes			3.2	1.7	1.1	2.8	1.6	0.8	2.4	1.2	0.4	1.6
Dist. Tumbes			3.6	1.8	1.3	3.1	1.8	0.7	2.4	1.2	0.4	1.6

Fuente: INEI y elaboración propia.

La metodología empleada para la elaboración de las dos hipótesis que se presentan a continuación se encuentra en el anexo adjunto.

Hipótesis alta

En esta alternativa, el componente vegetativo se considera con un descenso paulatino que sigue la tendencia histórica, de modo de constituir el 1.9% para el año 2000; el 1.6% para el año 2010 hasta llegar a estabilizarse en el promedio nacional de 1.1% para el año 2025. Esta variación moderada se sustenta en el supuesto que la aplicación de políticas nacionales y difusión de métodos de control de la natalidad tendrán un proceso de asimilación lento y paulatino con tendencia a acentuarse para el último periodo.

Para el caso del componente migratorio, se asume un crecimiento hasta el año 2010 en que se supone empezarán a disminuir las expectativas de generación de empleo que pudieran provocar los proyectos de riego y habilitación de nuevas áreas agrícolas. A partir de este año se iniciaría la tendencia de decrecimiento de esta componente para ir conformando un cuadro de estabilidad correspondiendo a un patrón que tiende a ser el mismo que el promedio nacional.

Hipótesis baja

En esta hipótesis se considera que el componente vegetativo será estable en los primeros períodos y a partir del horizonte 2010, se verificaría una disminución de la fecundidad en una forma más acelerada, como resultado de la aplicación de las políticas propuestas sobre control de natalidad.

Para el componente migratorio, se ha considerado los mismos criterios. El caso de Tumbes presenta un saldo migratorio positivo como se apreciará en el cuadro que más adelante se muestra y que tenderá a tener una situación de mayor estabilidad. El comportamiento supuesto para esta componente es similar al planteado en la hipótesis alta, de modo que las diferencias sustanciales se encuentran en la componente vegetativa.

Hipótesis media (INEI)

Como se ha verificado, las proyecciones elaboradas por el INEI corresponden a una intermedia entre las dos alternativas analizadas previamente. Además, siendo exigencia del estudio determinar una población para cada año y horizonte de estudio, resulta ser lo más prudente optar por la hipótesis que se ubique dentro del rango analizado.

La metodología empleada por el INEI y las cifras resultantes se presentan en el anexo que forma parte de este informe.

4.4.3 Densidad bruta promedio.

Considerando las severas limitaciones que tiene la ciudad de Tumbes y sus posibles áreas de expansión para la habilitación urbana debido a su accidentada topografía, no se prevén incrementos muy significativos en la densidad bruta promedio para los próximos años. El área de ocupación mayor de los últimos años es la correspondiente al sector denominado Nuevo Tumbes. En este sector predominan las unidades de vivienda unifamiliares de baja densidad. En sectores de ocupación reciente distintos a éste, la densidad resultante también es baja por razones de poca área útil de habilitación.

Por lo tanto, cualquier incremento de la densidad bruta promedio tendría que ser resultado de un proceso de densificación del casco urbano antiguo, área central de la ciudad, donde se observa un proceso de renovación de edificaciones y crecimiento en altura.

Sobre la base de este supuesto, consideraremos para el área central de la ciudad, una densidad bruta promedio creciente de 110 hab/Ha para el año 2000, 124 hab/Ha. para el año 2010 y 140 hab/Ha. para el año 2025, aproximadamente. Para el área de expansión urbana se considerará una densidad bruta promedio variable entre 50 hab/Ha. y 80 hab/Ha, descontando los sectores destinados a viviendas multifamiliares de 300 hab/Ha. que son un pequeño porcentaje del área nueva a habilitar.

Este estimado significa que el área urbana actual (730 Ha.) estará en posibilidades de albergar a una población adicional, respecto a 1993, de 5,098 habitantes en el año 2000, 10,318 más en el 2010 y 12,500 más en el 2025. Todo lo cual representa un incremento poblacional total de 27,916 habitantes respecto a 1993, que se lograrían mediante una densificación progresiva y diferenciada según se muestra en el Cuadro 4.6 y en los Planos TDU-4-1,2,3 y 4

Cuadro 4.6 Proyecciones de población 1993-2025

Departamento, Provincia, Distrito	Años			
	1993	2000	2010	2025
Hipótesis Alta				
Dpto. Tumbes	155521	191271	242465	307648
Prov. Tumbes	115406	140973	176465	223905
Dist. Tumbes	74601	93637	18169	149294
Dist. Tumbes (Área Urbana)	74085	93268	18169	149173
Hipótesis INEI				
Dist. Tumbes		93548	118197	149184
Dist. Tumbes (Área Urbana)		93193	117989	149090
Hipótesis Baja				
Dpto. Tumbes		189975	238480	308618
Prov. Tumbes		140017	177492	225208
Dist. Tumbes		93275	117945	148995
Dist. Tumbes (Área Urbana)		93073	117864	148989

Fuente: INEI: Proyecciones de Población por Área Urbana y Rural por Departamento, de Algunos Distritos del Departamento de Loreto y Tumbes.

Período: 1995 - 2025. Octubre 1995.

4.4.4 Año 2000

Para este primer horizonte de crecimiento se estima la absorción de 5,098 habitantes como nueva población en el casco urbano de 1993, producto de un proceso de densificación moderado. Por lo tanto, el crecimiento más significativo dará lugar a un proceso de habilitación de nuevas tierras para uso

urbano. Si a esto se añade el considerando de una densidad bruta promedio inicial de 50 hab/Ha, el resultado es el siguiente:

a) Hipótesis 1

El requerimiento de área de expansión para el caso de la proyección de población urbana más baja considerada para este horizonte (93,073 hab.) y para la densidad inicial estimada (50 hab/Ha.) sería de 277,80 Ha. nuevas.

Pob. 1993	74085
Pob. 2000 casco urbano	5098

	79183
Pob. est. 2000	93073
Pob. área nueva	$93073 - 79183 = 13890$
Densidad bruta promedio inicial	50 hab/Ha.
Área de expansión	$13890/50 = 277.80$ Ha.

b) Hipótesis 2

En este caso, correspondiente a la proyección estimada por el INEI, que arroja una población urbana de 93,193 habitantes se requerirían 280,2 Ha. como áreas de nueva habilitación urbana.

Pob. 1993	74085
Increment. Pob.2000 (casco urbano)	5098

	79183
Pob. est. 2000	93193
Pob. área nueva	$93193 - 79183 = 14010$
Densidad bruta promedio inicial	50 hab/Ha.
Área de expansión	$14010/50 = 280,2$ Ha.

c) Hipótesis 3

En este caso se estima una población de 93,268 habitantes, lo que daría lugar a la habilitación de 281,70 Ha. de tierras de expansión urbana.

Pob. 1993	74085
Increment.Pob. 2000 casco urbano	5098
	—————
	79183
Pob. est. 2000	93268
Pob. área nueva	$93268 - 79183 = 14085$
Densidad bruta promedio inicial	50 hab/Ha.
Área de expansión	$14085/50 = 281,70$ Ha.

4.4.5 Año 2010

Considerando que para este horizonte: primero, podría continuar el proceso de densificación del casco urbano 1993, lo que representaría una población total en esta área de 89,501 habitantes; segundo, se incrementaría la densidad bruta promedio de las áreas habilitadas al horizonte 2000 a 80 hab/Ha.; tercero, manteniendo el supuesto de una densidad bruta promedio de 50 hab/Ha para nuevas habilitaciones y cuarto, considerando un porcentaje de las nuevas habilitaciones como multifamiliares con densidad bruta de 300 hab/Ha., el resultado sería el siguiente:

a) Hipótesis 1

Pob. 1993	74085
Increment. Pob. 2000 casco urbano	5098
Increment. Pob. 2010 casco urbano	10318
	—————
	89501
Pob. en áreas nuevas del 2000 a densidad bruta prom. de 80 hab/Ha	$77.80 \times 80 = 22224$
Pob. est. 2010	117864
Pob. áreas nuevas 2010	$117864 - (89501+22224) = 6139$
Pob. áreas nuevas con	

densidad bruta de 300 hab/Ha. 1200

Área de expansión con 300 hab/Ha. $1200/300 = 4$ Ha.

Pob. en áreas nuevas al 2010 con

densidad bruta prom. inicial de 50 hab/Ha.: $6139 - 1200 = 4939$

Área de expansión con 50 hab/Ha $4939/50 = 98,78$ Ha.

Área de expansión total requerida 2010 102,78 Ha.

b) Hipótesis 2

Pob. estimada por el INEI 117,989 habitantes.

Pob. a absorber por el casco

urbano de 1993 89501 habit.

Pob. a absorber por densificación de

áreas de expansión del año 2000 y por

habilitación de nuevas tierras 28,448 habitantes.

Pob. 1993 74085

Increment.Pob. 2000 casco urbano 5098

Increment.Pob. 2010 casco urbano 10318

89501

Pob. en áreas nuevas del 2000

a densidad bruta prom.de 80 hab/Ha $280,2 \times 80 = 22416$

Pob. est. 2010 117989

Pob. áreas nuevas 2010 $117989 - (89501 + 22416) = 6072$

Pob. en áreas nuevas con densidad

bruta de 300 hab/Ha. 1200

Área de expansión con 300 hab/Ha. $200/300 = 4$ Ha.

Población en áreas nuevas al 2010 con

densidad bruta prom. inicial de 50 hab/Ha.: $6072 - 1200 = 4872$

Área de expansión con 50 hab/Ha 97,44 Ha.

Área de expansión total requerida 2010 101.44 Ha.

c) Hipótesis 3

Pob. estimada al 2010 118,169 habitantes.

Pob. a absorber por el casco urbano de 1993 89,501 habit.

Pob. a absorber por densificación de áreas de expansión del año 2000 y por habilitación de nuevas tierras 28,668 habitantes.

Pob. 1993 74085

Increment. Pob. 2000 casco urbano 5098

Increment. Pob. 2010 casco urbano 10318

89501

Pob. en áreas nuevas del 2000 a densidad bruta prom. de 80 hab/Ha $281,70 \times 80 = 22536$

Pob. est. 2010 118169

Pob. áreas nuevas 2010 $118169 - (89501 + 22536) = 6132$

Pob. en áreas nuevas con densidad bruta de 300 hab/Ha. 1200

Área de expansión con 300 hab/Ha. 4 Ha.

Población en áreas nuevas al 2010 con densidad bruta prom. inicial de 50 hab/Ha.: $6132 - 1200 = 4932$

Área de expansión con 50 hab/Ha 98.64 Ha.

Área de expansión total requerida 2010: 102.64 Ha.

4.4.6 Año 2025

Considerando que para este horizonte se podría contar con nuevas habilitaciones urbanas multifamiliares promovidas por el Estado o el sector privado en una extensión que complete el 10% del

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

área de habilitación nueva acumulada hasta el año 2025, con una densidad bruta de 300 hab/Ha., se podría tener el siguiente panorama:

a) Hipótesis 1

Pob. estimada	148,989 habitantes
Pob. a absorber por el casco urb. de 1993:	102,001 hab.
Pob. a ser absorbida por densificación de áreas de expansión del año 2000 y del 2010 y por habilitación de nuevas tierras:	46,988 habitantes
Pob. 1993	74085
Increment.Pob. 2000 casco urbano	5098
Increment.Pob. 2010 casco urbano	10318
Increment.Pob. 2025 casco urbano	12500
	102001
Pob. en áreas nuevas del 2000 a densidad bruta prom. de 100 hab/Ha	$277,80 \times 100 = 27780$
Pob. en áreas nuevas del 2010 a densidad bruta prom. de 80 hab/Ha	$102,78 \times 80 = 8,222$
Pob. en áreas nuevas del 2010 a densidad bruta de 300 hab/Ha.	1200
	37202
Pob. est. 2025	148989
Pob. áreas nuevas 2025	$148989 - (102001 + 37202)$ $= 9,786$
Pob. en áreas nuevas con densidad bruta de 300 hab/Ha.	1800
Área de expansión con 300 hab/Ha.	6 Ha.
Pob. en áreas nuevas al 2025 con densidad bruta prom. inicial de 50 hab/Ha.	$9786 - 1800 = 7986$

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Área de expansión con 50 hab/Ha $7986/50 = 159,72$ Ha.

Área de expansión total requerida 2025: 165,72 Ha.

b) Hipótesis 2

Pob. estimada por el INEI 149,090 habitantes.

Pob. a absorber por el casco urb. de 1993: 102,001 hab.

Pob. a ser absorbida por densificación de áreas de expansión del año 2000 y del 2010 y por habilitación de nuevas tierras 47089 habitantes.

Pob. 1993 74085

Increment.Pob. 2000 casco urbano 5098

Increment.Pob. 2010 casco urbano 10318

Increment.Pob. 2025 casco urbano 12500

102001

Pob. en áreas nuevas del 2000 a densidad bruta prom. de 100 hab/Ha : $280,2 \times 100 = 28020$

Pob. en áreas nuevas del 2010 a densidad bruta prom. de 80 hab/Ha : $97,44 \times 80 = 7795$

Pob. en áreas nuevas del 2010 a densidad bruta de 300 hab/Ha. 1200

37015

Pob. est. 2025 149090

Pob. áreas nuevas 2025 $149090 - (102001 + 37015) = 10,074$

Pob. en áreas nuevas con densidad bruta de 300 hab/Ha. 1800

Área de expansión con 300 hab/Ha. 6 Ha.

Pob. en áreas nuevas al 2050 con densidad bruta prom. inicial de 50 hab/Ha. $10074 - 1800 = 8274$

Área de expansión con 50 hab/Ha $8274/50 = 165,48$ Ha.

Área de expansión total requerida 2025 171,48 Ha.

c) Hipótesis 3

Pob. estimada	149,173 habitantes
Pob. a absorber por el casco urbano de 1993	102,001 habitantes
Pob. a ser absorbida por densificación de áreas de expansión del año 2000 y del 2010 y por habilitación de nuevas tierras:	47,172 habitantes.
Pob. 1993	74085
Increment.Pob. 2000 casco urbano	5098
Increment.Pob. 2010 casco urbano	10318
Increment.Pob. 2025 casco urbano	12500
	102001
Pob. en áreas nuevas del 2000 a densidad bruta prom. de 100 hab/Ha	$281,70 \times 100 = 28170$
Pob. en áreas nuevas del 2010 a densidad bruta prom. de 80 hab/Ha	$98,64 \times 80 = 7891$
Pob. en áreas nuevas del 2010 a densidad bruta de 300 hab/Ha.	1200
	37261
Pob. est. 2025	149173
Pob. áreas nuevas 2025	$:149173 - (102001 + 37261) = 9,911$
Pob. en áreas nuevas con densidad bruta de 300 hab/Ha.	1800
Área de expansión con 300 hab/Ha.	6 Ha.
Pob. en áreas nuevas al 2025 con densidad bruta prom. inicial de 50 hab/Ha.	$9911 - 1800 = 8111$
Área de expansión con 50 hab/Ha	$8111/50 = 162,22$ Ha
Área de expansión total requerida 2025:	168,22 Ha.

4.4.7 Localización y descripción de los criterios de definición de las áreas de expansión para los años 2000, 2010 y 2025

De lo observado se puede concluir que las cifras que arrojan las distintas hipótesis de expansión urbana consideradas son bastante cercanas y para el caso de la localización de las mismas se tomarán las siguientes:

Considerando los porcentajes hipotéticos de distribución de la población por estratos, esto es, 4% a 5% en el estrato alto relativo, 18% a 20% en el estrato medio relativo y 78% al 75% en el estrato bajo relativo, se tendrá la distribución del total de hectáreas a habilitar; que se muestra en el Cuadro 4.8

Este cuadro ha sido elaborado sobre la base del análisis presentado en el numeral 1.5 y la información disponible en el Cuadro 4.7

Cuadro 4.7 Proyección de la expansión urbana, densidad y área ocupada

PERIODO	ÁREA (Ha)	DENSIDAD BRUTA (hab/Ha)	ÁREA ACUMULADA (Ha)
1993-2000	280	50	280
2000-2010	98	50	378
	4	300	382
2010-2025	165	50	547
	6	300	553
TOTAL	553		

Cuadro 4.8 Distribución hipotética de las hectáreas de habilitación nueva por estratos socio-económicos

PERIODO	ÁREA TOTAL (Hectáreas)	ÁREA POR ESTRATOS SOCIOECONÓMICOS		
		ALTO	MEDIO	BAJO
1993-2000	280	14	56	210
2000-2010	98	8	18	72
	4	4		
2010-2025	165	10	37	118
	6	6		
	553	42	111	400

5. DIAGNOSTICO Y EVALUACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema de agua potable de Tumbes incluye los siguientes elementos componentes:

Fuentes:

Río Tumbes, se capta 276 l/s para la planta N° 3 y 84 l/s para las otras plantas.

Pozo El Mirador - No está conectado al sistema, caudal 25 l/s.

Pozo Puyango, aporta con 16 l/s a la zona de Nuevo Tumbes.

Pozo Tudela - arenado y fuera de uso.

Pozo Puerto Pizarro, aporta con 25 l/s exclusivamente para Puerto Pizarro y la zona del Aeropuerto.

Captación del Río Tumbes.

Conducción hacia Plantas de Tratamiento.

Tubería de acero negro sch. 40 Ø 20"

Plantas de Tratamiento con sus estaciones de bombeo.

Conducción desde las Plantas de Tratamiento hacia el Reservorio El Tablazo y hacia la red de distribución.

Reservorios:

El Tablazo de 2500 m³.

El Mirador de 1000 m³; no está conectado al sistema.

Cisterna de 60 m³ con su estación de rebombeo en las Malvinas.

Reservorio Lishner Tudela de 1000 m³ de Nuevo Tumbes, conectado al pozo arenado de Tudela.

Reservorio de 550 m³ de Nuevo Tumbes.

Reservorio de 1000 m³ de Puerto Pizarro.

Reservorio del cuartel El Tablazo de 450 m³ (sirve exclusivamente para el cuartel).

Redes:

La red de distribución de Tumbes Antiguo e Intermedio.

La red de Las Malvinas.

La red Nuevo Tumbes.

La red de Puerto Pizarro.

El agua tratada del Río Tumbes por la planta N° 3 abastece a las zonas de Tumbes Antiguo (zona centro) y Tumbes Intermedio (A.H. 24 de Junio, Las Malvinas, etc.). La zona de Nuevo Tumbes cuentan con abastecimiento mixto del Río Tumbes y Pozo Puyango. El Pozo Puerto Pizarro es fuente única de abastecimiento para la localidad de Puerto Pizarro y aeropuerto.

Los elementos mencionados se encuentran representados en el plano TAP 5-1 (esquema de sistema de agua potable de Tumbes).

5.1 CAPTACIÓN

5.1.1 Datos Generales

La fuente de abastecimiento de agua cruda para la ciudad de Tumbes es el río Tumbes. La captación se ubica en la margen derecha del río con un muro de contención y dos tuberías de succión de Ø16" cada una; en épocas de lluvia el río tiene mucho material en suspensión y elevada turbidez que dificulta las operaciones.

De acuerdo a la información hidrológica obtenida en el SENAMHI, se presenta en el anexo 5.1-1 los caudales del río Tumbes en el Puente Tumbes, en donde se observa un mayor caudal de 3000 m³/s en 1952-1953 y un menor caudal de 7 m³/s en 1967-1968.

En el anexo 5.1-2 se presenta las descargas medias mensuales para el período 1963-1994 de la estación El Tigre y en el anexo 5.1-3 los valores característicos de escorrentía para el año 1994 y para el período 1963-1994 en la estación El Tigre, obtenidos de informe del proyecto Puyango-Tumbes; observándose una descarga mínima de 5.6 m³/s para el 07-12-1968 y un máximo maximorum de 3712.5 m³/s para el 05-02-1983.

En el anexo 5.1-4 se presenta la variación mensual del caudal del río Tumbes en la estación El Tigre.

En conclusión, se puede indicar que el caudal del río Tumbes es suficiente para las necesidades de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Tumbes.

5.1.2 Datos técnicos de estación de bombeo de agua cruda

Cuadro 5.1 Equipo de bombeo de agua cruda (datos según EMAPA TUMBES)

Bomba Nº	Caudal Nominal l/s	ADT m	Tipo de Motor	Potencia Nominal HP	Funcionamiento h/d
1	350	27	eléctrico horizontal	150	18
2	290	27	eléctrico horizontal	150	fuera de servicio

5.1.3 Diagnostico y verificación de Sub Programa B

- Los datos que se indican en el cuadro 5.1 guardan relación con las mediciones y aforos de caudales realizados que se muestran en el cuadro 5.2. Con relación a la ADT esta se encuentra también dentro del rango aceptable ya que el nivel mínimo de succión de la bomba está al rededor de 1.70 msnm y el nivel de llegada a la planta es de 16.69 msnm, es decir que existe una diferencia de niveles de orden de 15 m entre ambos puntos.
- El equipo No 2 no funciona desde hace varios meses debido a que el motor eléctrico fue desmontado y hasta la fecha no ha sido colocado.

Como se indicó en el cuadro 5.1 el funcionamiento del equipo No 1 es de 18 hr/d como máximo, habiendo días en que es menor por interrupciones del servicio eléctrico público, que es cuando se hace funcionar el grupo electrógeno de emergencia que tiene la Planta, el cual también no puede funcionar las horas necesarias por motivos económicos.

- El tubo de succión de la bomba es de diámetro de 16" de \varnothing . La velocidad de succión está dada según el caudal que absorbe la bomba, puede sobrepasar la velocidad de 3 m/s cuando el caudal es mayor de 400 l/s.

No existe medidor de caudal para el agua cruda.

El Consultor realizó mediciones y aforos de caudal de agua cruda a la entrada de las Plantas.

En resumen se tiene:

Cuadro 5.2 Mediciones de caudal realizadas

Fecha	Caudal promedio (l/s)	Tipo de medición
01-03 Abril 96	400	Medidor ultrasónico (dinasonics)
08-13 Abril 96	428	Medidor ultrasónico (dinasonics)
22/04/96 al 09/05/96	360	Aforo volumétrico

Hay que indicar que la medición se realizó a la llegada de la planta por ser imposible colocar el medidor ultrasónico a la salida de la bomba o en un punto cercano, por estar dicho tramo de tubería en zona pavimentada.

El Sub Programa B ha considerado lo siguiente:

- Adquirir e instalar un equipo completo de bombeo de agua.
- Adquirir e instalar un macromedidor para tubería Ø 20".
- Se ha encontrado conforme estas medidas.

5.1.4 Optimización

En la captación se recomienda:

- Mejorar las tuberías de succión, protegiéndolas con mallas metálicas sujetas a barras de fierro colocadas en la pared ó con un muro transversal a la corriente del río previo estudio estructural realizado por un especialista.

5.1.5 Calidad del agua

Se han efectuado pruebas de calidad de agua cruda y tratada.

En los anexos siguientes se incluyen los resultados.

Anexo N° 5.3.5-1(A), los los gráficos de turbidez de agua cruda ejecutados por EMAPA TUMBES.

Anexo N° 5.3.5-1(B), los gráficos de alcalinidad de agua cruda ejecutados por EMAPA TUMBES.

Anexo N° 5.3.5-1(C), los gráficos de pH de agua cruda ejecutados por EMAPA TUMBES.

Anexo 5.3.5.2(A), resultados de análisis físicos-químicos del agua cruda de la captación (río Tumbes), realizados por la Asociación Langostinera peruana de Tumbes.

Anexo N° 5.3.5.2(B), resultados de análisis físicos-químicos del agua tratada en la cisterna N° 1 de las plantas N° 1 y N° 2 realizados por la Asociación Langostinera peruana de Tumbes.

Anexo 5.3.5-2(C), resultados de análisis físicos-químicos del agua tratada en la cisterna N° 2 de las plantas N° 1 y N° 2 realizados por la Asociación Langostinera peruana de Tumbes.

Anexo 5.3.5.3, resultados de análisis bacteriológicos (coliformes fecales) y biológicos (recuentos de algas y helmitos) realizados en el agua cruda (captación del río Tumbes), en los tanques de sedimentación y en las cisternas de agua tratada de la Planta ejecutados por la Universidad Nacional de Tumbes.

Anexo 5.3.5.4, resultados analíticos físicos y químicos de agua cruda y tratada en las distintas etapas de tratamiento realizadas el 27 de Marzo de 1996.

De acuerdo a dichos análisis se deduce que el agua cruda (rio Tumbes) tiene relativamente poca contaminación fecal y parasitológica; considerando además las características físicas y químicas, se puede decir que es un agua que para su potabilización requiere un tratamiento completo por métodos convencionales.

Hay que indicar sin embargo que en algunas muestras de agua tratada analizadas de las cisternas, se observa pequeñas concentraciones colifecales, que estarían indicando actualmente que el tratamiento no es del todo eficiente, resultado de una mala operación y de las deficiencias que se tiene actualmente en los equipos, instrumentos e instalaciones en general de la Planta, como están indicados en los ítems respectivos, al analizar su funcionamiento.

Con fecha 27 de Marzo de 1996 el consultor volvió a tomar muestras de agua en las distintas etapas del tratamiento (ver anexo 2.3.5.4), observándose que el agua filtrada en la planta No 3 es de mejor calidad que el agua filtrada en las plantas No1 y No 2, las que estan trabajando deficientemente y que en el Sub programa B está considerando sus rehabilitaciones.

5.2 LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA

5.2.1 Datos Generales

La conducción existente está compuesto por tuberías de Asbesto Cemento Ø 20" con una longitud de 235 m. en cuyo extremo hay una transición de A.C. a acero para continuar la línea con tubería de acero con una de longitud de 110 m. hasta la descarga en la Planta de Tratamiento de agua a una cámara que posee dos vertederos rectangulares metálicos de 3/16" (de espesor). El vertedero situado en el nivel mayor descarga al canal que conduce el agua a los pre-sedimentadores de la Planta N° 3 (nueva), y el otro conduce al floculador de la Plantas N° 1 y No 2 (viejas).

5.2.2 Datos técnicos

Las características de la línea de conducción son:

Longitud Total	345 m
Material	235 m tubería A.C. 110 m. tuberías de acero con uniones de bridas

Diámetro	20 pulgadas
Edad de la línea	10 años

5.2.3 Diagnostico y verificación del sub programa B

Los aforos realizados por el Consultor (ver cuadro 5.3) nos indican que las velocidades en la línea de conducción se estima adecuadas y son las siguientes:

Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
360	1.78
400	1.97
428	2.11

Debe indicarse que a la salida de la bomba fue imposible colocar el medidor ultrasónico por la estrechez del área, de igual modo como la línea pasa por el malecón y por el cuartel militar que son sectores pavimentados con concreto, tampoco fue posible colocar el medidor. Como ya se indicó, las mediciones se realizaron a la entrada de la Planta.

En la inspección realizada no se ha detectado ningún indicio de fuga de agua, teniendo presente además que la línea tiene poco tiempo de instalación y la parte que se encuentra descubierta (de acero) sólo presenta algunos rasgos externos de corrosión.

5.2.4 Optimización

Se recomienda:

Proteger la tubería de acero que está expuesta, con pintura anticorrosiva, y colocar algunos dados de concreto por protección.

5.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

5.3.1 Tratamiento

Existen tres plantas que se denominan:

- Nº 1 Planta más antigua
- Nº 2 Planta adicional a la más antigua
- No 3 Planta nueva

Todas las Plantas de tratamiento funcionan 17 horas diarias.

En las Plantas se producen algunas pérdidas de agua que se notaron al inspeccionar las distintas líneas de desagüe de las unidades de pre sedimentación, floculación, sedimentación y filtración. Las mediciones de campo realizadas por el Consultor se indican en la tabla siguiente:

Cuadro 5.3 Aforo de los caudales de entrada y salida de la Planta nueva (No 3) y las Plantas antiguas (No 1 y No 2) en l/s

Fecha	Planta Nueva (Nº 3)		Plantas Antiguas (Nº 1 y Nº 2)	
	Caudal agua cruda	Caudal agua tratada	Caudal agua cruda	Caudal agua tratada
22/04/96	276.5	246.2	84.2	80.9
23/04/96	277.4	247.5	85.15	83.3
25/04/96	273	248.6	82.1	76.9
27/04/96	275.5	246.9	82.9	80.2
29/04/96	274.8	249.5	84.5	81.4
04/05/96	278.82	245	84.8	82.2
06/05/96	276.5	247	85.9	80.5
09/05/96	276.2	250.5	85.1	77.5
Total	2208.72	1981.2	674.65	642.8
Promedio	276	248	84	80

Caudal total de agua cruda : $276 + 84 = 360$ l/s

Caudal total de agua tratada : $248 + 80 = 328$ l/s

Planta Nueva (No 3)

Plantas Antiguas (No 1 y No 2)

Se capta = $1981.20/2208.72 \times 100$

aprox = 90%

Existiendo pérdida de: 10%

Se capta = $642.8/674.65 \times 100$

aprox = 95%

Existiendo pérdida de: 5%

La medición del ingreso de agua cruda a cada Planta se determinó después del vertedero de repartición hacia las distintas plantas; en la Planta Nº 3 se han llenado volúmenes de diferentes estructuras (bandeja del canal de ingreso, tanque sedimentador, cisterna de 1000 m³) las cuales fueron previamente cubiertas, para luego llenarlas en un determinado tiempo. Las mediciones en las plantas Nº 1 y Nº 2 se realizaron en la entrada con el medidor ultrasónico y en la salida mediante aforos volumétricos (en la primera cisterna de 280 m³).

En conclusión las pérdidas se producen mayormente, por el mal estado de las válvulas y compuertas que controlan la entrada y salida de los tanques. Estos accesorios serán rehabilitados con obras del Sub Programa B, por lo que consideramos que las Plantas no tendrán pérdidas. Tan

sólo se utilizará agua para usos normales, como en el lavado de los filtros y de tanques (estos últimos en forma esporádica).

En la Planta N° 3, hay que indicar que la cantidad de agua aforado como desperdicio es alrededor del 5% del agua tratada en el lavado de los filtros, cantidad considerada en el 10% de desperdicios de dicha Planta.

5.3.1.1 Datos Generales

Plantas de Tratamiento N° 1 y N° 2 (viejas)

La capacidad nominal de estas dos Plantas antiguas en conjunto es de 110 l/s. inicialmente se tuvo la Planta N° 1 con una capacidad nominal de 30 l/s (sistema Wheeler), consistente en: Un tanque floculador de pantallas de flujo horizontal, dos tanques de sedimentación y tres filtros rápidos de arena, desinfección con cloro, un tanque elevado para lavado de filtros, un reservorio enterrado y una estación de bombeo con dos equipos. Posteriormente se hizo la Planta N° 2, con una capacidad nominal de 80 l/s, consistente en una planta compacta con un clarificador Pulsator y tres filtros Aquazur (tecnología Degremont) y se adicionó un tercer tanque de sedimentación y una cisterna de 280 m³.

Planta de Tratamiento N° 3 (Nueva)

Está diseñada para un caudal nominal de 220 l/s. Se compone de dos unidades de sedimentación, una caja cilíndrica para la mezcla rápida, dosificadores de cal y sulfato de alúmina, dos baterías de floculadores de dos unidades cada uno, cuatro sedimentadores y ocho filtros rápidos convencionales de arena

5.3.1.2 Datos Técnicos

Planta de Tratamiento N° 1 y N° 2

a) Mezcla rápida y dosificación de reactivos químicos

La mezcla rápida se realiza a la entrada del floculador aprovechando la fuerza hidráulica de llegada del agua cruda

Los equipos dosificadores tienen las siguientes características:

-Tipo	volumétrico en seco
- Marca	Infilco
- Capacidad	16 kg/hr
- Punto de aplicación	inicio del floculador

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Punto de aplicación inicio del floculador

b) Floculación

Es de funcionamiento hidráulico con pantallas de flujo horizontal de 14m de largo, 4m de ancho y 1m de profundidad en promedio.

c) Sedimentación

Se dispone de tres unidades de 13.50m de largo, 4m de ancho y 3m de profundidad promedio con válvulas y compuertas; la evacuación de lodos se realiza por gravedad; no posee sistema de lavado a presión, razón por la cual éste se realiza en forma manual y esporádica.

Aún cuando la Planta trabaja sobrecargada, los tanques tienen una eficiencia regular, más teniendo presente que el agua de estos pasa directamente al clarificador "Degremont", ya que no funcionan los filtros Wheeler de esta Planta.

d) Unidades compactas

Hay un clarificador Degremont en donde se realizan los procesos de floculación y sedimentación de manera acelerada. Con una capacidad de tratamiento de 80 l/s y cuyas dimensiones son 12 m de largo, 12m de ancho y 3.90m de profundidad promedio. La evacuación de fangos se realiza manualmente debido a que las dos bombas de funcionamiento al vacío utilizadas para la limpieza de fangos (marca Hibon type P2) se encuentran malogradas.

e) Filtración

Consta de dos baterías de tres unidades cada una. La primera fue diseñada con tecnología Wheeler (2.6 m X 3 m) y la otra de tecnología Degremont (filtros Aquazur), ambas de concreto armado.

Datos técnicos	Planta N° 1	Planta N° 2
Cantidad de unidades	03	03
Patente	Wheeler	Aquazur
Dimensiones	2.6 x 3 m.	7.6 x 2.6 m.
Material de construcción	concreto armado	concreto armado
Material filtrante	No tiene	arena, 0,3 m.en una unidad y arena, 0.1 m. En las otras dos
Drenaje	Conos con bolas	Toberas
Funcionamiento	No funcionan	Malo

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Se tiene instrumentos de medición de pérdida de carga por cada filtro:

-Marca	:	Builders (Planta antigua) y Degremont (ampliación)
-Tipo de transmisor	:	péndulo con receptores de lectura directa
-Funcionamiento	:	malo

Los filtros Degremont por su diseño no requieren de instrumentos para medición de rata de flujo de agua filtrada. En la Planta N° 1 cada filtro tiene su propio medidor (Builders con receptores de lectura directa) pero no funcionan.

No existe lavado superficial, no se requiere.

El suministro de agua de lavado viene por bombeo directo. La capacidad de las cisternas enterradas de 280 m³ cada una, situadas a tres metros del nivel de los filtros y a 40 metros de distancia de ellos. Para el lavado se utilizan los equipos de bombeo de agua tratada a la ciudad, mediante una línea adicional que va a los filtros (operación simultánea de bombeo a la ciudad y a los filtros). Existe además lavado por aire en los filtros Degremont, para lo cual utilizan un compresor marca CEM-HIBON de 14.7 kW que se encuentra operativo.

Planta de Tratamiento N° 3 (Nueva)

a) Presedimentadores

Consta de dos unidades de 30m de largo, 10m de ancho y 3.5m de profundidad promedio.

b) Mezcla rápida y dosificadores de sustancias químicas

La cámara de mezcla rápida se realiza en el tanque cilíndrico de concreto de diámetro 1.40 m y altura 1.40m con agitador electromecánico vertical de buen estado y funcionando regularmente.

Se tiene dos dosificadores de sulfato de alúmina, de los cuales uno no funciona por desperfectos. Los dos son de alimentación volumétrica, en seco, con tornillos sin fin, marca Wallace & Tiernan con capacidad de 117 kg/h y su punto de aplicación es la cámara de mezcla rápida.

Existen dos unidades dosificadoras de cal marca Wallace & Tiernan de alimentación en seco volumétrico, con tornillo sin fin con capacidad de 50 kg/h, con cámara de dilución y agitador. Tiene su punto de descarga en la mezcla rápida

c) Floculación

Existen dos baterías para la floculación con dos unidades cada una. Las dimensiones de cada floculador son 17m de largo, 3m de ancho y 3m de profundidad promedio. Son floculadores de flujo vertical, con pantallas de asbesto cemento corrugadas (81 baffles), algunas pantallas se encuentran en mal estado y necesitan ser cambiadas

d) Sedimentación

Se cuenta con cuatro unidades de sedimentación de 20m de largo, 3m de ancho y 3.50m de profundidad promedio cada una; evacúan sus lodos por gravedad con tolvas y válvulas compuerta, poseen sistema de lavado a presión. Cuando es necesaria la purga, ésta se realiza con válvulas de accionamiento manual.

e) Filtración

El proceso de filtración se realiza a través de ocho filtros rápidos convencionales de 4.5 m X 4.5 m de concreto armado y diseñada para trabajar con espesores de 0.75 m de arena y 0.40 m de grava. Drenaje con conos de bolas y tuberías perforadas (en cuatro unidades). Tiene cinco válvulas manuales tipo compuerta por cada filtro. Los filtros tienen instrumentos para medición de pérdida de carga marca Leopold con transmisor tipo péndolo de lectura directa. Cada filtro cuenta con instrumentos para medición de rata de flujo de agua filtrada marca Leopold con transmisor tipo péndolo y receptores de lectura directa.

Se cuenta con un medidor de agua de lavado tipo Venturi, marca Leopold.

El suministro de agua de lavado es por gravedad a través de un tanque elevado de concreto con 90 m³ de capacidad, situado a 20 metros del nivel de los filtros y a cinco metros de distancia de ellos. Para el bombeo al tanque elevado se aprovecha el suministro de agua a la ciudad mediante una línea adicional (by pass).

En el plano TAP-5-3 se presenta la ubicación de las plantas N°1, N°2 y N° 3.

5.3.1.3 Diagnóstico y Verificación del Sub Programa B

Plantas N° 1 y N° 2

Los tres filtros Wheeler se encuentran inoperativos; los tres filtros Aquazur funcionan defectuosamente, se requiere una rehabilitación general de los filtros; debe darse prioridad a la reposición del medio filtrante, considerado en el sub programa B.

Como no existe tanque elevado y los filtros Aquazur tampoco tienen instrumentos, se hace necesario la instalación de un instrumento de medición de agua para lavado de filtros.

De acuerdo a los últimos aforos realizados (ver cuadro 5.2), el caudal promedio de agua cruda que entra a las plantas N° 1 y N° 2 es de 84 l/s pero como no trabajan los filtros de la Planta N° 1, prácticamente todo el agua pasa a la Planta N° 2 en el que los filtros trabajan deficientemente y desde luego el agua filtrada caudal de 80 l/s promedio no es de calidad aceptable ya que la turbidez sobrepasa los límites normales permisibles (ver anexo 5.3.5.4).

Planta de Tratamiento N° 3

De acuerdo a los últimos aforos realizados (ver cuadro 5.2), el caudal promedio de agua cruda que entra a esta planta es de 276 l/s, y el caudal promedio de agua filtrada que entra a los reservorios de

248 l/s, que de acuerdo a los datos de turbidez a la entrada de los filtros (ver anexo 5.3.5.4 análisis del 27/03/96) se encuentra con una calidad aceptable.

a) Pre-sedimentadores

En épocas de lluvia, cuando la turbidez es elevada, su rendimiento disminuye por la elevada acumulación de fangos, recomendándose un control permanente, operando las válvulas de evacuación de fangos de frecuencia necesaria. Es necesario estudiar la posibilidad de añadir sustancias químicas y/o polielectrolitos coagulantes para acelerar la precipitación de los materiales disueltos en épocas de elevada turbidez. La tasa superficial (nominal) de 31.68 m³/d/m² se encuentra aceptable.

b) Mezcla rápida y dosificadores de sustancias químicas

El periodo de retención en la cámara de mezcla rápida es muy corto (10 segundos, lo normal es entre 30 y 60 segundos) para una adecuada coagulación. El único equipo dosificador de sulfato de alúmina que funciona tiene corroída la paleta del agitador de la cámara de dilución; dicho equipo además tiene problemas de obstrucción debido al material grueso (alúmina grado B) que se utiliza, recomendándose se utilice material con una granulometría menor, como alúmina grado A.

Los dos equipos dosificadores de cal se encuentra fuera de servicio por lo que la dosificación de cal se realiza de manera empírica utilizando un pequeño cilindro de A.C. con agitador manual.

c) Floculadores

En general el estado de las unidades es aceptable con algunas pantallas deterioradas tanto así como válvulas y compuertas, su rehabilitación está considerado dentro del sub-programa B.

d) Sedimentadores

En general las estructuras se encuentran en buen estado y solo las válvulas de limpieza requieren mantenimiento, la tasa superficial (nominal) de 79.2 m³/m²/d se encuentra aceptable.

e) Filtros

Los filtros han perdido arena, ahora se tiene 0.50 m de arena y 0.40 m de grava. Todos los filtros se encuentran operando, pero no se conoce su rendimiento ya que ninguno de sus instrumentos funcionan. La tasa de filtración (nominal) de 117.33 m³/m²/d, es aceptable. De las válvulas de esta unidad, solo dos operan satisfactoriamente y el resto en forma deficiente, se requiere mantenimiento general de las válvulas con cambio de empaquetadura y ajustes.

Los instrumentos de pérdidas de carga no funcionan.

Los instrumentos de medición de rata de flujo de agua así como el medidor de agua de lavado no funcionan.

Las instalaciones para el sistema de lavado superficial es incompleta. De ocho filtros, solo existen en cuatro de ellos tomas para el empalme de los equipos a instalar.

El canal recolector de desagüe requiere mejoramiento general para facilitar la evacuación cuando se lavan los filtros, lo que está considerado en el programa de rehabilitación en proceso de ejecución.

5.3.1.4 Optimización

Plantas de Tratamiento N° 1 y N° 2

Se recomienda lo siguiente:

- Adquirir e instalar un equipo completo para la aplicación de polielectrolitos al agua cruda, que servirá para las tres plantas.
- Adquirir e instalar dos equipos desfangadores para el clarificador Degremont.
- Desmantelar los filtros Wheeler, para una revisión general y considerar su reparación y/o cambio de los instrumentos para la medición de la rata de flujo de agua filtrada.

- Adquirir un equipo auxiliar completo para cloración.

Planta de Tratamiento N° 3

Se recomienda:

- En los presedimentadores, la construcción de la pantalla reductora de velocidad, modificación de las entradas (con aberturas 0.40m x 0.40m), construcción de canaletas interiores para recolección de agua sedimentada, ensanchamiento del canal de salida hacia la caja de mezcla rápida.
- En la mezcla rápida, ajustes en el tablero eléctrico de control para evitar las interrupciones bruscas en el funcionamiento del mezclador en el tanque de mezcla rápida. Un estudio especial con pruebas de laboratorio, con coagulantes, polielectrolitos, etc. se requiere para determinar la ampliación de la cámara.
- En los dosificadores, el desmontaje para revisión general y considerar la reparación total o renovación de la segunda unidad dosificadora de sulfato de alúmina igual procedimiento se necesita realizar en los equipos dosificadores de cal.
- En la filtración, realizar la rehabilitación (mantenimiento) general de toda las válvulas y de todo los instrumentos de los filtros, los cuales no funcionan por falta de piezas y accesorios. Se requiere una rehabilitación del medio filtrante (arena) que no tiene el espesor del diseño.

5.3.2 Cloración

5.3.2.1 Datos Generales

No existe pre cloración en las plantas de tratamiento de agua potable, sólo hay post cloración.

5.3.2.2 Datos Técnicos

Plantas de Tratamiento No 1 y No 2

-Cantidad de equipos	01
-Marca	Sonix
-Modelo	100
-Capacidad	100 lbs/día

Planta de Tratamiento No 3

-Cantidad de equipos	.	01
-Marca		Sonix
-Modelo	.	100
-Capacidad	.	100 lbs/día

5.3.2.3 Diagnóstico y Verificación del Sub Programa B

En las plantas se aplica cloro de acuerdo a la dosificación que se indica a continuación:

Plantas de Tratamiento N° 1 y N° 2

-máxima	.	1.5 ppm
-mínima		0.5 ppm
-más frecuente		1.0 ppm
-aplicación		En solución, al primer reservorio de 1000 m ³

Planta de Tratamiento No 3

-máxima	.	1.5 ppm
-mínima	.	0.5 ppm
-más frecuente		1.0 ppm
-aplicación		En solución, al primer reservorio de 1000 m ³

Se está aplicando solución de hipoclorito de calcio, (30% de cloro libre) de manera empírica, directamente a uno de los reservorios de agua tratada de 1000 m³.

El sub programa B contempla la adquisición de un clorador.

5.3.2.4 Optimización

- Los cloradores de las plantas requieren permanente limpieza y mantenimiento. Se recomienda la adquisición de un clorador adicional para la planta No 3.
- - En las Plantas de Tratamiento de Tumbes se necesita de estudios de laboratorio (demanda de cloro) para determinar la bondad y costo de la aplicación de pre-cloración (en el agua cruda que ingresa a las plantas).

5.3.3 Reservorios

5.3.3.1 Datos Generales

Existen dos pequeños reservorios, que son alimentados desde la planta antigua y dos grandes que son alimentados desde la planta nueva.

5.3.3.2 Datos Técnicos

En las plantas No 1 y No 2 se tienen dos reservorios enterrados (cisternas) de concreto armado para el almacenamiento de agua tratada, de 280 m³ c/u, que también se utilizan para el retrolavado; mediante los cuales se abastece a las localidades de la Cruz y Corrales.

En la planta No 3 se tiene dos reservorios apoyados de concreto armado para el almacenamiento de agua tratada, de 1000 m³ c/u que se utilizan para el bombeo de agua potable a la ciudad de Tumbes y al tanque elevado para el retrolavado de los filtros de la planta No 3.

5.3.3.3 Diagnóstico y Verificación del Sub Programa B

De las inspecciones realizadas por el Consultor se indica: Las cisternas de las plantas No 1 y No 2 se encuentra en condiciones aceptables.

El reservorio No 1 (más antiguo) de la planta No 3 presenta exteriormente humedad debido al desgaste de las paredes internas, así mismo las bocas de inspección y limpieza son muy estrechas y la caja de salida (rebose) presenta represamiento que puede comprometer al agua potable contenida en este reservorio.

En el Sub programa B solo se ha considerado la interconexión del reservorio nuevo de 1000 m³ de la planta No 3 con las cisternas de las plantas No 1 y No 2.

5.3.3.4 Optimización

El reservorio más antiguo (No 1) de la planta de tratamiento No 3 de agua potable requiere la reconstrucción y acondicionamiento de las bocas de inspección y limpieza; de igual manera similares trabajos en la caja de salida de rebose para asegurar la calidad del agua potable contenida en él.

5.3.4 Estaciones de Bombeo de Agua Potable

5.3.4.1 Datos Generales

Hay dos estaciones de bombeo, la No 1 (cerca a la segunda cisterna de 280 m³) para el abastecimiento de las localidades de La Cruz y Corrales, que toma agua de la segunda cisterna de las plantas No 1 y No 2; la otra estación de bombeo ubicada entre los reservorios de 1000 m³, para el abastecimiento a la ciudad de Tumbes, que toma agua de ambos reservorios de 1000 m³.

5.3.4.2 Datos Técnicos

Cuadro 5.4 Estación de bombeo de agua tratada de las plantas No1 y No 2 (Datos de placa)

Bomba Nº	Caudal Nominal l/s	ADT m	Tipo de Motor	Potencia Nominal HP	Funcionamiento h/d
1	30	60	eléctrico horizontal	60	18
2	40	70	eléctrico horizontal	90	18

Fuente informativa: EMAPA TUMBES (para el suministro de agua a La Cruz y Corrales).

Cuadro 5.5 Estación de bombeo de agua tratada de la planta No 3 (Datos de placa)

Bomba Nº	Caudal Nominal l/s	ADT m	Tipo de motor	Potencia Nominal HP	Funcionamiento h/d
1	70	50	eléctrico horizontal	100	18
2	70	50	eléctrico horizontal	100	en reparación
3	70	50	eléctrico horizontal	100	18
4	90	50	eléctrico horizontal	90	18
5	90	50	eléctrico horizontal	90	en reparación

Fuente informativa: EMAPA TUMBES (para el suministro de agua para Tumbes)

5.3.4.3 Diagnostico y Verificación del Sub Programa B

Se ejecutaron mediciones en el campo, que se presentan en el capítulo 2.4 (Distribución de agua potable).

Existe un medidor de hélice axial, marca Mc Crometer con bridas, en la línea hacia La Cruz, de diámetro 8", que se encuentra malogrado. En la línea hacia Corrales no hay medidor.

En la línea de conducción a la ciudad de Tumbes (entre los reservorios No 1 y No 2 de la planta No 3) existe un medidor de eje axial, marca Mc. Crometer con bridas, de diámetro de 24". De lo observado el medidor funciona deficientemente.

5.3.4.4 Optimización

- Se recomienda el desmontaje general de los equipos de bombeo para una revisión, reparación o cambio de equipos (bomba y/o motor) en forma alterada.

- Adquirir e instalar medidores de caudal de diámetro de 8" y de diámetro de 10" para la estación de bombeo N° 1 y una de diámetro 24" para la estación de bombeo N° 2.

5.3.5 Laboratorio

5.3.5.1 Datos Generales

Existe un ambiente para el laboratorio que sirve para las plantas No 1, No 2 y No 3 de 4 m. x 8 m.

5.3.5.2 Datos Técnicos

En éste laboratorio se realizan las determinaciones indicadas en el cuadro 5.6

Cuadro 5.6 Determinaciones de Laboratorio

Nº	ANALISIS	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL	NO SE SABE
1	Turbidez	X					
2	Color						X
3	Cloro residual	X					
4	pH	X					
5	Alcalinidad total	X					
6	Hierro y Manganeseo						X
7	Magnesio						X
8	Plomo						X
9	Cobre						X
10	Zinc						X
11	Dureza total		X				
12	Cloruros		X				
13	Sulfatos			X			
14	Fenoles						X
15	Sólidos totales disueltos	X					
16	Prueba de jarras						X
17	Prueba de saturación (ind. Saturac)						X
18	NMP gérmenes coliformes totales						X
19	NMP esteptococos fecales						X
20	Recuento de colonias						X
21	Parásitos (helminetos)						X
22	Arsénico						X
23	Otros (especificar)						X

5.3.5.3 Diagnóstico y Verificación del Sub Programa B

Se considera el laboratorio como insuficiente para las plantas.

5.3.5.4 Optimización

Se requiere:

- La renovación o implementación de instrumentos y equipos para análisis físicos, químicos, bacteriológicos y microbiológicos.
- Establecer un adecuado programa de control de calidad y supervisión.

5.3.6 Equipos de Comunicación

La empresa dispone de movilidad propia, es decir: camionetas, motocicletas, equipos de comunicación Handy para todo el personal operativo; así como de líneas telefónicas y fax.

5.3.7 Almacén

El almacén de sustancias químicas se ubica en uno de los ambientes del edificio de control con un área techada de 100 m² aproximadamente. Hay otros ambientes libres para el almacenamiento de otros materiales y combustible con una área de 50 m² aproximadamente. Actualmente el área total libre de la planta es muy reducida.

5.3.8 Grupos Electrónicos de Emergencia

Se cuenta con un equipo de emergencia de 450 kW y con 10 reservorios para almacenamiento de combustible de capacidades de 50 galones cada uno.

Se debe dotar de los suficientes recursos económicos para hacer funcionar éste equipo de manera continua, cuando se carece de energía eléctrica proveniente del servicio público.

5.3.9 Control y Supervisión de Disposiciones Dictadas

No existe un adecuado control de las actividades operacionales que se recomiendan realizar.

No hay un adecuado programa de mantenimiento de equipos e instalaciones en general. Los datos recopilados mediante encuestas carecen de confiabilidad (personal de EMAPA TUMBES) posiblemente a causa del cambio del personal que actualmente es nuevo. Se requiere de un adecuado control operacional y una supervisión acorde con la calidad de trabajo en ejecución, para lo cual se debe capacitar al personal.

5.4 DISTRIBUCIÓN

5.4.1 Descripción General

5.4.1.1 Area de servicio

En el área de servicio de EMAPATUMBES se han encontrado cuatro tipos de zonas de servicio

Cuadro 5.7 Area del estudio desglosado por tipo de servicio

Tipo	Descripción	Nombre	Area	%
1	Con red y agua	Varias	567,94 ha	77,8
2	Con red pero sin agua y abastecidas con cisternas ¹	Las Flores	3,05 ha	0,4
		Los Angeles y Jose Lisner II	23,03 ha	3,1
3	Con ejecución de obras de redes	Santa Rosa	35,14 ha	4,8
		Los Angeles	12,17 ha	1,7
4	Que no cuentan con redes de agua potable ²	Las Flores	3,50 ha	0,4
		Pampa Grande	19,45 ha	2,6
		Santa Rosa	35,14 ha	4,8
		Los Angeles	12,17 ha	1,7
		Villa Universitaria y Pueblo Libre	9,59 ha	1,3
		El Bosque	9,35 ha	1,3
		TOTAL		730,00 ha

¹ Estas áreas están sujetos para rehabilitación y eventuales extensiones

² Estas áreas serán previstas para extensión

La cobertura del servicio con respecto a población y conexiones se encuentra en el subcapítulo 5.4.3.1

5.4.1.2 Operación del sistema y aforos

5.4.1.2.1 Operación del sistema

Para la ubicación de los elementos mencionados remitirse al plano TAP-5-1

Para reducir los costos de producción, EMAPATUMBES ha tomado la decisión de no gastar energía eléctrica entre las horas 17:00 y 23:00, horas de punta del precio de la electricidad. En este sentido se ha firmado un contrato que estipula el corte de la corriente de EMAPATUMBES entre las horas mencionadas. En consecuencia el programa de operación de EMAPATUMBES es como sigue:

Tumbes antiguo:

- Bombas en la Planta de Tratamiento :

Arranque	entre 22:30 h y 23:30 h
Parada:	entre 17:00 h y 17:30 h

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Válvula Alicia[®] de 8":

Cerrada totalmente:	0:00 h
Abierta 8 vueltas:	4:00 h
Abierta 4 vueltas:	8:00 h
Abierta totalmente:	12:00 h

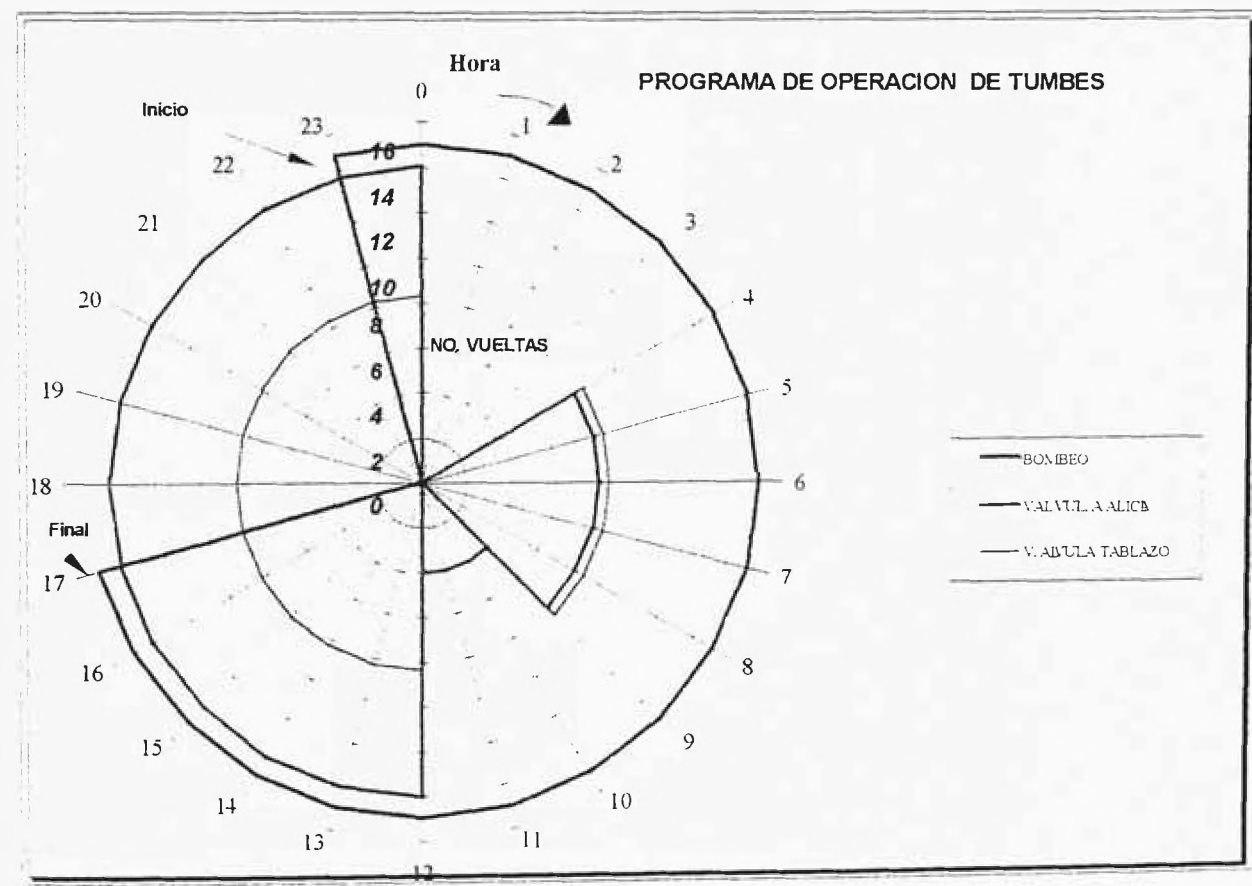
- 1) La válvula Alicia es la válvula compuerta que regula el caudal de bombeo directo a la red de distribución.

- Válvula de salida de 16" en la caseta de válvulas del reservorio de Tablazo

Cerrada totalmente:	0:00 h
Abierta 8 vueltas:	4:00 h
Cerrada totalmente:	9:00 h
Abierta 8 vueltas:	entre 11:30 h y 12:30 h

Para una mejor visualización del programa de operación hemos preparado el grafico reloj siguiente:

Figura 5-1: Gráfico de operación del sistema de Tumbes casco antiguo



En el gráfico de la Figura 5-1 el número de vueltas de las válvulas mencionadas se pueden leer del centro hacia el exterior del círculo del reloj.

Puerto Pizarro - Aeropuerto:

Cuadro 5.8 Programa de operación del pozo Puerto Pizarro

Bombeo		Válvulas abiertas	Válvulas cerradas	Distribución		Válvulas abiertas	Válvulas cerradas
inicio	final			inicio	final		
10:00	15:00	V17, V19, V21, V20, V22	V18	10:00	15:00	V19, V20, V21, V2	
15:00	20:00	V17	V18, V19, V20 V21, V22				V18, V19, V20 V21, V22
				6:00	15:00	V19, V20, V21, V22	

Vale la pena mencionar que la bomba de este pozo está sobredimensionada y la válvula V17 estrangula el flujo hasta 25 l/s, valor máximo de producción del pozo. Sin embargo el operador abre esta válvula más del número de vueltas permitidas para llenar más rápido el reservorio. El Consultor ha encontrado valores de flujos mayores desde 29 l/s hasta 35 l/s. Por esta razón se debe señalar el peligro de arenamiento del pozo Puerto Pizarro.

Los 25 l/s, 14 l/s se utilizan para el abastecimiento del Aeropuerto y de Puerto Pizarro. A veces 11 l/s se lanzan hacia Nuevo Tumbes y la cisterna de Las Malvinas

Puyango - Malvinas:

Cuadro 5.9 Programa de operación del Pozo Puyango

Bombeo		Válvulas abiertas	Válvulas cerradas	Distribución		Válvulas abiertas	Válvulas cerradas
inicio	final			inicio	final		
23:00	1:00	V13	V12	6:30	10:00	V23, V24, V25	
10:00	17:00	V13	V12	17:00	21:00	V23, V24, V25	

La producción del Pozo Puyango es de 16 l/s utilizados para el abastecimiento de Nuevo Tumbes y Malvinas.

5.4.1.2.2 Aforos y mediciones

Para la medición del flujo en diferentes puntos del sistema, se han excavado zanjas para descubrir el tubo e instalar el medidor ultrasónico.

En el plano TAP-5-1 se muestran las ubicaciones de los puntos de medición. La lista de las mediciones ejecutadas en varios días se encuentra en la tabla siguiente:

Cuadro 5.10 Mediciones de flujo en el sistema

PUNTO	Diámetro	Med. 1	Med. 2	Med. 3	Med. 4	Promedio
1	20"	426	429	430	434	428.3
2	8"	92.4	89	85.5	87	88.5
3	16"	154	162	157	152	156.3
4	16"	99	101	103	102	101.3
7	16"	138.4	139.6	140.5	141	140
8	16"	111.8	112.8	113.3	114	113
9	18"	533	298	248	230	*
10	18"	365	189.3			*
11	12"	157	91.65			*

* dependientes de la altura del agua en el reservorio el Tablazo (ver la Figura 5-2).

Las mediciones en los puntos 3 y 4 se realizaron en dos días diferentes con la válvula Alicia cerrada y la suma de los valores promedios de ellos es de 257.6 l/s. Las mediciones en los puntos 7 y 8 se realizaron durante varios días con la válvula Alicia cerrada y la suma de los valores promedios de ellos es de 253 l/s.

Para los puntos 5 y 6 se ubicó como único sitio donde no era necesario romper el pavimento el punto más alto del trayecto de los tubos. Se intentó efectuar mediciones pero obviamente por falta de válvula de purga no fue posible de realizarlas. Se intentó tres veces, pero como la distancia entre las zanjas era de 3m y el tránsito en la calle ha sido obstruido, se tuvo que tapar las zanjas sin resultados. El beneficio fue de constatar que los tubos se encuentran en buen estado físico, a una profundidad óptima y que la probabilidad de fugas entre la Planta de Tratamiento y el Reservorio el Tablazo es muy pequeña.

El punto de medición No.1 se encuentra en la tubería de aducción de agua cruda antes de llegar a la planta. En la planta de agua se ha ejecutado también una medición en la tubería de agua cruda

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

que abastece a la planta antigua para Corrales y La Cruz, con el fin de determinar el caudal que ingresa en la planta nueva de Tumbes. El día de la medición los caudales fueron: Planta antigua 110 l/s, Planta nueva 319 l/s y el total de 429 l/s.

Se han efectuado aforos en varios días midiendo el nivel del agua en los reservorios, con los siguientes resultados:

Reservorio El Tablazo:

Altura:	5.6 m
Díámetro:	24 m
Area:	452.4 m ²
Volumen:	2500 m ³

Cuadro 5.11 Aforos llenando el reservorio El Tablazo [l/s]:

Hora	entre 12:00 y 15:00	entre 4.00 y 9:00
Aforo 1	188,5	217
Aforo 2	174,0	202
Aforo 3	183.5	264
Promedia	182	227,7

Cuadro 5.12 Aforos vaciando el reservorio El Tablazo:

Hora	entre 15:00 y 18:00	entre 4:00 y 9:00
Aforo 1	264	132
Aforo 2	161	131
Aforo 3	242	133
Promedia	229	132

Se nota la concordancia del caudal aforado de salida de 229 l/s (824.4 m³) con el volumen del reservorio el Tablazo de 2500 m³ que se vacía en 3 horas.

En el diagrama siguiente se muestra una guía para la regulación del flujo con la válvula V2 (Plano TAP-5-1) y ubicada a la salida del reservorio El Tablazo, en la caseta de válvulas. Las mediciones se han ejecutado con el medidor ultrasónico.

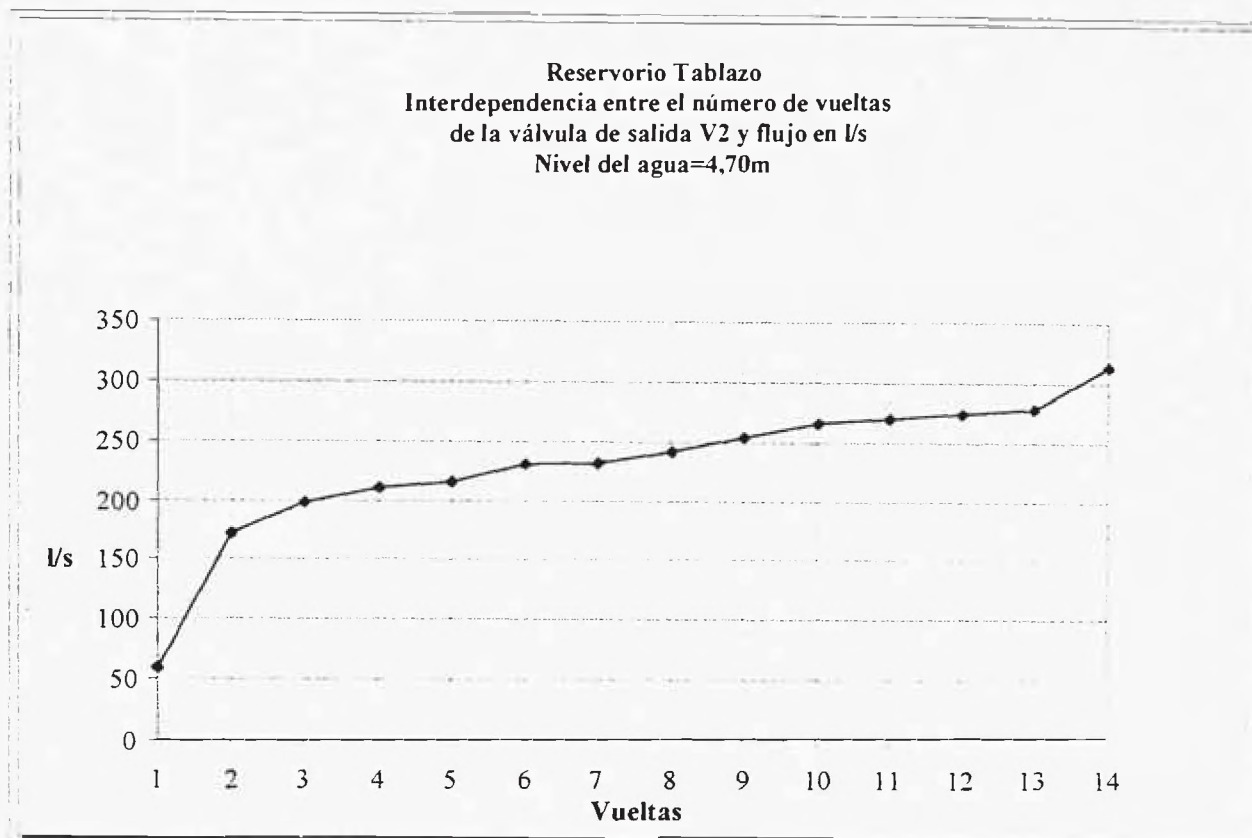


Figura 5-2 Diagrama para la determinación del flujo a la salida del reservorio el Tablazo

Aforo en el reservorio del Cuartel:

Altura:	2.96 m
Díámetro:	13.95 m
Area:	152.84 m ²
Volumen:	452.4 m ³

Un aforo efectuado de noche en el reservorio del cuartel el Tablazo durante el abastecimiento de una hora y media por el tubo de 8", ha resultado en un volumen total 192.57 m³ de agua (35.7 l/s).

5.4.2 Reservorios

Los reservorios del sistema se encuentran en buen estado. También fueron encontrados en buen estado cuando efectuaron los estudios para el subprograma B. Solamente se han encontrado problemas de tipo técnico en la caseta de válvulas del reservorio EL Tablazo. donde existían dos

válvulas malogradas, presentando fugas de agua. A sugerencia del Consultor, el departamento de operaciones de EMAPATUMBES ha reparado los defectos.

En el marco de las actividades futuras del Consultor, se han previsto cálculos de la capacidad total de almacenamiento del sistema de agua con respecto a la extensión futura. Para el cálculo mencionado se requiere la evaluación de la demanda actual (Cáp. 2.4.4.2.3), así como la estimación de las demandas futuras.

5.4.3 Conexiones y accesorios

5.4.3.1 Conexiones

La situación global de las conexiones en la zona del estudio según archivos de EMAPATUMBES es la siguiente:

Tabla 2.4.- 7: Conexiones de agua potable a Diciembre de 1995

CATEGORIA	TOTAL CONEXIONES	CON MEDIDOR				SIN MEDIDOR
		TOTAL CON MEDIDOR	OPERATIVOS		NO OPERATIVOS	
			LEIDOS	RESTO		
Domestico	11174	2541	441	s/i	2100	8633
Comercial	929	579	210	s/i	369	350
Industrial	7	5	2	s/i	3	2
Estatal	84	28	5	s/i	23	56
Social	24	7	2	s/i	5	17
Total	12218	3160	660	-	2500	9058

Según la encuesta socio-económica de Tumbes :

Tabla 2.4 - 8: Cobertura del servicio de agua potable

Estrato	Población	Hab./vivienda	No. Viviendas	Cobertura %	
				Agua	Micromedición
Alto	2874	4.5	639	100	2.19
Medio	16925	5	3385	90, 57	5.12
Bajo	62207	5.87	10597	70,48	3.61
Total	82002	5.61	14621	76,42	3.95

El número de viviendas mencionado representa a los viviendas particulares con ocupantes presentes.

En cuanto al estado físico de las conexiones se puede indicar lo siguiente:

Un gran número de conexiones se encuentran sin llave de paso. De esta manera la instalación o cambio de los medidores es más difícil y lento. Además cualquier reparación al interior de la vivienda será dificultada.

Por las obras de pavimento y de modernización de la ciudad, se ha levantado el nivel de las calles, dejando de esta manera las conexiones a una profundidad fuera del alcance. No solamente la reparación, instalación o el cambio del medidor son imposibles sino también la lectura en el caso de los medidores operativos.

Hay un gran número de conexiones con tubo de plomo. La conexión del tubo de plomo no resistirá a una presión mejorada.

Se han encontrado conexiones sin caja de protección, o sin tapa, ofreciendo de esta manera un lugar atractivo para tirar basura o para uso en vez de baño.

5.4.3.2 Válvulas

Desde el inicio del estudio hasta la fecha, el Consultor ha examinado la presencia de las válvulas en los planos generales de la red de distribución y ha empezado a averiguar si las mencionadas válvulas se pueden ubicar y/o manejar. El plan general de la red ha sido actualizado con información recibida verbal de los operadores con experiencia más larga de trabajo con EMAPATUMBES. Además, planos de obras de agua potable recientes han servido para la actualización del plan general de la red. Sin embargo una investigación detallada de las válvulas con ubicaciones y estado de funcionamiento ha sido hecha solamente para la zona piloto y está presentada en el capítulo 5.4.4.2.

Como resultado de nuestro examen, se puede mencionar:

Se han encontrado válvulas con la compuerta caída, con el eje roto o sin empaquetadura.

Se han encontrado válvulas que al empezar a mover el eje presentan fugas de agua.

Se han encontrado válvulas sin tapa y sin tubo o caja de protección.

Válvulas que según plano deberían estar colocadas, no se han encontrado.

5.4.3.3 Grifos

En la zona donde se encuentran los bancos, la densidad de los grifos instalados es más grande. Igual como en el caso de las válvulas, se ha hecho una actualización del plano general de la red con respecto a los grifos en la zona piloto.

La característica general es que los grifos no se pueden utilizar contra incendios por que la presión en la red no sube más de 2 bar en la zona más baja de la ciudad. Pero se han encontrado grifos que a la vista presentan defectos, grifos sin válvulas o grifos con válvulas bloqueadas.

5.4.4 Red de distribución

La red de distribución existente es la parte del sistema más invisible y más inaccesible. Por esta razón la evaluación de la red debe basarse en tres tipos de informaciones:

- a) Catastro de la red y de sus accesorios
- b) Datos históricos sobre reparaciones
- c) Mediciones de flujo, de presión y cálculos hidráulicos.

De las mencionadas anteriormente, se entiende que la evaluación de la red de distribución no es una actividad que se puede desarrollar periódicamente, sino es el resultado de un proceso continuo, integrando un mantenimiento preventivo.

Analizando los puntos mencionados, se concluyó que EMAPATUMBES no cuenta con un catastro de la red. Se inició la preparación del catastro de la red de una forma que se pueda continuar con más detalles en la siguiente fase del proyecto.

Los datos históricos sobre reparaciones tampoco existen, aún cuando hay intervenciones para reparaciones que se ejecutan diariamente.

La única posibilidad restante a disposición fue efectuar mediciones para compararlas con los resultados del cálculo de una situación sin defectos para la zona piloto. Si habían divergencias importantes dentro del cálculo, se simularon diferentes situaciones hasta que los resultados del cálculo se parezcan a las mediciones.

El inicio inmediato de un catastro de la red, permitirá la evaluación correcta y el mantenimiento de los datos sobre la red de las dos maneras: gráfica y alfanumérica. La base de datos permitirá el mantenimiento preventivo como el resultado de una evaluación por criterios. Los criterios deben facilitar una decisión correcta y equitativa para cada tramo o accesorio de la red. Este se puede lograr solamente con un sistema de puntos, de evaluación para cada criterio. En el caso que el tramo colecciona un cierto número de puntos será propuesto para rehabilitación o reemplazo.

La evaluación de la base de datos muestra las siguientes características de la red, ordenadas como función de longitud en metros:

Cuadro 5.15 Características de los tubos de la red de Tumbes

Diametro [cm]	Longitud [m]	%	Edad [año]	Longitud [m]	%	Material	Longitud [m]	%
7.62	4614	4.8	3	9805	10.3	falta info.	20994	22.0
10.16	70360	73.6	4	27382	28.7	PVC	16417	17.2
15.20	8576	8.9	6	9925	10.4	AC	50423	52.8
20.32	6091	6.4	7	4058	4.2	FF	7685	8.0
25.40	1266	1.3	8	2562	2.7			
30.48	1135	1.2	10	2500	2.6			
35.56	253	0.3	13	2655	2.8			
40.64	2420	2.5	18	1320	1.4			
45.72	792	.8	20	16855	17.6			
55.88	3	-	28	575	0.6			
60.96	9	-	30	17882	18.7			
TOTAL	95519			95519			95519	

5.4.4.1 Evaluación hidráulica

El cálculo se ha realizado para la red de Tumbes integralmente considerando tuberías de diámetro igual o mayor a 6". En zonas importantes de la ciudad y de la red se consideraron también algunos tubos de diámetro menor a los mencionados.

Las fuentes de agua que se han considerado en el cálculo integral son el reservorio El Tablazo con su cota y las tres bombas operativas de la Planta de Tratamiento. Para la simulación de las bombas han sido necesarias mediciones de presión y de flujo. Con estos valores se empezó el

cálculo y fueron luego ajustados para que el caudal de entrada en el reservorio el Tablazo iguale al caudal aforado.

Los valores de inicio del cálculo son:

Bomba No.1	Q1 = 102 l/s P1 = 3.18 bar	Q2 = 55 l/s P2 = 3.3 bar
Bomba No.2	Q1 = 65 l/s P1 = 3.2 bar	Q2 = 53 l/s P2 = 3.1 bar
Bomba No. 3	Q1 = 75 l/s P1 = 3.2bar	Q2 = 41 l/s P2 = 3.3 bar

En los siguientes subcapítulos se explican los pasos del cálculo hidráulico.

5.4.4.1.1 Base de cálculo y datos necesarios

El programa que el Consultor utilizó para el cálculo hidráulico de las redes de presión (agua potable), es el programa KYPIPE desarrollado por Don J. Wood en la Universidad de Kentucky, Lexington E.E.U.U.

KYPIPE utiliza el principio de la continuidad de la masa y energía. Las ecuaciones utilizan un esquema eficiente para la linealización de los términos no lineales y una rutina eficiente para el cálculo de las matrices, desarrollada por A.R. Curtis y J.K. Reid de la División de Física Teórica de UKAEA Research Group, Harwell, Inglaterra. Este enfoque permite el acomodamiento de tramos cerrados, válvulas reguladoras de presión, válvulas check, componentes de pérdida de carga menor, bombas, y abastecimientos múltiples de una manera muy eficiente.

El programa puede también realizar la simulación de un período prolongado (EPS), donde las condiciones varían lentamente con el tiempo. Adicionalmente, el programa puede calcular una variedad de parámetros de diseño, de operación y de calibración que cumplen con condiciones de presión declaradas.

Base teórica

Las ecuaciones de continuidad de la masa y conservación de la energía para el análisis de las redes de distribución se han expresado en dos formas:

- ecuaciones de lazo - continuidad del caudal descargado en cada tramo.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- ecuaciones de continuidad de la energía, expresada como línea de pendiente hidráulica en los nudos de la red.

El programa KYPIPE utiliza las ecuaciones de lazo. El número de ecuaciones de conservación de la masa y de la energía en el sistema, es igual al número de tramos. Para cada nudo se escribe una relación de continuidad:

$$Q_{in} - Q_{sal} = Q_e \quad (j \text{ ecuaciones}) \quad (1)$$

Donde:

Q_{in}	Caudal de entrada
Q_{sal}	Caudal de salida
Q_e	Caudal proveniente del exterior o consumo en el nudo

Para cada lazo se puede escribir la ecuación de conservación de energía del lazo:

$$\sum h_L = \sum E_p \quad (l \text{ ecuaciones}) \quad (2)$$

Donde:

h_L	Pérdida de energía en cada tramo (incluso las pérdidas menores)
E_p	Energía ingresada en el fluido por bombeo

Si en el sistema existen f nudos de pendiente fijo (reservorios, o tramos abiertos a la presión atmosférica) se puede escribir un número de $f-1$ ecuaciones independientes de conservación de energía para los tramos ubicados entre cualquiera de estos nudos:

$$\Delta E = \sum h_L - \sum E_p \quad (f - 1 \text{ ecuaciones}) \quad (3)$$

Donde ΔE es la diferencia de energía en el camino entre los dos nudos de pendiente fijo. Para no utilizar un camino superfluo el programa utiliza el método de escoger todo los caminos paralelos empezando en un nudo común. De esta manera se encuentran $f - 1$ ecuaciones de camino no superfluo.

Para una red con bombas y reservorios el número de ecuaciones de conservación de energía será $l + f - 1$. Las ecuaciones de nudos y caminos constituyen un juego de ecuaciones algebraicas no lineales simultáneas.

Para calcular el caudal en cada tramo se requiere la solución de este juego de ecuaciones. Por esta razón se requiere que las ecuaciones de camino sean expresados en términos de caudal.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

$$h_{LP} = K_p Q^n \quad (4)$$

Donde:

h_L	$= h_{LP} + h_{LM}$	
h_{LP}		pérdida de energía en el tramo
h_{LM}		pérdida menor de energía
K_p		parámetro constante del tramo
n		exponente de valor = 1.852
Q		caudal

Para la fórmula de Hazen-Williams utilizada por el Consultor:

$$K_p = X L / C^{1.852} D^{4.87} \quad (5)$$

Donde: $X = 10.675$ para el Sistema Internacional de Unidades utilizado por el Consultor

$$h_{LM} = K_M Q^2 \quad (6)$$

Donde: K_M es una función de la suma de las pérdidas menores de energía en el tramo, causadas por los partes mecánicas (ΣM) y el diámetro (D)

$$K_M = 0.08265 \Sigma M / D^4 \quad (\text{S.I}) \quad (7)$$

Para bombas descritas como ingreso de energía (E_p):

$$E_p = Z / Q \quad (8)$$

$$\text{Donde: } Z = 0.10197 P_u / S \quad (\text{S.I}) \quad (9)$$

P_u = poder útil
 S = densidad del fluido

La bomba está descrita por datos de operación:

$$E_p = H_t + C Q^m \quad (10)$$

Utilizando (4)-(10) se puede escribir:

$$\Delta E = \Sigma (K_p Q^n + K_M Q^2) - \Sigma Z / Q$$

o

$$\Delta E = \sum (K_p Q^n + K_M Q^2) - \sum (H_r + Cq^m) \quad (11)$$

Las ecuaciones de continuidad y las ecuaciones de energía para el juego de p ecuaciones simultáneas en términos de caudales no conocidos no tienen solución directa. El método utilizado es de empezar con una velocidad arbitraria en cada tramo (4 m/s). El juego de caudales obtenidos se utiliza para linearizar las ecuaciones y una segunda solución se obtiene. Se sigue con la repetición del proceso hasta que la diferencia obtenida sea insignificativa. Ya que todos los flujos se calculan simultáneamente, la convergencia ocurre después de 4 a 8 repeticiones con alta precisión aún para redes muy grandes.

Finalidad

La finalidad es calcular y/o averiguar el diámetro de los tubos de las redes de distribución de agua potable. Por comparación con los datos obtenidos por medición se puede evaluar, diagnosticar y optimizar las redes. También el programa sirve para la calibración de redes rehabilitadas.

Variables utilizadas

- Tipo de simulación - de período prolongado o simulación regular
- Número de presiones contenidas
- Tipo de unidades
- Número de tramos
- Número de nudos
- Número de válvulas reguladoras de presión (pueden ser de tres tipos y en cada estado de abertura)
- Número máximo de repeticiones del cálculo
- Grado de precisión requerido
- Gravedad específica
- La viscosidad del fluido
- Tipo de numeración de los tramos
- Estado del tramo (abierto o no)
- Número de los nudos que definen el tramo
- La longitud del tramo
- El diámetro del tramo (se puede también requerir el cálculo del diámetro)
- La rugosidad del tubo
- La pérdida menor de carga en el tubo
- Si hay bomba en el tubo se puede definir la bomba separadamente
- Cota del reservorio -si hay reservorio a un extremo del tubo

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Datos de valores asignados (números de valores a asignar - la definición de éstos datos se ingresan separadamente)
- Número del tramo
- La demanda y el tipo de la demanda - cuatro tipos de demanda
- Cota del nudo
- Número del nudo
- Los tramos que se conectan en el nudo
- Para la simulación de período prolongado se pueden ingresar:
 - la duración de la simulación
 - el paso de incremento del tiempo
 - número de reservorios con nivel variable del agua
 - número de caudalímetros
 - número de switches (llaves controladoras) de presión.
 - el número del tramo conectado al reservorio
 - cotas máxima y mínima del nivel del agua en el reservorio
 - Diámetro o capacidad del reservorio
 - Caudal de ingreso o de salida
- Cambios en el sistema se pueden también definir - hasta 60 juegos de cambios. Un juego se compone de todos los datos anteriores.

El ingreso de los datos con carácter gráfico (longitud de los tramos, coordenadas de los nudos), se puede realizar con un tablero digitalizador.

En la presentación del resultado final se encuentran:

- número del tramo y accesorio contenido
- número de los nudos del tramo
- caudal
- pérdida de carga
- si hay bomba, carga de la bomba
- pérdida menor de carga
- velocidad del flujo
- pérdida hidráulica de pendiente
- número del nudo
- título del nudo
- demanda externa

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- pendiente hidráulica
- cota del nudo
- presión

El programa puede preparar una presentación gráfica de curvas de nivel y/o curvas de presión y enfatizar en ciertos nudos o tramos.

Limitaciones

El programa utilizado por el Consultor está limitado a 1000 tramos, pero también existen para 2000 tramos.

Para el ingreso del coeficiente de rugosidad de los tubos se utilizaron valores de las experiencias anteriores. Para la medición de la rugosidad se necesita acceso al tubo que está enterrado. Experiencias anteriores de cálculo muestran también buenos resultados con valores aproximados según cuadros propuestos por la Universidad de Kentucky. En nuestro caso estos valores serán averiguados con mediciones dentro de los límites de factibilidad.

5.4.4.1.2 Estimación del Coeficiente „C“ de Hazen Williams

Una alternativa para la determinación del coeficiente "C" es el método expuesto a continuación. Para la medición de la rugosidad se necesitan muestras de los tubos integrantes del modelo hidráulico.

Como no se pueden conseguir muestras de tubo sólo para la determinación del coeficiente "C", sino por el caso de las reparaciones, el Consultor ha utilizado la alternativa de usar las tablas preparadas por autores con experiencia en el cálculo hidráulico y combinaciones.

Para la determinación la velocidad "V" del flujo en el tubo, el Consultor utilizó un medidor ultrasónico y manómetros para medir la presión en diferentes puntos del tubo. Con la medición de presión obtenida se calcula la pérdida de carga "S" en metros por 1000 m. de tubo.

Los valores obtenidos sirven para unir los puntos correspondientes en el diagrama de la Figura 2.4. - 3. La línea obtenida cruza la escala del coeficiente "C" en el punto de valor buscado. El autor del diagrama mencionado es Mc Junkin y fue publicado en "World Bank Technical Paper 10".

El método expuesto es aplicable para cada tubo, donde se ha excavado y tomado medición de flujo.

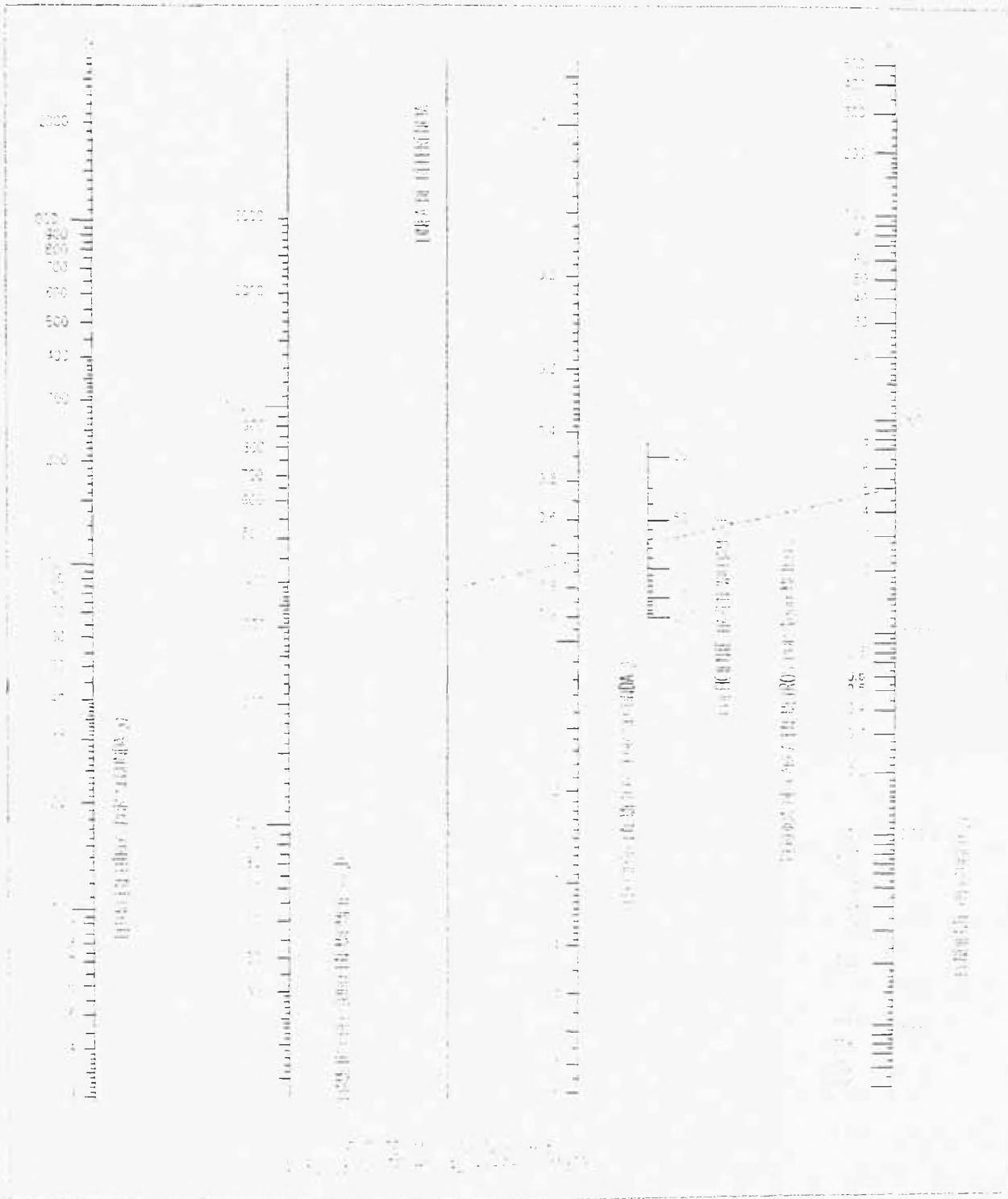


Figura 5.3 Gráfico para la determinación del coeficiente de rugosidad „C“ de Hazen - Williams

Los valores del coeficiente "C" se pueden también encontrar en la literatura especializada. Para facilitar la referencia hemos listado los siguientes valores para los tubos, diámetros y materiales mas comunes:

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Fuente: ININVI

Asbesto cemento	140
PVC	140
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Fierro Fundido	100
Fierro galvanizado	100
Concreto	110
Polietileno	140

Fuente: Universidad de Kentucky

Fierro Fundido	Nuevo	Todos diámetros	130
	5 años de edad	12" y más	120
		8"	119
		4"	118
	10 años	24" y más	113
		12"	111
		4"	107
	20 años de edad	24" y más	100
		12"	96
		4"	89
	30 años de edad	30" y más	90
		16"	87
		4"	75
	40 años de edad	30" y más	83
		16"	80
		4"	64
	50 años de edad	40" y más	77
		24"	74
		4"	55
Acero soldado		igual a los tubos de FF de edad de más de 5 años	
Concreto o tubería con revestim. de concreto		grandes diámetros .encofrado metálico	140
		grandes diámetros .encofrado de madera	120
		centrifugado	135
Vitrificado		en buena condición	110
Plástico o sin costura en general			150

5.4.4.1.3 Demanda de cálculo y distribución a los nudos

La demanda considerada en nuestro cálculo ha resultado de los mediciones testigo expuestas en el subcapítulo 5.4.4.1.4 evaluados dentro de los marcos socio-económicos existentes en Tumbes.

Los valores utilizados son:

Cuadro 5.15 Demanda de cálculo desglosada

Con medidor	l/h/d	Sin medidor	l/h/d
Nivel Alto	252		296
Nivel Medio	205		260
Nivel Bajo	161		216
Promedio	172		227

Para distribuir en cada nudo la demanda, la más cercana posible a la demanda real, el Consultor ha efectuado un levantamiento de las viviendas (conexiones) en cada calle de Tumbes. Se ha obtenido el número de viviendas para cada nivel y para cada calle.

Considerando una densidad de 4.5 habitantes por vivienda para el nivel alto, 5 para el nivel medio y 5.87 para el nivel bajo, la demanda total se obtiene para cada tramo y luego se reparte entre los dos nudos del tramo, dando la demanda de los nudos. La demanda total doméstica resulto en 197.5 l/s.

Para llegar a la demanda total incluyendo la demanda comercial, industrial y estatal de la ciudad de 220 l/s, los valores obtenidos de demanda doméstica para cada nudo se han multiplicado por el coeficiente de 1.11. Los datos iniciales de cálculo se muestran en el Anexo 5.4 1 En el plano TAP-5-5 se encuentran las referencias de los tramos y los nudos se indican en el Anexo 5.4-2.

5.4.4.1.4 Estudio piloto - estimación de los consumos y de los coeficientes de punta

Para cumplir con el programa de desarrollo del estudio, se ha escogido una zona piloto para la medición y evaluación de los consumos reales actuales y de los coeficientes de punta K1 y K2. Las mediciones mencionadas se han realizado de día y de noche. Los fines de éstas mediciones han sido:

- La determinación de los coeficientes de puntas (variaciones de consumo máximo diario y máximo horario K1 y K2) para la extrapolación y utilización en la simulación hidráulica de la red y en el cálculo del volumen de almacenamiento necesario.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- La determinación del consumo promedio en las condiciones de abastecimiento actuales para el cálculo hidráulico
- La colección de datos sobre el consumo para la determinación de la función demanda
- La colección de datos generales sobre el estado general de la red de distribución.

El análisis de los consumos se ha complementado con mediciones testigo en una zona escogida de la red incluyendo consumidores conectados al sistema con medición y sin medición. En el dibujo TAP-5-4 (y la Figura 5-4) se muestra la zona seleccionada. La selección de la zona se ha hecho tomando en cuenta los siguientes criterios:

- que el abastecimiento de la zona sea cerca de las 24 horas. La zona escogida se abasteció 18 horas por bombeo y 3 horas del Tablazo, sumando 21 horas de abastecimiento hasta las 20:00 horas y solamente 3 horas de corte entre las 20:00 y las 23:00.
- que se incluya a consumidores domésticos de todos los estratos sociales representativos, a consumidores públicos, y a consumidores comerciales.
- factibilidad técnica con la inversión más baja.

Se ha aislado a la zona mencionada por medio de las válvulas ubicadas a la frontera como se muestra en la TAP-5-4. En el tubo de 10" en la calle Piura se ha instalado el caudalímetro ultrasónico (C1 en TAP-5-4) antes de la esquina con la calle Huáscar. La válvula V1 en TAP-2.3-3 ubicada abajo de la unión de las dos calles mencionadas se ha estrangulado parcialmente para aumentar el ingreso del agua en la zona, por el tubo de la calle Huáscar. Del otro lado, a la salida del agua, por el tubo de 6" en la calle Piura antes de la unión con Avenida Tumbes Norte, se ha medido el caudal por medio de un macromedidor (C2 en TAP-5-4).

No se logró constatar un caudal mayor a la salida de la zona piloto. Las razones son dos:

- 1) por falta de catastro o información sobre la red no se han considerado todos los tubos realmente existentes en la frontera de la zona y.
- 2) las válvulas existentes consideradas cerradas anteriormente o indicadas como en buen estado de funcionamiento y cerradas para el estudio, no han cerrado bien.

En la zona mencionada se ha instalado un número de 286 micromedidores puestos a la disposición por EMAPATUMBES, así como los niples con sus contratueras.

Preparación de la zona piloto

Después de ubicar en el plano las zonas representativas, se ha pasado a estudiar la factibilidad técnica de la sectorización, tomando en cuenta la menor influencia posible al abastecimiento con agua a las zonas adyacentes. Principalmente se trató de dos grupos de actividades:

- a) Instalación de los micromedidores durante las horas de mínimo consumo de agua
 - Recorrido de la manzana programada para el día respectivo y listado de los materiales necesarios
 - Limpieza y drenaje de las cajas de los medidores
 - Trabajo de instalación de los medidores

- b) Aislamiento del sector
 - Determinación de los tubos matrices de abastecimiento de las zonas.
 - Excavación de las zanjas para poner libre el tubo de abastecimiento de la zona e instalación de una caja de medición con tapa, para el macromedidor ultrasónico.
 - Instalación de válvulas nuevas para el aislamiento de la zona, o reparación de las válvulas defectuosas. Para algunas válvulas que estaban enterradas, fue necesario su ubicación antes de examinarlas.

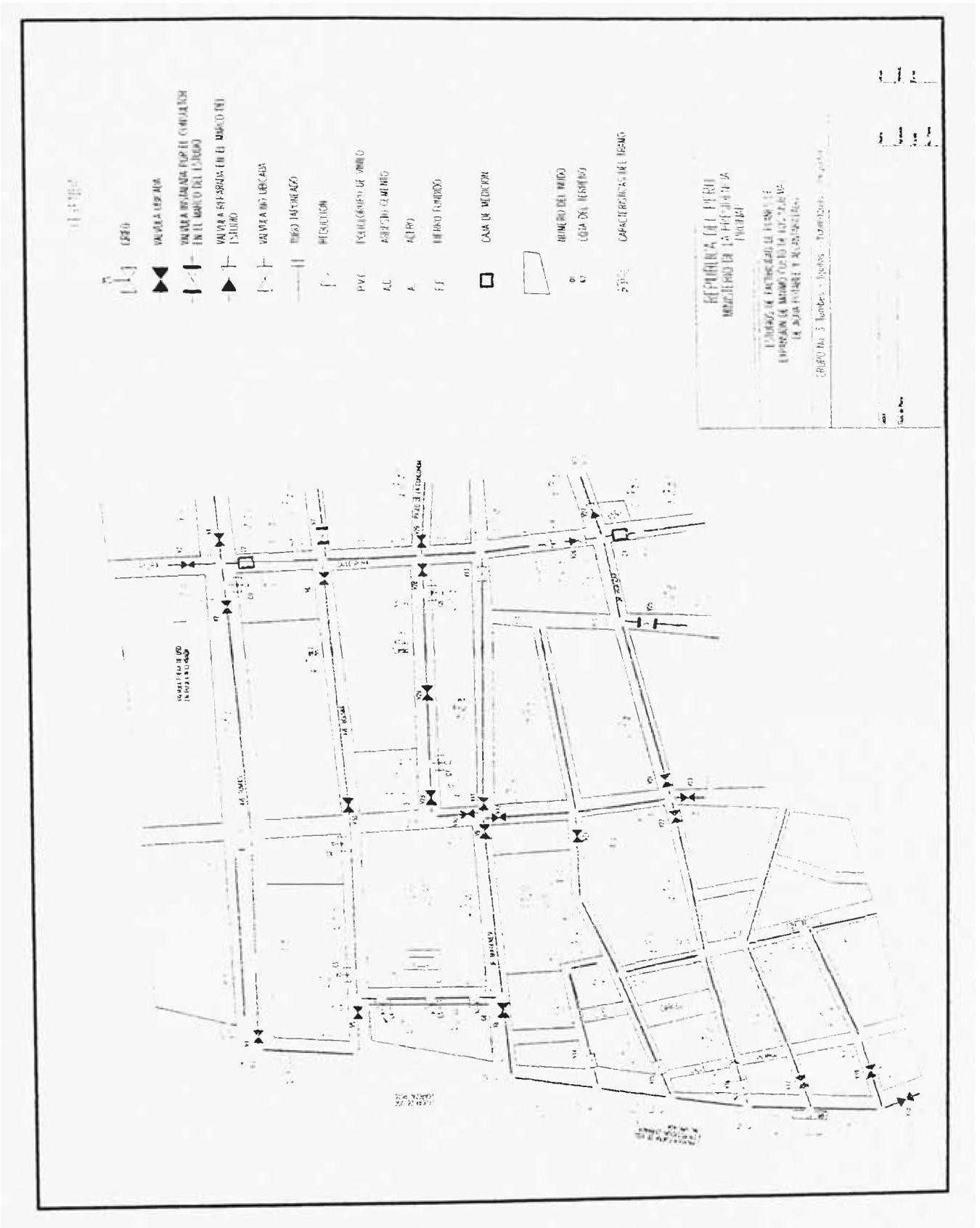


Figura 5.4 Zona piloto

Situación encontrada, dificultades y soluciones

Cabe aquí mencionar la contribución decisiva del Señor Felix Dioses, empleado de EMAPATUMBES, sin la cual la solución de muchos problemas no hubiera sido posible

Descripción de las válvulas investigadas mostradas en TAP-5-4

- V1 Válvula de 8" de diámetro en buen estado 13 vueltas todo abierta
- V2 Válvula de 8" de diámetro totalmente cerrada.
- V3 Válvula de 6" de diámetro totalmente abierta
- V4 Válvula de 8" de diámetro 23 vueltas totalmente abierta
- V6 Válvula de 4" de diámetro, de 18 vueltas, totalmente abierta
- V7 Válvula de 6" de diámetro se desconoce su estado, se encuentra enterrada
- V10 Válvula de 4" de diámetro 18 vueltas totalmente abierta
- V11 Válvula de 4" de diámetro 20 vueltas totalmente abierta
- V12 Válvula de 4" de diámetro
- V16 Válvula de 6" de diámetro enterrada sobre pavimento se encuentra sin espejo, totalmente cerrada
- V17 Válvula de 4" de diámetro, totalmente abierta, al empezar a cerrar existe fuga de agua
- V18 Válvula de 6" de diámetro 20 vueltas totalmente abierta.
- V19 Válvula de 4" de diámetro 15 vueltas posición abierta. falla empaquetadura
- V22 Válvula de 6" de diámetro 15 vueltas totalmente abierta, buen estado
- V23 Válvula de 4" de diámetro 18 vueltas totalmente abierta

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- V24 Válvula de 4" de diámetro 18 vueltas totalmente abierta
- V25 No ubicada. El Consultor ha instalado una nueva.
- V26 Válvula 10" tiene juego sólo una vuelta. Se realiza rotura de pavimento para descubrir la válvula y determinar su estado. Se dio mantenimiento a la válvula, se colocó su caja y tapa, quedando así operativa
- V27 Válvula 4" enterrada con pavimento. Se realiza excavación para su ubicación y luego se determinó que se encuentra la válvula sin la compuerta, quedando pendiente su reparación
- V28 Válvula de 4" en buen estado, se encontraba abierta una vuelta (tiene en total 10 vueltas)
- V29 Válvula de 4" de diámetro, estado totalmente cerrada (buen estado) 18 vueltas

a) Aislamiento del sector

Como se muestra en Figura 5-4 el sector de la red ha sido aislado con las válvulas V2, V7, V29, V27, V25, V23, V20, V17, V19 y V18. Entre estas, las válvulas V29, V23, V17, V19 y V18 se han encontrado en buena condición. La válvula V2 se encuentra cerrada y fuera de uso desde la instalación. Las válvulas V7, V25, y V23 han sido compradas e instaladas por el Consultor. Los repuestos (compuerta, y pernos) para reparar las válvulas V26 y V27 así como la mano de obra han sido proporcionadas por EMAPATUMBES. Luego de la reparación estas válvulas han sido protegidas con tubos y tapas.

b) Instalación de los micromedidores

La programación de los trabajos de instalación de los 286 medidores se atrasó en dos semanas. Al programar los trabajos el Consultor no previó encontrarse con dificultades de múltiple carácter, como se describe en los siguientes items:

- Mano de obra

EMAPATUMBES no cuenta con suficiente mano de obra para realizar trabajos relacionados al Estudio de Factibilidad y trabajos de mantenimiento de rutina diaria. Según las necesidades diarias de mantenimiento de rutina, EMAPATUMBES ha proporcionado al Consultor de 1 a 2 jefes de cuadrilla de instalación de medidores

Conviene mencionar aquí la excelente profesionalidad y la grande voluntad de cooperación de los señores Rogelio Prado Chunga y Julio Meneses

De todas maneras, el Consultor ha necesitado un número de 5 cuadrillas para avanzar más rápido con el trabajo de instalación de medidores, proporcionando la mano de obra que faltaba y las herramientas y accesorios para ellos

- Conexiones sin llave de paso

En algunos casos, se han encontrado conexiones con o sin medidor, pero sin llave de paso. En los almacenes de EMAPATUMBES tampoco se han encontrado llaves de paso. Por esta razón el Consultor ha comprado e instalado 120 llaves de paso que se quedarán con EMAPATUMBES al final del estudio

- Conexiones ubicadas a una profundidad fuera del alcance. En esta situación se han encontrado un número de 45 conexiones.

Estas conexiones han sido levantados para que el medidor se instale y se tome lectura más fácilmente. Para esta actividad ha sido necesario un número de 20 codos de 3/4" y 90 codos de 1/2". También se han utilizado 60 m de tubería de PVC. Los materiales mencionados fueron comprados por el Consultor y se quedarán con EMAPATUMBES después del fin de este estudio.

Para la elevación del medidor y la instalación de las llaves de paso, los trabajos se retrasaron por necesidad de trabajar bajo presión de agua, tapando el tubo con una tapa de madera y luego proseguir con la instalación de accesorios

- Preparación del empalme de tubo de plomo a tubo de PVC

Como los medidores instalados son de Tipo INCA de PVC, en un número de 160 casos, el tubo de empalme de la conexión siendo de plomo ha sido necesario de preparar el paso al tubo de PVC.

Para todos los trabajos arriba mencionados se ha utilizado una cantidad de 6 litros de pegamento y 3 hojas de empaquetaduras, todas proporcionadas por el Consultor

- c) Instalación de los macromedidores

Se ha instalado un medidor ultrasónico en la caja C1 Figura 5-4. El medidor que puede registrar el flujo en tubos de 1" hasta 24". Las paredes son de ladrillos y la tapa de hormigón armado para resistir al tráfico pesado. La tapa que tiene su propio marco de acero se acomoda en otro marco de acero fijado encima de las paredes de la tapa.

La misma configuración se ha utilizado para la caja de medición C2 donde se ha instalado el caudalímetro de 8", proporcionado según la disponibilidad por EMAPATUMBES. El tubo donde se ejecutaron las mediciones es de 6".

Para la instalación del caudalímetro en la caja de medición C2 ha sido necesario cortar el suministro de agua en el tubo de la calle Piura por medio de las válvulas V6, V7 , V28, V29, V11, V26. La válvula V 26 de 10" de la calle Piura se encontraba sin protección, ha sido reparada y provista con tubo de protección y su tapa

d) Abastecimiento con energía eléctrica para las bombas en la planta de agua.

Para reducir los costos de operación, EMAPATUMBES no proporciona agua por bombeo entre las horas de punta de tarifa de la energía eléctrica, 17:00 hasta las 23:00. Por esta razón entre estas horas, el abastecimiento de la ciudad se realiza para 3 horas con el agua almacenada en el tanque de el Tablazo.

Resultados de las mediciones testigos

Las mediciones testigo empezaron el 22 de Marzo y han seguido hasta la madrugada del 31 de Marzo.

Los volúmenes totales resultados de las lecturas corregidas se muestran en el Anexo 2.4-1.

Un resumen de los datos relacionados con las lecturas de los micromedidores se presenta a continuación:

Número de micromedidores instalados	252
Número de viviendas frente a la red	323
Número de viviendas conectadas a la red	315
Número de conexiones clandestinas	3

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Número de conexiones domiciliarias	136
Número de conexiones comerciales	172
Número de conexiones públicas	7
Número de conexiones con medidor	119
Número de conexiones sin medidor	204
Población servida con agua de la red (estimado 323 x 6.5)	2100
Población servida con piletas públicas	0
Población servida con camiones cisterna	0
Volumen promedio consumido medido en 24h	420,294 m ³

Durante la campaña de lectura de los medidores, se ha hecho la siguiente observación muy importante:

- Los usuarios no cuidan el agua. En varios casos, como el caudalímetro estaba midiendo, se ha preguntado si alguien está usando agua. La respuesta fue cada vez un "no" claro. Pero al controlar la respuesta correcta con el permiso de los dueños, se ha encontrado caños en posición abierta y válvulas con flotador de los tanques de los inodoros que no cerraban bien. Por esta razón el Consultor encontró un consumo promedio per cápita demasiado grande que no corresponde a la demanda real.

En las tablas siguientes se presentan los coeficientes de no uniformidad del consumo resultados de la campaña de lectura de los micromedidores instalados en la zona piloto.

Los coeficientes de no uniformidad del consumo diario con el máximo **K1=1.34** se encuentran en el cuadro 5-15

Cuadro 5-15 Coeficientes de nuniformidad del consumo diario

Cálculo de los Coeficientes Diarios									
		Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Promedio
VOLUMEN PROMEDIO CONSUMIDO									
Categ.	D	97.61	122.34	93.50	145.76	169.95	128.18	128.42	126.54
Categ.	C	247.29	332.53	211.53	333.34	379.13	321.18	355.00	311.43
Categ.	P	23.05	19.77	1.34	32.09	29.70	23.68	24.45	22.01
Coeficiente calculado									
Categ.	D	0.77	0.97	0.74	1.15	1.34	1.01	1.01	
Categ.	C	0.79	1.07	0.68	1.07	1.22	1.03	1.14	
Categ.	P	1.05	0.90	0.06	1.46	1.35	1.08	1.11	

Cuadro 5.16 Coeficientes de nuniformidad horaria del consumo

Coeficientes Horarios			
Hora	Categoría de demanda		
	Doméstica	Comercial	Pública
0-1	0.50	0.08	0.08
1-2	0.55	0.43	0.34
2-3	0.59	0.58	0.56
3-4	0.70	1.01	0.89
4-5	0.90	1.19	0.87
5-6	1.56	1.90	1.97
6-7	1.85	1.97	2.24
7-8	1.95	1.82	2.09
8-9	1.88	3.02	4.00
9-10	1.60	0.67	0.74
10-11	1.45	0.45	0.38
11-12	1.50	0.97	0.94
12-13	1.78	1.12	0.86
13-14	1.75	2.10	1.64
14-15	1.40	1.40	1.00
15-16	1.30	1.67	1.58
16-17	1.45	1.23	1.03
17-18	1.62	0.16	0.41
18-19	1.72	0.19	0.36
19-20	1.65	0.09	0.28
20-21	1.25	0.07	0.04
21-22	0.80	0.10	0.01
22-23	0.75	0.08	0.08
23-24	0.60	0.08	0.08

Los coeficientes de nuniformidad horaria del consumo con el maximo entre las 8:00 y las 9:00 se encuentran en el cuadro 5.16. Para la demanda doméstica y la demanda comercial se observa valores parecidos del coeficiente K2. Se ha considerado en los cálculos para el sistema actual el coeficiente $K2=1.8$

5.4.4.2 Hipótesis de cálculo

Como se puede ver en el plano TAP-5-5 el sistema de redes de agua potable de Tumbes se compone de dos zonas separadas por el tubo No.130 el cual es común para la conexión de la cisterna de Malvinas y para la conexión del tubo llegando de Tumbes. La primera zona es la red de Tumbes antiguo abastecida por el río y la segunda zona es la red de Nuevo Tumbes, abastecido por los pozos de Puyango y Puerto Pizarro, y poco por agua de la red de Tumbes antiguo, todo mediante la cisterna de Malvinas. Desde el

punto de vista hidráulico no hay continuidad entre las dos zonas, que en el modelo hidráulico, para mantener la visión general, se han ingresado en la misma simulación pero con el tubo No. 130 cerrado.

El tubo No.8 es el tubo único de diámetro equivalente a los dos tubos conectados en paralelo que existen en la realidad y abastecen por bombeo al reservorio El Tablazo. El diámetro equivalente ha sido calculado con la fórmula de Hazen-Williams.

En los tubos conectados a reservorios (Nos. 8, 130, 134, 140) se han instalado válvulas check, así como en los tubos Nos. 4 y 5 que empalman las bombas con el tubo común No.6. El tubo No. 175 ha sido también cerrado para simular la falta de operación del reservorio de 1000m³ de Tudela.

Las válvulas importantes del sistema han sido examinadas en el campo para poder simular en el cálculo el número de vueltas de cada una como pérdida menor de carga.

Para simular una válvula cerrada se ha definido el tubo respectivo como tubo con el código de estado equivalente a "cerrado".

El signo (←) antes del valor de un caudal de tubo, indica un flujo de sentido contrario a lo ingresado en el cálculo según el orden de los nudos.

Para poder simular la situación más cercana a la realidad ha sido necesario tomar en cuenta las pérdidas físicas en la red de distribución. Para determinar las pérdidas se ha utilizado el cálculo hidráulico presentado en el hipótesis No. 4 y descrito en el acápite siguiente 5.4 - 5.

Las demandas de los nudos se han ingresado en todas las hipótesis como descrito en el acápite 5.4.4.1.3

Hipótesis No.1

Cálculo hidráulico sin demanda con pleno bombeo, para averiguar los tramos donde hay la presión máxima. El subsistema de Nuevo Tumbes ha sido desconectado. Como las bombas generan una presión mayor sin lanzar agua al reservorio el Tablazo, el tubo No. 8 de llegada al reservorio ha sido cerrado.

En la presentación gráfica del Anexo 5.4-3 se indican con línea punteada los tubos donde la presión crece hasta 3.2 bar. La presión no sube más de 3.4 bar, lo que indica que no hay peligro para los tubos de la red, sino solamente para las conexiones antiguas con plomo para usuarios.

Hipótesis No.2

Cálculo hidráulico para averiguar el diámetro de los tubos de la red actual en caso de 4 incendios simultáneos y demanda agregada sin coeficientes de punta, pero considerando las pérdidas físicas en la red de 33%. El modo de determinación de las pérdidas se describe en el acápite 5.4.5.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

El caudal de incendio se ha considerado de 26.7 l/s. Este caudal corresponde a una zona común de viviendas y unidades comerciales construidas con paredes y techos sin protección contra fuegos donde se encuentran materiales inflamables o que pueden formar puentes de fuego entre edificios y con acceso difícil. Los nudos escogidos son:

- 4816: Plaza de Armas (Municipalidad, Bancos, Biblioteca Pública, Cuartel, Unidades Comerciales)
- 4803 Banco y Cuartel
- 3816 Grifo y Cuartel
- 3801 Hospital y Cuartel

Los resultados se indican en el Anexo 5.4-4 que contiene la presentación gráfica, donde se observa que los tubos de la red pueden abastecer los puntos de incendio mientras que en los otros nudos la presión no baja de 2m.

Hipótesis No.3

Cálculo de verificación de la red existente con demanda agregada, 33% pérdidas, y con los coeficientes de punta calculados: "1.8" (para demanda doméstica entre las 8:00y las 9:00 según se muestra en el cuadro 5.15); „1.3“ (para demanda doméstica el día Martes según se ve en el cuadro 5-15); $1.34 \times 2.97 = 3.98$. La demanda resultante de esta manera es de 1164.6 l/s.

Se observa en el Anexo 5.4-5 y en su gráfico que la red actual no puede abastecer toda la ciudad con la excepción del casco antiguo. Los tubos punteados en el gráfico representan presiones negativas.

Hipótesis No.4

Cálculo hidráulico auxiliar (Anexo 5.4-6) para la determinación de pérdidas descrito en el acápite siguiente 2.4.5.

Hipótesis No.5

Cálculo hidráulico que se encuentra en el Anexo 5.4-7 se ha realizado con diámetros de tubos cambiados para una optimización que cumple con las condiciones de la Hipótesis No. 3. La demanda considerada corresponde a la demanda descrita para la Hipótesis No. 3. La presentación de las conclusiones se encuentra en el acápite 5.4.6, recomendación m).

5.4.5 Estimación de las pérdidas de agua

Lo que se entiende por "Pérdidas de agua" es sinónimo en términos económicos como "pérdida de dinero" y representan la diferencia entre la entrada y la salida del sistema. En este acápite se tratarán solamente las pérdidas volumétricas después de la Planta de Tratamiento que no incluyen pérdidas financieras por falta de cobranza. Una recapitulación de las pérdidas del sistema integral se presentará en el Informe 3 para determinar el déficit.

5.4.5.1 Pérdidas en la línea de impulsión

Las dos líneas de impulsión de AC, 16" entre la Planta de Tratamiento y el reservorio El Tablazo se han encontrado en buen estado. Según los aforos y mediciones realizadas con la válvula Alicia cerrada (ver cuadro 5.10), el caudal promedio de salida de la Planta de Tratamiento es de 257.5 l/s y el caudal promedio de llegada al reservorio El Tablazo es de 253 l/s. La comparación de estos dos valores muestran una pérdida de 1.7 %.

5.4.5.2 Pérdidas en la red de distribución

En vista de que para el caso de la red de distribución que no se ve, es muy difícil de controlar las deficiencias, la manera de hacerlos es de controlar los volúmenes de agua abastecida. Por la misma razón, las pérdidas en la red no se pueden reducir bajo un cierto rango dependiente de la calidad de los materiales utilizados, de la calidad del trabajo de instalación y más que todo del mantenimiento. La propuesta del Consultor sería llegar como máximo a 20% de pérdidas en la red. El valor exacto es sujeto de coordinación con EMAPATUMBES. El Consultor está esperando los comentarios de EMAPATUMBES sobre este asunto.

De todas maneras una estimación más exacta sería posible solamente después de instalar y leer medidores para cada usuario conectado a la red en toda la ciudad y macromedidores (caudalímetros) a la salida de la Planta y de los reservorios así como en puntos estratégicos de la red.

En la zona piloto se han encontrado usuarios con las conexiones que figuran como "cortada", sin embargo destapan el tubo taponeado y llenan recipientes de volúmenes hasta a 2000 litros con una manguera y esto por varias veces. Por esta razón existe duda de la exactitud del resultado a cada intento de estimar las pérdidas físicas, causadas solamente por medio de tubos o accesorios defectuosos.

Para estimar las pérdidas actuales el Consultor ha utilizado el cálculo hidráulico presentado en el Anexo 5.4-6 y el método siguiente:

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- a) - cerrado de los tubos de abastecimiento de Nuevo Tumbes como en el Hipótesis 1. De esta manera la demanda de la zona desconectada ha sido puesta por el programa a cero. La demanda remanente es de 164.34 l/s
- b)- cerrado de las bombas de la Planta de Tratamiento .
- c)- abastecimiento de Tumbes antiguo, sólo del reservorio el Tablazo como ocurre luego de las 17:00 horas.
- d)- las zonas donde la presión del agua baja hasta cero ha sido determinada con el cálculo hidráulico y averiguada en la red existente con manómetros y preguntando a los usuarios. Los nudos que se encuentran en la zona mencionada con la demanda respectiva son:

Nudo	Demanda	Nudo	Demanda	
	[l/s]		[l/s]	
6810	1.28	2005	2.24	
6818	0.59	2002	0	
7201	3.04	2101	1.04	
1902	0.87	2104	1.43	
1905	1.38	2106	2.53	
2001	0.91	3103	2.21	
2003	0.84	3106	1.27	Total
Total	8.91	Total	10.72	19.63

La demanda de 19,63 l/s es la demanda que causaría una presión negativa en las zonas mencionadas. Para determinar la demanda que permitiría una presión positiva, se han efectuado cálculos hidráulicos disminuyendo la demanda de estos nudos hasta que la presión sea positiva. La demanda total resultada es de 153.42 l/s.

- e)- esta demanda ha sido comparada con la demanda resultante del aforo presentado en el cuadro 5.12 "Aforos vaciando el reservorio el Tablazo" entre 15:00 y 18:00 horas.

1 - (Demanda total calculada / Caudal ingresado aforado) = pérdidas físicas

$$1 - (153.4 / 229) = 33 \%$$

Porcentaje de pérdidas físicas en la red: **33 %**

Las pérdidas calculadas incluyen las pérdidas después del medidor del usuario y consumo ilícito (por el modo de ingresar la demanda) y son parte del volumen de agua no contabilizada. El volumen

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

de agua no facturado incluye además volúmenes debidos a: errores de facturación, errores de lectura de los micromedidores y agua libre abastecida.

El volumen total de pérdidas en la red de distribución de Tumbes entre la Planta de Tratamiento y usuario se estima:

Volumen producido 1995:

- Planta de Tratamiento	248 l/s	
- Pozo Puyango:	16 l/s	
- Pozo Tudela:	20 l/s	
Total:	284 l/s	
Producción 18h:	$284 \times 18 \times 3600 / 1000 =$	18,403.2 m ³ /d
Producción anual:	$18403.2 \times 365 =$	6,717,168 m ³ /año

Volumen de producción 1995: 6,717,168 m³

Volumen facturado en 1995 consolidado y agregado por el Consultor: 3,311,928 m³

Volumen no facturado: 3,405,240 m³

Porcentaje total de pérdidas: $3,405,240 / 6,717,168 = 51\%$

Pérdidas entre Planta y red: 1.7 %

Porcentaje de pérdidas administrativas: $51\% - 1.7\% - 33\% = 16.3\%$

5.4.5.3 Resumen de pérdidas

Pérdidas de producción entre captación y salida de la planta: 10 %

Pérdidas entre planta y red: 1.7 %

Pérdidas entre red y usuario: 33 %

Pérdidas administrativas: 16.3 %

Total pérdidas sistema de agua potable de Tumbes: 61 %

5.4.6 Optimización de la capacidad de la red existente

La finalidad de la optimización de la capacidad existente es aumentar la presión del agua en la red existente, con mínima inversión, con los medios al alcance de EMAPATUMBES y como resultado de las investigaciones y recomendaciones del Consultor.

Las recomendaciones del Consultor se refieren a medidas inmediatas y medidas de corto plazo para reducir al máximo el malgasto de agua.

Las medidas inmediatas van a mejorar la situación existente o facilitar la realización de las medidas de corto plazo.

- a) Independizar la operación de la válvula Alicia del bombeo, para llenar el reservorio El Tablazo. - medida inmediata

El Consultor se refiere aquí al hecho que entre las horas de bombeo para llenar el reservorio El Tablazo, la válvula Alicia estaba abierta solamente en 4 vueltas. Durante este tiempo la ciudad no recibe o recibe poca agua. Conectando la cisterna de la planta con el tubo de conexión a la red por un empalme con su válvula detrás de la válvula Alicia, se podría bombear con toda capacidad hacia el reservorio "El Tablazo" con la válvula Alicia cerrada. De esta manera la ciudad recibiría agua sin restricción.

- b) Abastecer al reservorio Lishner Tudela mediante la planta de tratamiento N°3 a trves de la cisterna de 60 m³ que actualmente abastece a la zona de de Tumbes Intermedio pero que a partir de 1997 quedara libre ya que esta zona sera abastecida por el Pozo El Mirador, esta es una medida inmediata.

Por el arenamiento del Pozo Tudela el reservorio de 1000m³ se ha quedado inutilizado y la población de las zonas altas de Nuevo Tumbes sin agua. El abastecimiento se realiza con camiones cisterna con agua desde la planta de Tumbes. Esta situación dificil se podría remediar con la medida mencionada anteriormente.

- c) Reemplazo de las conexiones que actualmente cuentan con tubería de plomo con PVC - medida inmediata.
- d) Elevar las conexiones profundas- medida inmediata.
- e) Instalación de cajas y/o tapas faltantes de las conexiones - medida inmediata

Las conexiones sin protección están expuestas a daños físicos externos, facilitando así fugas y contaminación.

f) Instalación y lectura de medidores a cada usuario - medida inmediata.

El efecto primario de ésta medida será el mejoramiento financiero de EMAPATUMBES

El efecto secundario de esta medida será el aumento de la presión por las siguientes razones:

En cada vivienda la instalación de agua tiene fugas causadas por falta de mantenimiento. La mayoría de las fugas se encuentran en los caños, en las tuberías y en las válvulas con flotador del WC que no cierran bien. Además por los cortes de agua en la tubería quedan abiertos.

No es costumbre de la población de Tumbes de cuidar el agua. La razón es que el agua no se paga según el volumen del consumo sino según el volumen considerado como mínimo para el diámetro de la conexión. Significa que si un consumidor utiliza menos agua de lo que pueda pasar por el diámetro respectivo, va a pagar el mismo monto que si utiliza más. Si uno supiera que cuidando el agua puede ahorrar dinero, va a dar mantenimiento a la instalación de agua en su casa. Bajando el consumo general de esta manera, la presión en la red va aumentar.

g) Búsqueda y reparación de los tubos y de las conexiones que presentan fugas. - medida inmediata.

El Consultor propone la siguiente metodología progresiva para la reducción de las pérdidas de agua en la red de distribución, en condiciones de baja presión y abastecimiento intermitente:

- Ubicación de las válvulas instaladas y enterradas
- Chequeo del estado de todas válvulas
- Reparación de las válvulas defectuosas
- Protección de las válvulas con tubo o cámara y tapa
- Chequeo y reparación de los hidrantes instalados en la red
- Determinación de las más pequeñas zonas aislables de la red usando las válvulas existentes.
- Complementación de la red con un número mínimo de válvulas para facilitar el aislamiento de zonas.
- Preparación de un camión cisterna con motobomba, caudalímetro y manguera de conexión a uno de los grifos existentes y en motobomba.
- Preparación de una manguera de conexión a los grifos existentes de salida y a otro caudalímetro, pero recuperando el agua con conexión a un reservorio o cisterna.

- Aislamiento sucesivo de las zonas escogidas y medición del caudal de ingreso y de salida de la zona durante la noche.

Para un mejor entendimiento, el sistema expuesto se muestra en la Figura 5-5:

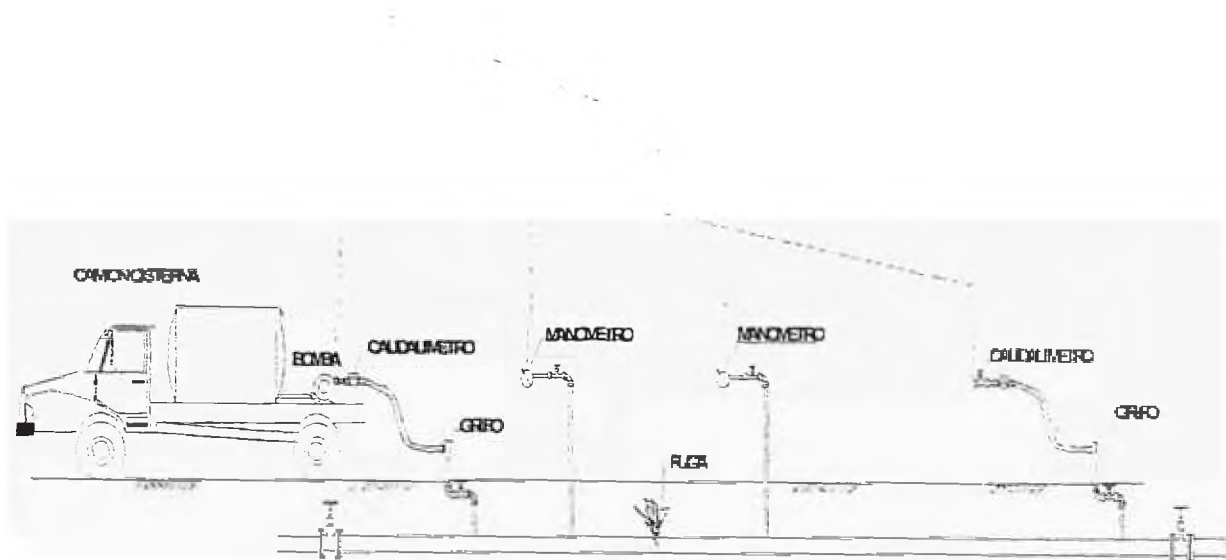


Figura 5.5: Metodo de verificación de las pérdidas en los tramos de la red

- Comparación de los dos caudales medidos y si existe diferencia, la instalación de manómetros entre los dos caudalímetros para ubicar aproximadamente la fuga. Si el estado financiero de la empresa lo permita, utilización de un equipo de ubicación de fugas con geófono. Este equipo se puede utilizar solamente con la condición de que la presión en la red sea de por lo menos 1 bar.
- Si el equipo mencionado no está disponible, se necesita romper el pavimento y hacer excavaciones testigo para ubicar la fuga. Dado el costo grande de la reparación del pavimento, el Consultor recomienda la adquisición de un equipo como el mencionado en el ítem anterior.
- Después de la reparación de la tubería, existe el peligro que por el incremento de presión elle se rompa en otro lugar. Para averiguar, es necesario repetir otra vez el procedimiento expuesto anteriormente para el mismo sector.

- Al inicio, los sectores pueden ser más grandes para evitar el costo de instalación de más válvulas. Si se constatan grandes diferencias entre los caudales de ingreso y de salida, se recomienda restringir la superficie de la zona investigada.

El método propuesto por el Consultor no debe entenderse como parte de los trabajos en el marco de este estudio.

La realización de las últimas optimizaciones expuestas facilitará la próxima medida propuesta.

- h) dejar de lado la orden de corte de agua entre las horas 17:00 y las horas 23:00 y pasar al abastecimiento de 24 horas - corto plazo.

Los mejoramientos que esta medida llevará con ella son:

- mantenimiento de la tubería de la red en estado lleno, hecho que disminuirá el peligro de contaminación.
- tubería llena no permitirá el ingreso y la medición del aire.
- el consumo suplementario de noche será a costo del usuario y ventaja de EMAPATUMBES. El costo de la energía eléctrica durante las horas de punta se calcularán en la tarifa del agua.

- i) Ubicación de todas las válvulas para su mantenimiento - medida de corto plazo.

Servirá para facilitar la realización de las siguientes medidas:

- j) Protección y señalización de válvulas con tubos o cajas y tapas - medida de corto plazo

- k) Desarrollar un sistema de ponderación por puntos para evaluar el estado de la tubería en la red.
medida de corto plazo

Esta última medida facilitará las medidas siguientes:

- El mantenimiento de un catastro y de un sistema de información sobre la red. El mencionado sistema de información incluye la simulación computarizada y la calibración para la operación adecuada de la red.
- El mantenimiento preventivo cada 5 años de los tubos y accesorios de la red.

- l) Dar continuidad a los ramales principales interrumpidos - medida de corto plazo

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

m) Propuestas para cambio del diámetro de ciertos tramos - medida de corto plazo

Se ha analizado la red de distribución en las condiciones más desfavorables en la hipótesis de calculo No.3.

Para que la red funcione en éstas condiciones, según el cálculo de optimización presentado en el Anexo 5.4-7, se requiere cambiar el diámetro de los tramos siguientes al diámetro indicado. Los números de los tramos se refieren al dibujo TAP-5-5 anexado.

TRAMO Nº	DN	TRAMO Nº	DN	TRAMO Nº	DN	TRAMO Nº	DN
75	150	103	150	163	300	179	200
87	300	104	300	164	300	180	150
89	200	105	250	168	300	181	200
90	150	106	250	169	300	182	300
92	200	107	200	170	300	183	300
93	300	110	150	171	250	186	200
94	250	111	150	172	250	187	200
95	200	112	200	173	250	188	150
96	200	147	150	174	250	192	300
97	150	150	150	175	250		
99	150	156	150	176	250		
101	150	159	200	177	200		
102	250	161	150	178	200		

Otros cambios de optimización en la red:

n) Detectar y señalar vicios ocultos en la red - medida de corto plazo. Se refiere aquí a las válvulas defectuosas, tubos obstruidos o fugas invisibles.

o) Regular válvulas para balancear las presiones - medida de corto plazo.

p) Ubicación de todos los grifos y brindarle mantenimiento - medida de corto plazo.

Esta medida facilitará no solamente la lucha contra incendios sino también el control periódico de la red y la detección de las fugas.

6. DETERMINACION DE LA DEMANDA, OFERTA Y DEFICIT

6.1 DEFINICIONES Y METODOLOGÍA

Para desarrollar el estudio de la demanda de agua potable, se ha empleado una metodología de investigación empírica. Mediante la instalación de medidores testigos a una muestra representativa se determinó la demanda real de agua potable. En la encuesta socioeconómica se investigó y determinó las funciones de demanda por estratos socioeconómicos de la población, para lo cual se hace uso de técnicas econométricas, además se analizaron los estudios efectuados de desarrollo urbano y las proyecciones de la población.

En un segundo paso, se define los servicios sanitarios para este estudio. Después se describe la determinación de cada servicio ofrecido. Se adjunta la oferta de la producción y de la distribución de agua potable.

El tercer paso describe la determinación del déficit de los servicios ofrecidos. Después de algunas definiciones, se presenta los criterios aplicados para los sistemas de agua potable y alcantarillado.

6.1.1 DETERMINACION DE LA DEMANDA DE SERVICIOS

6.1.1.1 Conceptualización

La importancia de la conceptualización de la demanda de agua potable, consiste en diferenciar claramente de otras variables tales como necesidad y consumo, con el fin de cuantificar correctamente la demanda.

El término consumo, puede ser igual a demanda bajo condiciones de pleno abastecimiento del servicio, se entiende por consumo generalmente cuando existe racionamiento del servicio, es decir la población no satisface sus requerimientos en función a su demanda.

En consecuencia se puede conceptualizar la demanda de agua, como la cantidad de dicho bien que la población estaría dispuesto ha adquirir en un tiempo determinado dado su nivel de ingreso, precio del bien, condiciones climatológicas, nivel socio cultural, disponibilidad de servicio, etc.

Con fines de medición de la demanda se considera que el agua consumida por una población se expresa usualmente en:

- Demanda Media Diaria (d.m.d.) es un indicador que es el resultado de dividir la demanda anual entre los 365 días del año.

- Demanda Máxima Diaria (D.max.d.), se considera así al nivel de demanda el día del año en que aquel es el más elevado.
- Demanda Máxima Horaria (D.max h.), se considera así al nivel de demanda durante la hora del día de mayor consumo (horas pico) en que aquel es más elevado.

Fig. 6.1 ESQUEMA DE LA CONCEPTUALIZACION DE LA DEMANDA

CONSUMO	DEFICIT	

DEMANDA		
NECESIDAD		

6.1.1.2 Demanda Actual de Servicios

Para determinar la demanda actual doméstica se tiene en consideración a toda la población ya sea conectada o no al sistema de red de agua potable y por niveles de estratos socioeconómicos y dentro de los conectados distinguiendo según condición de medición.

Fig. 6.2 ESQUEMA DEL ESTUDIO DE LA DEMANDA DOMESTICA DE AGUA POTABLE

POBLACIÓN TOTAL								
CONECTADOS A RED PUBLICA DE AGUA POTABLE						NO CONECTADO A RED		
CON MEDICIÓN			SIN MEDICIÓN			ESTRATOS		
ESTRATOS			ESTRATOS					
ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO

La influencia de las tarifas de agua potable que tiene sobre la demanda, debido a cambios que se efectúan en las variables microeconómicas reflejados en los costos de la empresa, se mide adecuadamente con su curva de demanda que está en función inversa al precio y medido a través de su elasticidad precio.

Para generar la información base con el fin de determinar la función demanda, se analizó primeramente la encuesta socioeconómica, sin embargo, debido a las características propias de la realidad de las ciudades, no fue posible captar toda la información pertinente, por lo que se procedió a complementar con investigación de campo y la instalación de medidores testigos, el segmento de población conectada a red pública de agua potable.

La metodología empleada en el análisis econométrico y la determinación de las funciones de demanda se encuentran ampliamente desarrolladas en el Volumen 5: Análisis Econométrico.

Para cuantificar la demanda comercial, se procedió a instalar medidores testigos, siguiendo la metodología de la categoría doméstica, distinguiendo entre aquellas conexiones que cuentan con medición y aquellas que no cuentan con medición.

Debido a las características particulares de la categoría estatal, una parte fue estimada a través de medidores testigos, siendo estos los pequeños consumidores mientras que a los grandes y mayores consumidores, tales como los cuarteles del ejército, instituciones públicas, hospitales, etc., se han efectuado en base a un trabajo de investigación con el fin de estimar el consumo real de este segmento de consumidores.

El segmento de consumidores de la categoría social es pequeño y su demanda ha sido estimada en base al trabajo de investigación que efectuaron las empresas con el fin de estimar el consumo real de este grupo de consumidores.

El estudio de la demanda industrial se ha desarrollado investigando inicialmente las características y actividad predominante de las industrias en el ámbito de influencia, en base a la información proporcionada por la oficina del Ministerio de Industrias.

6.1.1.3 Proyección de la Demanda

Para la proyección de la demanda, se tiene en consideración las políticas adoptadas para el servicio de agua potable ya sea del sector como de la misma empresa, orientadas a una adecuada cobertura del servicio y de micromedición, así como de las tarifas.

Proyección de la demanda doméstica por estratos socioeconómicos

En base al número de conexiones se proyecta la demanda de conectados y no conectados por separado.

Para proyectar la demanda de la población conectada con micromedición, se estima hasta el número de conexiones con medición para cada año hasta el horizonte del proyecto y para cada estrato socioeconómico (Alto, Medio y Bajo).

La proyección de la demanda de la población conectada sin medición para cada estrato de nivel socio económico alto, medio y bajo, ha sido estimado en base a los resultados de los medidores testigos lo cual no sufre variación debido a que no existe un consumo esperado por estar sujetos a una tarifa fija cuyo valor marginal es igual a cero.

La proyección de la demanda de la población no conectada ha sido estimada multiplicando el número de viviendas que no están conectadas al sistema por la demanda promedio de este segmento.

Para la demanda total doméstica se suma las demandas de población conectada sin y con medición y de la población no conectada.

6.1.1.3.1 Proyección de la demanda no doméstica comercial y estatal

Los términos de referencia sugieren que la demanda comercial y estatal correlacionan con la demanda doméstica. Esto no es apropiado debido a que estos sectores dependen fundamentalmente de sus propias funciones de demanda.

Se ha desarrollado un análisis con regresión de una serie de tiempo que modela el comportamiento del Producto Bruto Interno (PBI) de los últimos 23 años. Se obtuvo una tasa de crecimiento con mayor significancia estadística, económica y econométrica.

6.1.1.3.2 Proyección de la demanda industrial

Se analiza las características y el tipo de actividades de las industrias para identificar a las industrias que utilizan agua potable. Se discrimina la industria con sistemas de agua propios y de otros.

Se han efectuado visitas a cada una de las industrias consumidoras de agua potable con el fin de identificar sus necesidades futuras y sus planes en el corto, mediano y largo plazo. En aquellas industrias que tienen sus fuentes privadas se investigó la fecha probable en que formarán parte de los consumidores del sistema de red de agua potable.

Sin embargo, debido a que existe poco desarrollo industrial, para la proyección se ha desarrollado análisis de regresión en función al comportamiento histórico del Producto Bruto Interno (PBI) de los

últimos 23 años, con el fin de obtener una tasa de crecimiento y escoger aquel que tenga mayor significancia estadística, económica y econométrica.

6.1.2 DEFINICION DE LA OFERTA DE LOS SERVICIOS

Definición del Servicio

La Ley General de Servicios de Saneamiento N° 26338 señala lo siguiente:

“La Prestación de Servicios de Saneamiento comprende la prestación regular de: *servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial*, disposición sanitaria de excretas, tanto en el ámbito urbano como rural”.

En el Título III, Artículo 10 de la Ley antes señalada, se precisan los sistemas que integran los servicios de saneamiento:

Servicios de Agua Potable

- Sistema de Producción que comprende: captación y conducción de agua cruda; tratamiento y conducción de agua tratada.
- Sistema de Distribución que comprende: redes de distribución, almacenamiento y dispositivos de entrega al usuario; conexiones domiciliarias inclusive la medición, piletas públicas, unidad sanitaria y otros.

6.1.2.1 Oferta de Agua Potable

La oferta de un sistema de agua potable se divide en:

- Producción: captación, aducción, tratamiento y aducción
- Distribución: almacenamiento, bombeo y red

Oferta del Sistema de Producción

Como se ha indicado anteriormente, el presente Informe trata de la estimación del déficit de la situación sin proyecto, que significa para la evaluación de la oferta, lo siguiente:

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

a) Para cada elemento de un sistema, estimar la:

$$\text{Oferta}_{\text{SP}} - \text{Oferta}_{\text{ac}} + \text{Oferta}_{\text{MIO}} + \text{Oferta}_{\text{OPT}}$$

donde: $\text{Oferta}_{\text{SP}}$ - Oferta sin proyecto

$\text{Oferta}_{\text{ac}}$ = Oferta actual

$\text{Oferta}_{\text{MIO}}$ - Oferta adicional en base a medidas del MIO

$\text{Oferta}_{\text{OPT}}$ - Oferta adicional en base a medidas de optimización propuestas por el Consultor.

Como medidas del MIO, se entiende las actividades generales y/o puntuales que se realizan en base al Sub Programa B.

La optimización entiende actividades generales, como el establecimiento de un servicio de operación y mantenimiento (O+M), un proyecto de rehabilitación de redes combinado con la instalación de micromedidores y armonización de EEM. Las actividades puntuales se refieren a detalles ejecutados en uno u otro elemento.

Posterior a la consideración de las medidas de MIO y optimización, la oferta actual se mantiene igual. No se considera una ampliación de la capacidad, si no reemplazo de la misma. En caso de obras civiles se mantienen las estructuras.

b) Para cada elemento se analizan los efectos de vida útil, partiendo de la vida útil remanente de los principales sub-elementos existentes de cada elemento del sistema. Se diferencia entre equipos electromecánicos (EEM) y estructuras (OC).

En el curso del análisis, año por año se prevé el cambio de EEM, terminando su vida útil y en caso de estructuras se queda con vida útil remanente de 0 años, que tiene efectos negativos en la capacidad del elemento.

Para estimar los efectos de la vida útil se adoptan los siguientes valores para los sub-elementos principales:

	Vida Útil Remanente [años]	Eficiencia %
Obras Civiles	40 - 31	100
	30 - 21	95
	20 - 11	90
	10 - 06	85
	05 - 00	80
Bombas, EEM	20 - 16	100
	15 - 11	95
	10 - 06	90
	05 - 00	80
Tuberías	40 - 31	100
	30 - 21	95
	20 - 16	90
	15 - 11	85
	10 - 06	80
	05 - 00	75

Para lograr estos valores, se supone un nivel razonable de operación y mantenimiento, resultado de las mejoras que logra el impacto del presente programa.

Si un elemento funciona como conjunto de EEM y OC, se aplica generalmente una ponderación de 80/20 para definir la eficiencia.

La eficiencia refleja la estimación del funcionamiento de cada elemento, tomando en cuenta en forma estimativa y según el caso:

- Pérdidas (pérdidas físicas)
- Rugosidad (tuberías, canales)
- Reducción de capacidad nominal (bombas)
- Sedimentaciones (filtros y pozos)

Para la eficiencia inicial se considera los resultados de las mediciones efectuadas en los diferentes elementos como valor de referencia. A continuación la capacidad de la capacidad nominal con la respectiva eficiencia de los sub-elementos de un elemento, permite la estimación anual de la capacidad real de cada elemento en condiciones de "sin proyecto".

Coefficientes pico de elementos de producción

El coeficiente pico para elementos de producción de agua potable, como captación, aducción y tratamiento, es el factor K_1 (coeficiente máximo diario anual) según Norma Peruana $K_1 = 1.3$. Este valor está dentro del rango internacional.

Por la antigüedad de las plantas en las cuatro ciudades y su grado de deterioro se considera su capacidad como máxima disponible (Q Producción = Q Promedio $\times K_1$). La aplicación del factor K_1 está previsto para el dimensionamiento de obras que forman el "Proyecto".

Oferta de Bombeo (impulsión a la red)

Se analiza la capacidad instalada de bombeo de cada sistema bajo los criterios de un análisis de equipo electromecánico. Se analiza el bombeo también en forma separada por razones de efectuarse un distinto análisis de déficit en los pasos siguientes.

Oferta de Almacenamiento

Se analiza los almacenamientos de un sistema bajo los criterios de un análisis estructural, aplicando los criterios indicados anteriormente y ajustado a las condiciones de los reservorios.

Se analiza el almacenamiento en forma separada por razones de efectuarse un distinto análisis de déficit en los pasos siguientes.

Oferta del Sistema de Distribución

La oferta de las redes se analiza mediante una simulación hidráulica que permite la identificación de la capacidad de distribución de determinadas cantidades de agua dentro de un área definida de distribución.

La oferta es la suma de consumos que llegan con presiones positivas a los nudos.

$$Q_{\text{Oferta}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{pres. negativa}}$$

Se analiza para el área de influencia de la red consumos agregados de la población dentro del área, asumiendo un grado de conexión de 100% y considerando el desarrollo de densidades, según lo establecido en el "Plan de Desarrollo Urbano" (capítulo 4).

Se efectuaron las siguientes simulaciones:

Año 1995: La red en su estado actual, población y consumo actual

Año 2000: La red con sus medidas del MIO y optimización, población y consumo del año 2000.

Año 2010: La red como en el año 2000, población existente y consumo del año 2010

Año 2025: La red como en el año 2000, población existente y consumo del año 2025.

Se realizan corridas con el consumo promedio y con un coeficiente pico K_2 .

No se analiza en las simulaciones un incremento de rugosidad para vida útil por las siguientes razones:

- Es obligatorio efectuar un programa de optimización y rehabilitación de redes que permitan una mejora de la situación actual.
- Se asume que una de las metas del programa de apoyo al sector de Saneamiento Básico, es el fortalecimiento institucional, que tiene un efecto fundamental para establecer un nivel de manejo de operación y mantenimiento razonable.
- Bajo estas condiciones las redes van a encontrarse con vigilancia permanente, permitiéndose desarrollar las actividades correspondientes de reparaciones y cambio de tramos con condiciones insuficientes. De tal manera se mantiene una condición estable con cambios puntuales, pero a nivel general no significativos.

Coeficiente Pico

En los sistemas de agua potable se emplean coeficientes pico aplicados a los valores promedio para simular condiciones especiales y definir reservas necesarias de dimensionamiento.

$$K_1 = \text{máxima demanda diaria anual} \quad K_1 = \frac{Q \text{ máx } d}{Q_p}$$

$$K_2 = \text{máximo anual de demanda horaria} \quad K_2 = \frac{Q \text{ máx } h}{Q_p}$$

donde:

Q_p	caudal promedio anual.
$Q_{\text{max.d}}$	máximo caudal de un día en un año

$Q_{max\ h}$ = máximo caudal horario en el día de máximo consumo

El factor K_1 se aplica en el dimensionamiento de los elementos de producción (captación, aducción, planta y almacenamiento) y el factor K_2 en los elementos de distribución (bombeo, matrices e impulsiones).

6.1.3 DEFINICION Y DETERMINACION DEL DEFICIT DE LOS SERVICIOS

6.1.3.1 Déficit del Sistema de Agua Potable

Definición del déficit

La meta del presente informe es elaborar el “déficit sin proyecto” de cada localidad, para dar el margen de deficiencias que deben ser cubiertos por el proyecto (Plan de Expansión).

El “déficit sin proyecto” se define de la comparación de la oferta sin proyecto (oferta actual + oferta MIO + oferta optimización) descrito en el capítulo 6.2 y la demanda, resultado de las proyecciones del Estudio de Desarrollo Urbano y del Estudio de Demanda.

El déficit así establecido da el rango de actividades del “proyecto”, para llegar en etapas y/o procedimientos aún a definir a la meta final del estudio de una cobertura de servicio del sistema de agua potable de 90%.

Con este procedimiento general se puede analizar dos formas de déficit:

- déficit de un sistema existente
- déficit global

El nivel de análisis de déficit es la determinación de valores por hora y/o por día, correspondiente al nivel de un estudio de factibilidad.

Déficit del sistema existente

El déficit por sistema existente se define como déficit entre la oferta de un sistema y la demanda del área de influencia del sistema existente.

La aplicación de este análisis se debe principalmente a elementos de distribución.

A este nivel se analizan efectos de coeficientes pico $K_2 = 1.8$ como referencia.

Los resultados del análisis del déficit del sistema existente dan informaciones sobre déficits que pueden ser atendidos como optimizaciones efectuadas por obras del "proyecto".

Déficit global de servicios

Este nivel de análisis da resultados importantes respecto al análisis de elementos de producción.

El déficit global se define como déficit entre la oferta de un sistema y la demanda de la población global para servicios de agua potable.

Se analiza la oferta promedio y demanda promedio.

El resultado del análisis del déficit global es el margen que debe ser cubierto con actividades del proyecto para cada localidad.

6.2 DEMANDA

6.2.1 RESUMEN

En concordancia con los términos de referencia, en el presente Estudio se cuantifica el volumen de agua potable que actualmente demanda la población de la ciudad de Tumbes y por consiguiente de los próximos 30 años, el cual es comparado con la oferta de los sistemas de agua potable y alcantarillado, con el fin de determinar el déficit existente y proyectado en cada uno de sus componentes, sirviendo de base para el Estudio de Alternativas de Solución del Plan de Expansión de Mínimo Costo de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.

- Actualmente EMAPATUMBES tiene 12,218 conexiones domiciliarias en total, de los cuales el 91.45% son domésticas, representando el 76.42% de cobertura del servicio de agua potable; de otro lado la empresa registra una cobertura de micromedición de 3.95%. La continuidad del servicio se ha estimado en promedio total de 9 horas con 50 minutos, siendo el mayor abastecimiento de 13 horas con 30 minutos y el menor de 5 horas.
- El estudio de la demanda es integral, es decir comprende a todas las categorías; doméstico, comercial, industrial, estatal y social. Se pone énfasis en el estudio de la demanda doméstica el cual abarca a toda la población, conectada y no conectada al sistema de red pública de agua potable distinguiendo por niveles de estratos socioeconómicos alto, medio y bajo y dentro de los conectados por condición de medición.
- Dadas las condiciones de cobertura del servicio doméstico y de micromedición, así como de la continuidad del servicio, sistema de medición y asignación de volúmenes, se analizó los

consumos actuales domésticos (1995) registrados por la empresa, obteniendo como resultado un consumo promedio con micromedición de 130 l/hab/d y sin medición de 121 l/hab/d, los mismos que fueron evaluados, llegando a determinar que dichos consumos no representan la demanda real.

- Para determinar la demanda doméstica real de los conectados con medición, se procedió a instalar 142 medidores testigos, obteniéndose como resultado 144 l/hab./d en promedio y por niveles de estrato económico alto, medio y bajo de 252, 174 y 131 l/hab./d respectivamente. Para determinar la demanda de los conectados sin medición se instalaron 53 medidores testigos obteniendo como promedio 227 l/hab./d y por estratos 296, 260 y 216 l/hab./d respectivamente, cabe indicar que estas últimas cifras incluyen desperdicios, por estar sujetos a tarifa marginal cero.
- La demanda doméstica de los no conectados se estimó en base a la encuesta socioeconómica, obteniendo como resultado 24 l/hab/d en promedio y por estratos de nivel medio y bajo de 36 y 21 l/hab/d respectivamente.
- Se determinó la función demanda de agua potable para la ciudad de Tumbes, la misma que fué estimada en base a la información de la encuesta para los no conectados y de los medidores testigos para los conectados, para tal fin se utilizó técnicas econométricas, estimándose diferentes modelos (lineal y doble logarítmico). El supuesto general es que todos los consumidores tienen comportamiento homogéneo. Se escogió el modelo que presentó las mejores características económicas y econométricas, siendo el modelo escogido el lineal cuyos resultado general es el siguiente:

$$\text{CONSUMOT} = 20.44 - 5.06 \text{ PRECIOM} + 0.00727 \text{ INGRESO} + 0.00023 \text{ VV}$$

y por estratos socioeconómicos, los siguientes:

$$C (\text{ESTRATO ALTO}) = 43.25 - 5.06 (\text{PRECIOM})$$

$$C (\text{ESTRATO MEDIO}) = 37.04 - 5.06 (\text{PRECIOM})$$

$$C (\text{ESTRATO BAJO}) = 29.32 - 5.06 (\text{PRECIOM})$$

- La demanda comercial actual se estimó de los resultados obtenidos de los medidores testigos; para tal fin se instaló 155 medidores, determinándose 59.02 m³/mes/conexión para los que tienen micromedición y 88.05 m³/mes/conexión para los que no tienen medición, siendo el promedio de 81.49 m³/mes/conexión. Como resultado se obtuvo una demanda total de 75,702 m³/mes.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- La demanda actual estatal y social se determinó en base a los trabajos de investigación efectuados al respecto por EMAPATUMBES sobre consumos siendo en total 56,260 m³/mes.
- Para determinar la demanda industrial se investigó las características del sector, no encontrándose grandes Industrias consumidoras de agua potable, la demanda se estimó en base a los resultados de visitas efectuadas a cada uno de los 7 usuarios que tiene registrado EMAPATUMBES el cual es de 1540 m³/mes.
- La categoría doméstica se ha proyectado teniendo como base la proyección de la población, metas de cobertura del servicio en el corto plazo (1996-1999) determinados por la empresa, y lo previsto por el Proyecto siendo para el año 2000 de 81%, 2010 86% y 2025 90% y en base a la función demanda, el cual incorpora demandas esperadas derivadas del incremento de la tarifa marginal y distinguiendo por niveles de estrato. Se ha obtenido como resultado en la demanda de los conectados 225 l/hab/d para 1995 y 148 l/hab/d para 2025 como efecto de la micromedición, se reduce la participación de la demanda doméstica de 77% a 70% al inicio y final del proyecto respectivamente.
- Para la proyección de las categorías comercial, estatal é industrial, se ha tomado en consideración el comportamiento histórico de los últimos 23 años del PBI departamental, los cuales han sido regresionados obteniéndose como tasas de crecimiento promedio anual de 3.55%, 2.047% y 1.91% de las categorías comercial, estatal é industrial, respectivamente, la participación porcentual con respecto a la demanda agregada total al inicio del proyecto es de 12, 10.2 , 0.2 y 17.9, 11.8 , 0.3 al final del mismo respectivamente.
- Como resultado final se obtiene la demanda agregada, siendo al inicio del proyecto de 570.885 m³/mes equivalente a 220 l/s y 872,362 m³/mes equivalente a 337 l/s al final del proyecto.

6.2.2 AMBITO DE INFLUENCIA

El ámbito de influencia del estudio de la demanda se circunscribe al área urbana de la ciudad de Tumbes, el cual está abastecido por un sólo sistema de agua potable

Los centros poblados que conforman el ámbito de influencia son:

Cuadro 6.1 Ambito de influencia del Estudio

	CENTRO POBLADO URBANO	CATEGORIA
	TOTAL	
	CENTRO POBLADO	
1	Tumbes	Ciudad
2	Alan Garcia Pérez	Urbanización
3	Alipio Rosales	Pueblo Joven
4	Andrés Araujo	Urbanización
5	Andrés Avelino Cáceres	Pueblo Joven
6	Bellavista	Urbanización
7	Buenos Aires	Barrio-Cuartel
8	El Bosque	Pueblo Joven
9	El Milagro	Pueblo Joven
10	El Pacífico	Pueblo Joven
11	El Progreso	Barrio-Cuartel
12	El Tablazo	Pueblo Joven
13	José Lisner Tudela	Urbanización
14	Las Malvinas	Pueblo Joven
15	Las Mercedes	Pueblo Joven
16	Los Ficus	Pueblo Joven
17	Los Jardines	Urbanización
18	Miguel Grau	Pueblo Joven
19	Oswaldo Cabrera Urbina	Pueblo Joven
20	Pampa Grande	Pueblo Joven
21	Puerto Pizarro	Pueblo
22	Ricardo Flores	Urbanización
23	Salamanca	Pueblo Joven
24	San José	Barrio-Cuartel
25	San Nocivas	Pueblo Joven
26	Santa Rosa	Pueblo Joven
27	Siete de Junio	Pueblo Joven
28	Tumbes	Urbanización
29	24 de Julio	Pueblo Joven
30	24 de Junio	Pueblo Joven
31	Villa Naval	Urbanización

Fuente: INEI

6.2.2.1 Resultados de la Encuesta Socioeconómica

A continuación se presenta en forma resumida algunos de los resultados relevantes para el presente estudio de la encuesta socioeconómica, la misma que se encuentra analizada ampliamente y en forma completa en el documento del estudio socioeconómico.

Características generales de la población

Procedencia (%)

Nacieron en Tumbes	91.59
Nacieron en otro lugar	8.41

Densidad habitantes por vivienda por nivel de Estrato Económico (Hab.)

Alto	4.5
Medio	5
Bajo	5.87
Promedio Total	5.61

Viviendas con servicios de saneamiento (%)

Conectado a red pública de Agua Potable	76.42
No conectado a red pública de Agua Potable	23.58
Conectado a red de Desagüe	59.39
No conectado a red de Desagüe	40.61

6.2.2.2 Características del Servicio de Agua Potable

6.2.2.2.1 De los conectados a red pública

Cobertura del servicio (%)

Alto	100.00
Medio	90.57
Bajo	70.48
Promedio	76.42

Cobertura de micromedición (%)

Alto	2.19
Medio	5.12
Bajo	3.61
Promedio	3.95

Continuidad del servicio (en horas) 10

6.2.2.2.2 De los no conectados a red pública de agua potable

Fuentes de abastecimiento	Estrato	Estrato
	Medio	Bajo
	%	%
Camión cisterna	20.0	8.16
Pilones	-	16.23
Pozo público	20.0	38.78
Vecinos	20.0	36.76
Promedio Total	9.25	90.75
Tiempo promedio de abastecimiento en minutos	30	
Demanda promedio (m³/mes/viv)	3.99	
Pago por abastecerse de agua (%)		
Paga	15	
No paga	85	

6.2.3 CONSUMO ACTUAL DE AGUA POTABLE

En concordancia a lo indicado en la conceptualización de la demanda visto anteriormente, en el presente estudio, se entiende por consumo cuando la población está sujeta a racionamiento del servicio, así mismo cuando indicamos consumo actual nos referimos al consumo registrado por la Empresa a Diciembre de 1995, el cual constituye el año base.

6.2.3.1 Número de Usuarios por Categoría y Condición

6.2.3.1.1 Por categoría EMAPATUMBES tiene clasificado a sus usuarios por categorías, teniendo en cuenta el uso al que es destinado el bien y dentro de cada categoría sub clasifica según el diámetro de la conexión, los cuales la Empresa asigna volúmenes de consumos mínimos con fines de facturación.

Cuadro 6.2..Estructura porcentual del número de usuarios por categoría de uso y subclasificación por diámetro de conexión a diciembre de 1995

CATEGORIA	DIAMETRO (pulgadas)	CONSUMO MIN. (m ³ /mes)	TARIFA POR EXCESO (S/)	Nº CONEX.	ESTRUT. %
DOMESTICO 001	1/2 , 5/8	20	1,23	11043	
DOMESTICO 002	3/4	40	1,23	124	
DOMESTICO 003	1	80	1,23	7	
TOTAL DOMESTICO 020	1/2 , 5/8			11174	91.45
COMERCIAL 016	1/2 , 5/8	30	1,26	462	
COMERCIAL 017	3/4	60	1,26	36	
COMERCIAL 018	1	120	1,26	2	
COMERCIAL 020	2	300	1,26	1	
SUBTOTAL COMERCIAL 030	1/2 , 5/8			501	
COMERCIAL 009	1/2 , 5/8	50	1,26	380	
COMERCIAL 010	3/4	100	1,26	33	
COMERCIAL 011	1	200	1,26	11	
COMERCIAL 013	2	500	1,26	3	
COMERCIAL 015	3	1000	1,26	1	
SUB TOTAL COMERCIAL 050	1/2 , 5/8			428	
TOTAL COMERCIAL				929	7.60
INDUSTRIAL 023	1/2 , 5/8	100	1,84	4	
INDUSTRIAL 024	3/4	200	1,84	1	
INDUSTRIAL 025	1	400	1,84	2	
TOTAL INDUSTRIAL 100	1/2 , 5/8			7	0.06
ESTATAL 044	1/2 , 5/8	50	0,68	28	
ESTATAL 045	3/4	100	0,68	12	
ESTATAL 046	1	200	0,68	6	
ESTATAL 047	1 1/2	400	0,68	1	
ESTATAL 048	2	500	0,68	3	
SUB TOTAL ESTATAL 050	1/2 , 5/8			50	
ESTATAL 037	1/2 , 5/8	100	0,68	14	
ESTATAL 038	3/4	200	0,68	7	
ESTATAL 039	1	400	0,68	6	
ESTATAL 041	2	1000	0,68	5	
ESTATAL 043	4	3000	0,68	2	
SUB TOTAL ESTATAL 100	1/2 , 5/8			34	
TOTAL ESTATAL				84	0.69
SOCIAL 058	1/2 , 5/8	15	0,85	16	
SOCIAL 059	3/4	30	0,85	5	
SOCIAL 060	1	60	0,85	2	
SOCIAL 062	2	240	0,85	1	
TOTAL SOCIAL 015	1/2 , 5/8			24	0.20
TOTAL GENERAL				12218	100

Fuente : EMAPATUMBES

A diciembre de 1995 según información estadística de la empresa EMAPATUMBES, existían 12,218 conexiones domiciliarias en total, siendo en su mayoría las conexiones domésticas, las cuales representan el 91.45% del total, seguido de la categoría comercial 7.60%; las categorías industrial, estatal y social en conjunto representan sólo el 0.95%.

6.2.3.1.2 Por condición

La empresa EMAPATUMBES, también clasifica a sus usuarios por condición, teniendo en cuenta si las conexiones tienen instalados micromedidores, las cuales a su vez se sub clasifican en función a la operatividad de los mismos.

Cuadro 6.3 Estructura porcentual del número de usuarios por condición Diciembre 1995

CATEGORIA		TOTAL CONEXIONES	CON MEDIDOR				SIN MEDIDOR
			TOTAL	OPERATIVOS		NO OPERATIVO	
				LEIDOS	NO LEIDOS		
DOMÉSTICO	TOTAL	11174	2541	441	s.i.	2100	8633
	%	100	22,74	3,95		18,79	77,26
COMERCIAL	TOTAL	929	579	210	s.i.	369	350
	%	100	62,33	22,60		39,72	37,67
INDUSTRIAL	TOTAL	7	5	2	s.i.	3	2
	%	100	71,43	28,57		42,86	28,57
ESTATAL	TOTAL	84	28	5	s.i.	23	56
	%	100	33,33	5,95		27,38	66,67
SOCIAL	TOTAL	24	7	2	s.i.	5	17
	%	100	29,17	8,33		20,83	70,83
TOTAL	TOTAL	12218	3160	660	s.i.	2500	9058
	%	100	25,86	5,40		20,46	74,14

Fuente: EMAPATUMBES

Según el cuadro se aprecia que la categoría doméstica tiene porcentualmente un nivel bajo de micromedición, existiendo un nivel alto de medidores no operativos.

Sin embargo, la información referente al nivel de micromedición, es sólo referencial debido a que no existe un control adecuado de los mismos, como veremos más adelante.

6.2.3.2 Coberturas

6.2.3.2.1 Del servicio

El nivel de cobertura del servicio se determina a través de la relación porcentual entre la población servida conectada al sistema de agua potable y la población total del área de influencia del proyecto.

Para determinar la cobertura del servicio a diciembre de 1995, primeramente se evaluó cuidadosamente la información estadística referente al número total de conexiones domésticas, que maneja la empresa EMAPATUMBES, para tal fin se cruzó la información de la empresa con los resultados del Censo de Población y Vivienda a julio de 1993 y los resultados de la encuesta socioeconómica realizados por nuestra Asociación.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

De acuerdo a la información del Censo de Población y Vivienda a Julio de 1993 se registraron en el área urbana de Tumbes 14,093 viviendas particulares, de los cuales 10,315 tenían conexiones de agua potable, llegando a una cobertura de 73.2% del servicio.

Según documentación estadística de la empresa, a Julio de 1993 se registrarón 8,558 conexiones domésticas y a Diciembre de 1995, 9,458 conexiones de la misma categoría; por consiguiente en dicho periodo EMAPATUMBES instaló 900 conexiones adicionales.

Añadiendo las 900 conexiones al registrado según Censo de 1993 (10,315), llegamos a estimar a Diciembre de 1995 la existencia de 11,215 conexiones domésticas. De otro lado para la misma fecha se estima que existen 14,620 viviendas, obteniéndose una cobertura de 76.71% del servicio.

De otro lado, como resultado de la encuesta socioeconómica se obtuvo una cobertura de 76.42%, la cual es casi similar al resultado obtenido en base al censo.

Por tanto, en el presente estudio será utilizado la cobertura de 76.42%, en los cálculos posteriores por ser resultado de nuestra investigación y guardar coherencia del nivel de cobertura por estratos socioeconómicos.

6.2.3.2.2 De micromedición

En el presente estudio se entiende por cobertura de micromedición a la relación porcentual entre el número de medidores operativos y el total de conexiones.

La empresa reportó a diciembre de 1995, un total de 2,541 conexiones domésticas con micromedición, de los cuales 441 conexiones con medidor leídos; sin embargo, la empresa no registra el número de medidores operativos, por tanto para determinar la cobertura de micromedición se ha tomado la información de los efectivamente leídos. Por consiguiente la cobertura se estima en 3.95% (cuadro 6.3).

Para estimar la cobertura de micromedición por estratos se han tomado los resultados de la encuesta socioeconómica de los que pagan según medidor, cuyo resultado es el siguiente: estrato alto 2,19%, estrato medio 5,12% y estrato bajo 3,61%.

6.2.3.3 Continuidad del Servicio

La continuidad del abastecimiento del servicio a la población, está en función, entre otros factores, a la continuidad de la operación del sistema de producción y sistema de reserva y distribución.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

La ciudad de Tumbes de acuerdo a su topografía presenta claramente tres sectores; Parte Alta, Parte Baja y el sector de Nuevo Tumbes, esta última tiene menos horas de abastecimiento que la primera y segunda.

La Parte Baja de la ciudad tiene un abastecimiento de 13 horas con 30 minutos, empezando a las 3.30 horas y concluyendo a las 17 horas.

El abastecimiento en la Parte Alta de la ciudad es 6 horas no continuas, siendo el primer rango de abastecimiento de 3 horas y 30 minutos, de 4.30 horas hasta las 8.00 horas y el segundo rango de 2 horas y 30 minutos, empezando a las 12.30 horas y terminando a las 15.00 horas.

En el sector de Nuevo Tumbes, a su vez existen dos zonas que se abastecen de un sólo pozo, los que tienen abastecimiento alterno, es decir 5 horas en la mañana para el sector de Andrés Araujo y 5 horas en la tarde para la zona de Lisnher Tudela.

Por todo lo indicado, se puede apreciar que no existe pleno abastecimiento del servicio, determinándose que la ciudad de Tumbes solo cuenta con el servicio 9 horas con 50 minutos en promedio.

6.2.3.4 Análisis de los Consumos Actuales

La información para el análisis de los consumos actuales proviene de las estadísticas de la Empresa EMAPATUMBES, referentes a los consumos medidos y no medidos, registrados para todos los meses del año de 1995, dadas las condiciones de producción, continuidad de abastecimiento de servicio, sistema de medición y consumos mínimos asignados (anexo 6.3.4-1).

6.2.3.4.1 Consumos domésticos

EMAPATUMBES, como vimos anteriormente, clasifica también a sus usuarios por condición, pudiendo ser estos medidos y no medidos.

Con Medición

La empresa en sus estadísticas de consumo doméstico registra consumos medidos, los cuales se clasifican a su vez en tres niveles, cuyos consumos promedios son los siguientes.

Cuadro 6.4 Consumo doméstico con medición promedio mensual del año 1995

CATEGORIA	CONEXIONES		CONSUMO	
	TOTAL	%	TOTAL	l/hab/d
DOMESTICO 001	2523	97.1	21.29	126
DOMESTICO 002	72	2.8	41.60	247
DOMESTICO 003	3	0.1	87.53	520
TOTAL	2598	100	21.93	130

Fuente : EMAPATUMBES

Se observa que la estructura porcentual descrita anteriormente no guarda relación alguna con la estratificación real por niveles de ingreso económico de la población siendo estos bastantes diferentes. Al respecto es pertinente indicar que EMAPATUMBES no clasifica a sus usuarios domésticos por niveles de estratos.

Por tanto, se determinó que no existe micromedición efectiva a través de medidores, sino se estima el consumo, en algunos casos teniendo como referencia el diámetro de conexión que tiene la vivienda y en su gran mayoría a pesar que se cuenta con medidores se le aplica el consumo mínimo; esto se debe principalmente a que la empresa no efectúa un seguimiento de los consumos con mediciones reales y además no se tiene un control del estado de los medidores debido a que no cuenta con un taller de reparación que garantice adecuadamente el funcionamiento de los mismos.

De otro lado es preciso remarcar la fuerte restricción, cuyo promedio de abastecimiento es cercano a las 10 horas, lo que no permitiría una micromedición real.

Por consiguiente dichas cifras de consumo medidos no son confiables para los fines que persigue el Estudio, por todo lo indicado anteriormente y por su cercanía al valor de los consumos no medidos (asignados) como veremos mas adelante.

Sin Medición

EMAPATUMBES asigna volúmenes de consumos mínimos en función al diámetro de conexión y tiene tres categorías a su vez dichos consumos son los siguientes:

Cuadro 6.5 Consumo doméstico sin medición promedio mensual del año 1995

CATEGORIA	DIAMETRO	CONSUMO MINIMO m3/mes	CONEXIONES		CONSUMO PROMEDIO m3/mes	l/hab/d
			TOTAL	%		
DOMESTICO 001	1/2 , 5/8	20	8520	99,3	20,16	120
DOMESTICO 002	3/4	40	52	0,6	40,87	243
DOMESTICO 003	1	80	4	0,1	80	475
TOTAL			8576	100	20,32	121

Fuente : EMAPATUMBES

Los volúmenes de consumos asignados en la mayoría de los casos son sub registros de los verdaderos consumos reales, debido a que se practica en estos grupos de consumidores el desperdicio del bien; existen estudios al respecto tal como: "Estudio de Demanda de Agua Potable que realizó el PRONAP en 1994" que indican que los consumos no medidos son mayores a los medidos. Por lo tanto, al comparar los consumos medidos y no medidos dados por EMAPATUMBES encontramos que no hay una relación lógica en sus magnitudes.

Las cifras anteriormente descritas confirman una vez más que en su gran mayoría los consumos micromedidos no son tales, sino son asignaciones que se imputan en función al diámetro de conexión.

6.2.3.4.2 Consumos no domésticos

Como vimos anteriormente la categoría no doméstica se clasifica a su vez en comercial, industrial, estatal y social, los cuales representan en conjunto el 8.55% del total de conexiones.

Los consumos medidos y no medidos que registra la empresa en promedio para el año 1995 es el siguiente:

Cuadro 6.6 Consumo de los no domésticos promedio mensual del año 1995

CATEGORIA	MEDIDOS		NO MEDIDOS	
	Nº CONEX.	m ³ /mes	Nº CONEX.	m ³ /mes
COMERCIAL	572	54,87	355	58,58
INDUSTRIAL	6	460,94	3	100,00
ESTATAL	30	382,10	56	264,50
SOCIAL	7	84,02	16	115,48

Fuente : EMAPATUMBES

Sobre los consumos medidos se puede indicar:

Las consideraciones y apreciaciones expuestas en el caso de los consumos domésticos, son válidos para el segmento de consumidores no domésticos.

Con respecto a los consumos no medidos, estos se calculan en base a los diámetros de conexiones, asignándose consumos mínimos según la estructura indicada en el cuadro 6.5.

6.2.4 DEMANDA ACTUAL DE AGUA POTABLE

Es importante recordar la conceptualización de la demanda actual de agua potable. El cual es la cantidad de dicho bien que la población estaría dispuesto ha adquirir en un tiempo determinado, dado su nivel de ingreso, precio del servicio, condiciones climatológicas, nivel socio cultural, disponibilidad del servicio, etc.

Para determinar la demanda actual de agua potable, nuestra Asociación con el apoyo de la empresa EMAPATUMBES efectuó un trabajo de investigación, dentro del cual uno de los objetivos era determinar la demanda actual, en vista de no contar con información confiable para su determinación conforme se evalúa en la parte que corresponde al análisis de los consumos actuales. Por tanto, los resultados que más adelante se van a mostrar son los que reflejan lo más cerca posible el comportamiento real de la demanda.

Dicha investigación consistió inicialmente en seleccionar una zona piloto, con viabilidad técnica y operacional, con pleno abastecimiento del servicio y que agrupe a todas las características socioeconómicas (estratos de ingreso: alto, medio y bajo), así como al mayor número posible de categorías de consumidores (domésticos, comerciales, industriales y estatales), de otro lado se tuvo en cuenta la existencia de conexiones con medidores y conexiones sin medidores.

Seleccionada la zona se instaló medidores testigos al cien por ciento de conexiones identificando las categorías y en general quienes tenían medidor y los que no tenían; las que ya tenían se les cambió por los medidores testigos con el fin de evitar riesgos de mal funcionamiento.

Instalados los medidores se coordinó con EMAPATUMBES sobre el servicio, la factibilidad operacional de contar con el pleno abastecimiento, lo cual no fué posible debido a los altos costos en que tenía que incurrir la empresa en el bombeo de agua en horas punta de consumo de energía eléctrica por lo que se abasteció a la zona piloto durante 21 horas continuas, comenzando a las 23 horas y concluyendo a las 20 horas del día siguiente.

Las lecturas se efectuaron durante 9 días los mismos que no podían ser más debido a la factibilidad operacional. Se empezó el 22.03.96 y concluyó el 30.03.96 del mismo mes, con lecturas diarias.

Recopilada la información se procedió a sistematizar los datos por días, así mismo se distinguió por categorías y según condición, posteriormente se analizó, cuidadosamente para luego separar los datos que presentaban inconsistencia debido a errores en las lecturas.

Con los datos depurados se procedió a determinar la demanda promedio diaria para cada usuario, con este resultado se procedió a estimar la demanda mensual para cada uno.

A continuación se muestra el esquema general de instalación de medidores testigos para la determinación de la demanda actual.

6.2.4.1 Demanda Doméstica

Para determinar la demanda actual de agua potable se ha separado inicialmente en dos segmentos de consumidores, los conectados a red pública de agua potable y los no conectados; a su vez dentro de los primeros se distingue por condición (medidos y no medidos) y por estratos de ingreso económico (alto, medio y bajo).

Para efectuar los cálculos de las cantidades demandadas del primer segmento de consumidores, se ha procedido a instalar medidores testigos a los consumidores, distinguiendo a los que tenían y no medidores en sus instalaciones y para el segundo segmento de consumidores se ha calculado en base a los resultados de la encuesta socioeconómica.

6.2.4.1.1 Consumidores conectados

Se instalaron 142 medidores testigos, distribuidos en aquellos que tenían anteriormente medidores y que fueron reemplazados y en aquellos que no tenían medidores y fueron instalados por primera vez siendo 89 y 53 respectivamente, de los cuales fueron considerados para el análisis 69 y 41, siendo depurados por constituir datos inconsistentes y erróneos 20 y 12 respectivamente.

El objetivo principal de distinguir según condición encontrada en el momento de instalar los medidores testigos es demostrar que aquellos cuya condición encontrada fué con medidor ya sea operativo o no, se ve reflejado de manera más aproximada la demanda real de la población, porque alguna vez la empresa facturó de acuerdo a su consumo leído efectivamente, es decir el comportamiento es racional por estar sujetos a los mecanismos del mercado

Sin embargo, en aquellos que nunca tuvieron un medidor se refleja una demanda irreal debido a que se practica el desperdicio por estar acostumbrados a una tarifa fija y por consiguiente no haber sentido el efecto tarifario.

Cuadro 6.7 Distribución de medidores testigos por condición encontrada en el momento de instalar los medidores

DENOMINACION	TOTAL	CON MEDIDOR OPERATIVO	CON MEDIDOR NO OPERATIVO	CON MEDIDOR TOTAL	SIN MEDIDOR
INSTALADOS	142	17	72	89	53
SEPARADOS	32	3	17	20	12
TOTAL	110	14	55	69	41

Fuente : Medidores Testigos - Marzo 1996

Como resultado de la medición efectiva se pudo estimar la demanda en cada una de las viviendas de la zona piloto y para cada segmento, con medición y sin medición (Anexo N° 6.2.4-1).

Para determinar la demanda promedio de agua potable por condición y por estratos en los niveles: alto, medio y bajo, en la zona piloto se incidió con la toma de encuestas con el fin de determinar las características socioeconómicas de la población del área, llegándose a los siguientes resultados.

Cuadro 6.8 Demanda doméstica actual promedio por condición y estratos

ESTRATO	CON MEDICION	CON MEDICION	SIN MEDICION	SIN MEDICION
	DEMANDA PROM.	DEMANDA PROM.	DEMANDA PROM.	DEMANDA PROM.
	m ³ /mes/conx	l/hab/d	m ³ /mes/conx	l/hab/d
ALTO	34.00	252	40.00	296
MEDIO	26.10	174	39.00	260
BAJO	23.10	131	38.00	216
TOTAL	24.20	144	38.28	227

Fuente: Medidores Testigos - Marzo 1996

Como se puede apreciar, la demanda de la población sujeto a micromedición es menor en promedio (24.20 m³ mes/conex), debido a que este segmento de población está sujeto a los mecanismos del mercado es decir que perciben el efecto tarifario al realizar pagos por cada unidad adicional de consumo, constituyendo su demanda real.

El segmento de la población no sujeto a micromedición tiene una demanda mayor en promedio (38.28 m³/mes/conx), es decir 58% más que el otro segmento, debido a que no está sujeto a los mecanismos del mercado y no percibe el efecto tarifario por estar sujeto básicamente a tarifa fija.

Es necesario precisar una vez más la observación respecto a los consumos en conexiones que anteriormente no tenían medidor; se ha comprobado cuando se estaba efectuando el trabajo de las mediciones en varios casos se pidió ingresar a las viviendas y se pudo encontrar caños con llaves abiertas y válvulas con flotador de los tanques de los inodoros que no cerraban bien. Por éstas razones una vez más se comprueba que el consumo que se refleja en este segmento está muy por encima de su demanda real.

El estrato de nivel alto demanda mayor cantidad de agua potable, tanto en los segmentos de los medidos como en los no medidos, estos últimos resultan ser superiores en 17% que los primeros.

El estrato medio sin medición demanda 49% más que los que tienen medición y finalmente el estrato de nivel bajo sin medición demanda 65% más que los sujetos a medición.

De acuerdo al análisis anterior se puede indicar que el estrato bajo presenta mayor variabilidad en su demanda al pasar al segmento con micromedición, frente a los estratos medio y alto.

Por tanto, la demanda real promedio ponderado con el nivel de estratos socioeconómicos de la categoría doméstica es de 24.20 m³/mes/conexión, equivalentes a 144 l/hab/d.

6.2.4.1.2 Consumidores no conectados

Dentro de este segmento se consideran las viviendas que se abastecen mediante pozos públicos, pilones, camiones cisternas y de vecinos, actualmente éstos representan el 23.58% del total de viviendas.

La demanda ha sido determinada en base a los resultados de la encuesta socioeconómica y se encuentran específicamente en los estratos de nivel medio y bajo, como se puede observar en el cuadro siguiente.

Cuadro 6.9 Demanda actual de los No Conectados (m³/mes)

Fuente De Abatecim.	Total Demanda m ³ /mes	Estrato Medio Viviendas	Estrato Medio Demanda Promedio	Estrato Medio Demanda Total	Estrato Bajo Viviendas	Estrato Bajo Demanda Promedio	Estrato Bajo Demanda Total
Pilón Público	2842				513	5.54	2842
Pozo Público	3189	64	4.5	288	1219	2.38	2901
Camión Cisterna	1238	128	6.24	799	192	2.29	439
De Vecinos	6318	127	5.19	659	1204	4.70	5659
Total	13587	319	5.44	1746	3128	3.79	11841

Fuente: Encuesta Socioeconómica - Marzo 1996

El estrato de nivel medio no conectado a red pública de agua potable, demanda en promedio 5.44 m³/mes por vivienda lo que equivale a 36.27 l/hab/d y el estrato de nivel bajo demanda en promedio 3.79 m³/mes por vivienda equivalente a 21.52 l/hab/d.

El promedio total que demanda este segmento de la población es 3,99 m³/mes equivalente a 24 l/hab/d.

6.2.4.1.3 Estimación de la función de demanda

La estimación de la función demanda se basa en los resultados obtenidos a través de la encuesta socioeconómica y de los medidores testigos, cuyo objetivo principal fue determinar dicha función.

En la muestra se distingue dos grupos: Los conectados a red pública de agua potable y los No conectados. Dentro de los primeros se distingue a los medidos y no medidos. En el procedimiento de estimación de la función de demanda se ha utilizado información referente a las cantidades demandadas y los precios o tarifas marginales asociadas a dichas cantidades.

El funcionamiento del mercado de agua es muy peculiar. La oferta, para las personas que tienen conexión pero no son registrados efectivamente a través de sus medidores; el costo adicional en el que incurren al consumir cantidades adicionales de agua es cero. La demanda en todo el rango inferior al consumo mínimo es a un costo marginal de cero. Así se explicitan los puntos correspondientes a la curva de demanda de los consumidores precio-aceptantes cuando empiezan a consumir cantidades superiores al consumo mínimo. La demanda de agua, por parte de los no conectados puede ser adecuadamente tratado como consumidores para quienes el precio marginal (implícito) está dado.

FUNCION GENERAL DE LA DEMANDA DOMESTICA DE AGUA POTABLE

$$\text{ConsumoT} = 20.44 - 5.06 \text{ PrecioM} + 0.00727 \text{ Ingreso} + 0.00023 \text{ ValorViv}$$

Donde:

CONSUMOT: Cantidad demandada de agua (m³/mes/conexión)

PRECIOM : Precio Marginal del agua (S./m³)

INGRESO : Ingreso familiar por vivienda (S./.)

VALORVIV : Valor promedio de la vivienda (S./.)

Bajo el supuesto S (La función de demanda es única para toda la población de diferentes estratos), una manera de estimar las funciones de demanda por estratos es reemplazar los ingresos promedios y valores promedios de las viviendas para cada tipo de estrato, con lo cual se obtiene la misma función de demanda evaluada en distintos valores promedio de ingresos y valor de la vivienda. Dichos valores promedios corresponden al universo de la población, los mismos que se especifican en el siguiente cuadro:

Cuadro 6.10 Valores promedios por estratos

Por Estratos	hab/viv	Valor viv. (S/.)	Ingreso Familiar (S/.)	Area Construída (m ²)	Precio Marginal
Alto	4.5	40200	1866	134	1.23
Medio	5	37679	1091	120	1.23
Bajo	5.87	22224	518	90	1.23
Promedio	5.61	26043	683	98	1.23

Fuente: Estudio socioeconómico

6.2.4.2 Demanda Comercial

La actividad más desarrollada en la ciudad de Tumbes es la del sector servicios y dentro de esta la que más destaca es el comercio, restaurant y hoteles; actualmente representa el 30% del PBI y durante los últimos 23 años ha tenido un crecimiento promedio anual de 3.1%, este comportamiento se debe a su ubicación estratégica por ser zona de frontera y concentrar a la población en el área urbana.

A Diciembre de 1995 el número de conexiones comerciales representó el 7.60% del total de conexiones instaladas.

Para determinar la demanda actual de agua potable de esta categoría, se ha procedido en forma similar a la demanda doméstica, es decir empleando medidores testigos, por la no existencia de datos confiables para su estimación conforme se indica en el punto que se trata sobre consumos actuales.

Siguiendo el esquema general planteado, diferenciando entre los conectados que contaban con medición y los que no tenían medición, con el objeto de medir en este segmento de consumidores el efecto micromedición.

Se instalaron 155 medidores, de los cuales 102 fueron colocados en aquellos que anteriormente tenían medidores, siendo por tanto reemplazados los existentes por los medidores testigos y de otro

lado se instalaron 53 medidores en conexiones donde no tenían medidor, siendo en este caso colocados por primera vez.

Para el análisis de la demanda comercial se consideró 136 conexiones, siendo depurados por ser inconsistentes 19 en total, de los cuales 15 correspondieron al segmento de medidos y 4 en los no medidos

Cuadro 6.11 Distribución de Medidores Testigos por condición encontrada en el momento de instalar los medidores

DENOMINACION	TOTAL	CON MEDIDOR	CON MEDIDOR	CON MEDIDOR	SIN MEDIDOR
		OPERATIVO	NO OPERATIVO	TOTAL	
INSTALADOS	155	30	72	102	53
SEPARADOS	19	5	10	15	4
TOTAL	136	25	62	87	49

Fuente : Medidores Testigos - Marzo 1996

A través de la medición efectiva se estimó la demanda promedio por conexión y segmento de medidos y no medidos (Anexo N° 6.2.4-2).

El resultado de dicha medición muestra que la demanda promedio de las conexiones medidas es 59.02 m³/mes, el cual refleja la demanda real de este segmento de consumidores, mientras que la demanda promedio de las conexiones no medidas es bastante superior 88.05 m³/mes, como ya se mencionó anteriormente es una demanda irreal debido a que no se percibe en este segmento de consumidores el efecto tarifario y por tanto se propicia el desperdicio del bien, ya que está sujeto a tarifas fijas cuyo costo marginal es cero. El promedio total de 81.49 m³/mes se ha obtenido en base a la estructura de medición.

Cuadro 6.12 Demanda comercial promedio (m³/mes/conexión)

CONDICION	DEMANDA TOTAL (m ³ /mes)	NUMERO DE CONEXIONES	PROMEDIO m ³ /mes/conex.
CON MICROMEDICION	5134.66	87	59.02
SIN MICROMEDICION	4314.33	49	88.05
TOTAL	9448.99	136	81.49

Fuente : Medidores Testigos - Marzo 1996

Es oportuno hacer presente que en el estudio del Plan Preliminar de Inversión de la ciudad de Tumbes, ejecutado dentro de los estudios del Sub Programa B: Mejoramiento Institucional y

Operativo, desarrollado por la Asociación SANIPLAN-AMSA, en Marzo de 1994, se determinó el consumo real de la categoría Comercial en 65 m³/mes/conexión en promedio, el cual es superior en 10% al determinado a través de los medidores testigos (59.02 m³/mes).

Con el fin de estimar la demanda total de los consumidores comerciales, relacionamos las cifras del resultado que se muestran en el cuadro antes indicadas con el número de conexiones respectivos.

A Diciembre de 1995 existían 929 conexiones domésticas de los cuales 719 (77.39%) no tienen medidor y sólo 210 son leídos, no se dispone de información del número de medidores operativos, por lo que consideramos para efectos del presente estudio a los leídos como operativos.

Cuadro 6.13 Demanda comercial total (m³/mes)

CONDICION	NUMERO DE CONEXIONES	DEMANDA PROM./CONX	DEMANDA TOTAL (m ³ /mes)
CON MICROMEDICION	210	59.02	12394
SIN MICROMEDICION	719	88.05	63308
TOTAL	929	81.49	75702

Fuente: Medidores Testigos - Marzo 1996

Como se puede apreciar en el cuadro anterior la demanda total de los no medidos es superior en más de 5 veces que los medidos, estimándose una demanda para la categoría comercial de 75,702 m³/mes.

6.2.4.3 Demanda Estatal

Actualmente el sector de servicios gubernamentales, representa el 9% del PBI y durante los últimos 23 años ha tenido un crecimiento promedio anual de 1.2%, sin embargo sólo representa el 0.69% del total de conexiones domiciliarias, en ellos se agrupan las Escuelas, Hospitales, Fuerzas Armadas, Colegios, etc.

Para determinar adecuadamente la demanda actual de la categoría estatal se ha diferenciado en tres niveles, teniendo en cuenta la magnitud del consumo.

En primer lugar hemos distinguido a los grandes consumidores constituido íntegramente por el Ejército. En segundo lugar los consumidores mayores constituidos por los Hospitales, Políclínicos, Sub región, Universidad, etc. y en tercer lugar los consumidores menores, a los cuales se les ha aplicado medidores testigos por ser los únicos encontrados en el área de la zona piloto

6.2.4.3.1 Grandes consumidores

La ciudad de Tumbes es zona de frontera y por tal razón, debido a factores de seguridad nacional se encuentran ubicados 7 cuarteles del Ejército Peruano dentro del área de influencia del proyecto.

Dentro de los 7 grandes consumidores se encuentran aproximadamente 4,400 usuarios en promedio, para los cuales asumimos una demanda promedio similar al usuario doméstico sin medición, es decir 227 l/hab/d, para ser coherente con la actividad que desarrolla este grupo de consumidores obteniéndose como resultado total una demanda de 29,964 m³/mes.

6.2.4.3.2 Consumidores mayores

El segundo grupo dentro de la categoría estatal está constituido por los consumidores mayores, dentro de los cuales se encuentran las instituciones públicas en general.

Cuadro 6,14 Demanda de los consumidores mayores de agua potable (m³/mes)

USUARIO	DIRECCION	CONSUMO
Universidad Nacional de Tumbes	Tarapaca C-3	1400
Colegio Imaculada	Tarapaca 574	200
Hospital Centro de Salud	24 de Julio 585	5000
FDO. Bienestar G.C.	Abad Puell 808	100
Villa Naval	Av. Tumbes Norte s/n	3730
Casino de Oficiales	Av. Tumbes Norte s/n	100
Banco de la Nación	Bolivar s/n	600
Policlínico Policial Tumbes	Bolivar 800	600
Establecimiento Penal	Huascar 121	100
Piscina Olímpica	Mcal. Castilla	450
Sub Región Tumbes	Panamericana Norte s/n	1329
Colegio Santa María	Panamericana Norte s/n	300
Estadio Mariscal Cáceres	Panamericana Norte s/n	200
I.S.P. Jose A. Encinas	Panamericana Norte s/n	500
IPSS	Panamericana Norte s/n	1000
P.N. Puerto Pizarro	Central Izquierdo s/n	100
TOTAL		15,709
PROMEDIO POR CONEXION		981.8

Fuente: EMAPATUMBES Diciembre de 1995

Como se puede apreciar en el cuadro, los 16 usuarios demandan 15,709 m³/mes en total, siendo el promedio 982 m³/mes/conexión.

6.2.4.3.3 Consumidores menores

Dentro de este grupo de consumidores se encuentra el mayor número de usuarios, 61 de la categoría estatal.

Para determinar su demanda actual se instaló 6 medidores testigos los cuales reemplazaron a los ya existentes y fueron los únicos de la categoría estatal ubicados en la zona piloto, los resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 6.15 Demanda estatal de los consumidores menores m³/mes

Nº CONEX.	DIRECCION	No.	PROMEDIO MENSUAL
1	Bolognesi	s/n Concejo	164.39
2	Bolognesi	s/n	103.15
3	Bolognesi	s/n	22.46
4	Bolognesi	s/n EMAPA	56.23
5	Los Andes	s/n Penal	416.06
6	Huascar	s/n Penal	45.39
	Total		807.68
	Promedio		135

Fuente: Medidores Testigos - Marzo 1996

Por los resultados que muestra el cuadro, se puede ver que en promedio los consumidores menores de la categoría estatal están consumiendo 135 m³/mes/conexión.

Antes de calcular la demanda total de los 61 usuarios menores, se analizó si las características de los investigados son similar a los 55 restantes; como resultado se llegó a determinar que todos eran menores consumidores en comparación con los otros grupos analizados, por tanto aplicamos el consumo promedio de 135 m³/mes para todos.

En consecuencia el consumo total de este segmento de usuarios es de 8,235 m³/mes.

Por tanto se puede concluir que la demanda total de la categoría estatal es el resultado de la suma de las tres sub categorías analizadas; siendo esta de 53,908 m³/mes.

6.2.4.4 Demanda Social de Agua Potable

EMAPATUMBES dentro de su clasificación de consumidores considera la categoría social, el cual representa el 0.2% de las instalaciones domiciliarias y está constituido por las dependencias de la Municipalidad Provincial de Tumbes y Comedores Populares.

Cuadro 6.16 Demanda social de agua potable

N°	NOMBRE	DIRECCION	CONSUMO m³/mes
1	Municipalidad Prov. Tumbes	Av. Tacna 300	50
2	EMISA - Mirador Turístico	M Benavides s/n	60
3	Municipalidad Prov. Tumbes	Paseo La Concordia s/n	50
	M.T.P. Plaza El Triunfo	Av. Bolivar cuadra 8	50
5	Municipalidad Prov. Biblioteca	Av. San Martín 112	50
6	Municipalidad Prov. Tumbes	Av. Bolognesi 200	50
7	Municipalidad Prov. Tumbes	Centro Cívico	100
8	Municipalidad Prov. Tumbes	Centro Cívico	50
9	Municipalidad Prov. Tumbes	Plaza de Armas s/n	250
10	Fundación Nuna Cabrera	Av Grau 626	30
11	Comedor Popular	Mcal. Castilla 514	100
12	Municipalidad Prov. Tumbes	Hilario Carrasco s/n	100
13	Mcd. Modelo	Mcal. Castilla 456	500
14	Municipalidad Prov. Tumbes	Plaza Rosales 100	100
15	Municipalidad Prov. Tumbes	Av. Bolivar 478	50
16	Municipalidad Prov. Tumbes	Plaza Alipio Ponce 119	50
17	Teatro Municipal	Av. Piura s/n	120
18	Ad. M. Mod. Anexo 1	Esq. Piura A. Araujo	150
19	Nelly Ojeda Chune	Sinchi Roca s/n	72
20	Mor. Calle Victoria	El Progreso s/n	70
21	Ismael Sánchez Benites	AA. HH. Héroes del 41	300
	TOTAL		2352
	PROMEDIO		112

Fuente: EMAPATUMBES - Diciembre de 1995

Como se puede observar en el cuadro, la demanda total de la categoría social asciende a 2,352 m³/mes.

6.2.4.5 Demanda Industrial

Inicialmente se recopiló información referente al número y actividad industrial de todas las industrias ubicadas dentro del ámbito de influencia del estudio y que se encuentran registradas en la oficina del Ministerio de Industria a Diciembre de 1995.

Como resultado de la investigación se pudo constatar que no existe grandes ni medianas empresas industriales en cuyo proceso productivo se emplea el agua potable, siendo básicamente industrias de tipo artesanal en cuyo proceso productivo no se emplea el agua en grandes cantidades. Mayormente se encontraron oficinas administrativas de las empresas, langostineras, ladrilleras o depósitos de las empresas ubicadas fuera del ámbito de influencia del estudio.

Sin embargo, es necesario indicar que EMAPATUMBES, tiene registrado a 7 usuarios industriales, los mismos que fueron analizados y se efectuaron visitas a cada uno de ellos.

Cuadro 6.17 Industrias que demandan agua potable actualmente

N° 1	RAZON SOCIAL	DIRECCION	ACTIVIDAD
1	PERCY ROMERO DA SILVA	Av Tumbes Norte 958	Lavado y engrase de vehiculos
2	SOC. CIVIL NOBLECILLA	Av. Abad Puell 100	Fábrica de hielo
3	HOTEL COSTA DEL SOL	Av. Abad Puell s/n	Servicios turísticos
4	TELEFONICA DEL PERU S.A.	Av. San Martín s/n	Comunicaciones
5	RAMIT HERRERA DE MELGAR	Av. 7 de Enero s/n	Fábrica de hielo
6	JOSE MENDOZA O.	Av. Mcal. Castilla 110	Lavado y engrase de vehiculos
7	ELECTROPERU S.A.	Av. Manco Capac s/n	Prod. de energía eléctrica

Fuente: EMAPATUMBES

El consumidor mayor es la Empresa ELECTRONOROESTE, que produce energía eléctrica y en cuyo proceso de refrigeración de sus motores utiliza agua potable.

Cabe resaltar que la mencionada empresa actualmente demanda 70 m³ diarios (2,100 m³/mes) para el proceso de refrigeración de sus motores. Dicha demanda ha sido cubierto en más de la mitad mediante abastecimiento de un pozo profundo de su propiedad y para completar la necesidad con agua potable de la red, que a diciembre de 1995 dicho consumo representaba aproximadamente 1000 m³/mes.

Las otras 6 empresas industriales a Diciembre de 1995 demanda 540 m³/mes. La suma total de la demanda de agua potable de las industrias es de 1,540 (m³/mes).

6.2.5 PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

El horizonte de proyección de la demanda de agua potable tiene en cuenta lo indicado en los términos de referencia, el cual es de 30 años empezando en 1996 y concluyendo el año 2025, periodo que comprende en general el Estudio del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Tumbes.

La Proyección de la demanda se ha desarrollado para cada una de las categorías, doméstico, comercial, estatal e industrial, es preciso puntualizar por consideraciones metodológicas se ha juntado la proyección de la demanda estatal y social en una sola.

Los resultados del estudio de la demanda actual, vistos anteriormente, sirven de base para la proyección de las mismas, los cuales han sido determinados en función de los resultados del estudio socioeconómico, investigación con medidores testigos, estimaciones efectuadas por EMAPATUMBES y resultados de la función demanda de agua potable para la categoría doméstica.

6.2.5.1 Demanda Doméstica

Dentro de la proyección de la demanda doméstica se ha diferenciado a los conectados a red pública de agua potable y los no conectados; dentro de los primeros a su vez se ha desagregado entre medidos y no medidos diferenciando por estratos de niveles económicos alto, medio y bajo.

6.2.5.1.1 Demanda doméstica de los conectados a red pública de agua potable

Dentro de este segmento de consumidores, se proyecta la demanda teniendo en cuenta los estratos de nivel económico: alto, medio y bajo, así como por condición de medidos y no medidos.

Para proyectar se ha tenido en cuenta la función demanda de agua potable por estratos socio-económicos, utilizando como variables la población, cobertura del servicio, cobertura de micromedición y el precio o tarifa.

Población

Se ha tomado los resultados del estudio de población, el que a su vez ha sido actualizado a Diciembre de cada año (1995 - 2025), en razón de tomar como periodo base Diciembre de 1995, Para su estratificación se tiene en cuenta los resultados de la encuesta socioeconómica, en el cual agrupa a la población por niveles de ingreso, alto, medio y bajo. Suponemos se mantendrá en promedio constante los próximos 30 años.

A continuación se presenta la proyección de la población por estratos socioeconómicos y de manera resumida por quinquenios (1995 - 2025).

Cuadro 6.18 Proyecciones de la población por estratos socio (1995-2025)

AÑO	TOTAL	ESTRATOS		
		ALTO	MEDIO	BAJO
1996	84478	2962	17435	64081
2000	94447	3311	19493	71643
2005	106964	3749	22076	81139
2010	119380	4184	24639	90557
2015	133023	4662	27455	100906
2020	141133	4947	29128	107058
2025	150198	5265	30999	113934

Fuente: Estudio de Población - Informe N° 2

Criterios de Estratificación de la Población

La población conectada al sistema de red de agua potable y no conectada ha sido estratificada teniendo en cuenta los criterios que son aplicados por el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) los mismos que se detallan a continuación.

Estrato Alto

Casas independientes, residenciales en las cuales predominan algunas de las características siguientes:

- Frente externo de la vivienda amplio de aproximadamente 15 metros y más
- Jardín externo amplio de aproximadamente 6 metros o más de fondo
- Construcción de material noble y acabado de primera
- Amplios ventanales de aluminio y/o madera y lunas polarizadas u otra
- Puerta de madera o de aluminio
- Paredes externas revestidas de madera, mármol, etc.
- Claro signo de mantenimiento permanente

Así mismo, las manzanas se caracterizan por tener un número bajo de viviendas, con vías de acceso pavimentadas, arboledas y áreas verdes bien conservadas.

Estrato Medio

Casa independiente, departamento en edificio o viviendas en las cuales predominan algunas de las características siguientes:

- Frente externo de la vivienda entre 7 y 14 metros

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Jardín externo con fondo aproximado entre 7 y 14 metros
- Ventanales de fierro y/o aluminio
- Puerta de fierro (con arabescos) o madera
- Paredes normalmente revestidas de cemento, cubiertas de pintura generalmente bien conservadas
- Edificio con o sin ascensor

Las manzanas tienen vías de acceso pavimentadas y están ubicadas en zonas que cuentan con áreas verdes.

Estrato Bajo

Casa independiente, departamento en edificio o cuarto en casa de vecindad, cuya construcción va de lo improvisado a lo construido y no bien conservado.

Las vías de acceso a sus manzanas pueden estar o no pavimentadas y normalmente no cuentan con arboledas y/o áreas verdes.

Sumado a los criterios anteriores se tuvo en cuenta fundamentalmente la estratificación en función al nivel de ingreso económico de la población encuestada, siendo los rangos establecidos en base a la metodología de eliminación de colas los siguientes:

	Mínimo	Máximo	Promedio
Estrato Alto	1651	2150	1866
Estrato Medio	851	1650	1091
Estrato Bajo	125	850	518

Como resultado de los criterios adoptados se obtuvo los porcentajes de población por estratos, siendo los siguientes:

Estrato Alto	3.5%
Estrato Medio	20.64%
Estrato Bajo	75.86%
Total	100.00

La estructura determinada a través de la encuesta socioeconómica, fue comparada con estudios similares de la estructura de ingresos y gastos efectuada a través de encuestas de seguimiento del consumo de los hogares de la ciudad de Tumbes, realizada por la Dirección Nacional de Censos y Encuestas del Instituto Nacional de Estadística e Informática en Junio de 1993 y entre Abril y Mayo de 1996, siendo los resultados:

Cuadro 6.20 Estructura porcentual de la población por niveles de ingreso

Estratos	Junio 1993	Abril-Mayo 1996 (*)
Alto	3.40	3.60
Medio	18.20	21.00
Bajo	78.40	75.40
Total	100.00	100.00

(*) Datos Preliminares

Fuente INEI: Estructura de Ingresos y Gastos de los Hogares

Por tanto los resultados de la encuesta aplicada por nuestra Asociación, son bastante similares a los resultados de las encuestas realizadas por el INEI, la utilización de los valores encontrados en la encuesta es adecuada para los fines de nuestro estudio.

Vivienda

Teniendo como información la proyección de la población total y por estratos de nivel de Ingreso; el número de viviendas son determinados dividiendo entre el número de habitantes por vivienda en promedio total y por estratos, alto, medio y bajo siendo 5.61, 4.5, 5 y 5.87 habitantes por vivienda respectivamente, las mismas que fueron estimadas en la encuesta socioeconómica y suponemos se mantendrá constante en todo el horizonte del proyecto.

Cuadro 6.21 Determinación del número de viviendas por estratos (1995- 2025)

AÑO	TOTAL	ESTRATOS		
		ALTO	MEDIO	BAJO
1996	15062	658	3487	10917
2000	16839	736	3899	12205
2005	19071	833	4415	13823
2010	21285	930	4928	15427
2015	23717	1036	5491	17190
2020	25163	1099	5826	18238
2025	26779	1170	6200	19410

Fuente : Cuadro N° 4.1-12 - Encuesta Socioeconómica

Cobertura del Servicio

Actualmente todas las empresas de agua potable y alcantarillado, se encuentran en proceso de adecuación estructural y funcional a las normas vigentes en el sector, por tanto al proyectar las

coberturas del servicio de agua potable, se tiene en consideración la Ley General de Servicios de Saneamiento Ley N° 26338 y su reglamento Decreto Supremo 09-95-PRES, aprobado el 25/08/95 y de otro lado se considera para la proyección de la cobertura, las metas trazadas por la empresa en el corto plazo y las metas propuestas del proyecto en el mediano y largo plazo.

El nivel de cobertura para 1995 se ha determinado teniendo como información base el Censo de Población y Vivienda de Julio de 1993 al cual se le adiciona las conexiones ejecutadas por EMAPATUMBES desde dicha fecha hasta Diciembre de 1,995, dando como resultado una cobertura de 76,71%; de otro lado a través de la encuesta socioeconómica se ha determinado una cobertura de 76,42%.

En consecuencia se ha tomado como dato inicial de cobertura 72.42% para 1995, por las razones expuestas en el acápite 6.3.2.1 del presente estudio.

Para determinar la cobertura del año 1996, se está considerando, la meta anual de instalación de conexiones de EMAPATUMBES indicadas en su documento "Presupuesto de Operación e Inversión 1996" el cual asciende a 366 instalación de conexiones nuevas.

En la proyección de la cobertura para el periodo (1997-1999) se considera las estimaciones hechas en el Informe Final Vol I Memoria Descriptiva de los Estudios de Mejoramiento Institucional y Operativo, pág., elaborado en Junio de 1994 por la Asociación SANIPLAN - AMSA Consultores. En esta etapa se cubre parte del déficit actual del servicio.

A partir del año 2000 fecha probable que deben comenzar las obras de expansión se consideran coberturas teniendo en cuentas las metas del proyecto, las cuales para el año 2000 son de 80.24%, 2010 de 85% y para el año 2025 de 90% en promedio total.

Por estratos, el nivel de cobertura para 1995 ha sido estimado teniendo como información los resultados de la encuesta socioeconómica, siendo para los niveles alto, medio y bajo de 100%, 90.58% y 70,48% respectivamente. Lo anterior significa que el estrato de nivel alto no tiene déficit de abastecimiento del servicio, calculándose en este caso solo las coberturas en función al crecimiento de las viviendas, en lo referente al estrato de nivel medio y bajo se sigue el procedimiento planteado inicialmente y teniendo como metas de cobertura para el año 2000 de 92% y 75.3%, 2010 de 93.7% y 81.3% y para el final del proyecto (2025) de 96% y 87.6 % respectivamente para los estratos de nivel medio y bajo respectivamente (Anexo N° 6.2.5-1).

Cuadro 6.22 Proyección en porcentajes de las coberturas del servicio por estratos

AÑO	TOTAL	ESTRATOS		
	PROMEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO
1996	76.61	100.00	91.0	70.6
2000	80.24	100.00	92.1	75.3
2005	82.91	100.00	93.0	78.7
2010	85.00	100.00	93.7	81.3
2015	88.18	100.00	94.8	85.4
2020	89.20	100.00	95.7	86.5
2025	90.00	100.00	96.0	87.6

Cobertura de Micromedición

El nivel de cobertura para 1995 se ha determinado en función a la información de EMAPATUMBES referente al número de medidores leídos determinándose de esta manera un nivel de cobertura de 3,95%.

Para 1996 la empresa tiene programado instalar 903 medidores a conexiones domésticas en zonas cuyo abastecimiento de agua sea mayor a 10 horas diarias, de otro lado es preciso indicar que nuestra Asociación instaló 110 medidores testigos a conexiones domésticas los cuales se adicionan a la cobertura de 1996, finalmente consideramos el incremento de conexiones de 366 en el periodo, el cual de acuerdo a la normatividad vigente cada instalación nueva debe realizarse con su respectivo medidor, incrementándose en 1379 medidores, durante 1996.

Las coberturas para los años comprendidos entre 1997 y 1999 se ha determinado teniendo como meta cubrir el déficit existente como resultado de la optimización del sistema.

Como resultado del proyecto se plantean metas de cobertura de micromedición a ser alcanzadas, siendo éstas para el año 2000 de 79.4%, para el año 2010 de 93% y para el final del proyecto 100% (Anexo N° 6.2.5-1).

Cuadro 6.23 Proyección en porcentajes de las coberturas de micro-medición

AÑO	TOTAL PROMEDIO	ESTRATOS		
		ALTO	MEDIO	BAJO
1996	15.8	54.6	22.4	9.7
2000	79.4	100.0	100.0	69.7
2005	89.4	100.0	100.0	84.5
2010	93.0	100.0	100.0	89.9
2015	96.0	100.0	100.0	94.2
2020	98.1	100.0	100.0	97.3
2025	100.0	100.0	100.0	100.0

Proyección del Número Total de Conexiones Domésticas, por Estratos y Condición de Medidos y No Medidos

Para determinar el número de conexiones durante el horizonte del proyecto, se ha procedido a calcular del dato de población el cual fué transformado al número de viviendas utilizando los factores de densidad habitantes por vivienda. Al número de viviendas se multiplicó por las metas de cobertura y se obtuvo finalmente el número de conexiones para cada año del horizonte del proyecto; finalmente al resultado total se aplicó la cobertura de micromedición y se obtuvo las conexiones con y sin medición respectivamente.

A nivel de estratos socioeconómicos se ha procedido en forma similar, los cuales se han proyectado independientemente en los niveles alto, medio y bajo, partiendo de las coberturas determinadas en la encuesta (Anexo N° 6.2.5-2).

Cuadro 6.24 Proyección del número de conexiones domésticas

ESTRATOS	AÑOS						
	1996	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Total	11540	13512	15812	18092	20914	22447	24122
Con Medidor	1820	10728	14128	16828	20070	22023	24122
Sin Medidor	9720	2784	1684	1264	844	424	0
Estrato Alto	658	736	833	930	1036	1099	1170
Con Medidor	359	736	833	930	1036	1099	1170
Sin Medidor	299	0	0	0	0	0	0
Estrato Medio	3172	3590	4106	4619	5204	5578	5955
Con Medidor	711	3590	4106	4619	5204	5578	5955
Sin Medidor	2461	0	0	0	0	0	0
Estrato Bajo	7710	9187	10873	12543	14674	15770	16997
Con Medidor	750	6403	9189	11279	13830	15346	16997
Sin Medidor	6960	2784	1684	1264	844	424	0

Tarifas

Se analizó la estructura tarifaria vigente al 31 de Diciembre de 1995, la misma que rige hasta la fecha, se basa fundamentalmente en consumos mínimos asignados y consumos marginales.

El consumo mínimo es de $20 \text{ m}^3/\text{mes}$ y el precio correspondiente es de S/. 12.26 es decir se tiene un precio de S/. 0.613 por m^3 .

Al consumo por encima del mínimo se aplica una tarifa adicional por cada metro cúbico el cual es de S/. 1.23.

Con fines de determinar la tarifa de entrada que nos sirva para proyectar la demanda, en una primera aproximación, se analizó si la tarifa marginal aplicada cubre los costos actuales de producción, incluidos la depreciación, así como las inversiones.

Como resultado de dicho análisis se determinó que la tarifa actual de S/. 1.23 es calculada en forma matemática multiplicando el precio actual del agua por m^3 ($12.26/20 = \text{S}/. 0.613$) por el factor 2 igual a $1.226 \cong 1.23$.

Por lo indicado anteriormente, se procedió a calcular la tarifa de entrada, procediéndose a efectuar el análisis de la estructura de costos de la empresa, tomando como referencia el IV Trimestre de 1995, básicamente desagregado en costos fijos y costos variable, con el fin de determinar el costo promedio por m^3 de agua, como resultado se obtuvo S/. 1.39 por m^3 .

Por tanto como una primera aproximación y con fines de proyectar la Demanda se ha estimado que la tarifa marginal vigente a Diciembre de 1995 es de S/. 1.23 por m^3 deberá ser reajustada hasta S/. 1.39 por m^3

Cuadro 6.25 Determinación del costo promedio por m³

CONCEPTO	MES			TOTAL IV Trim.
	Octubre	Noviembre	Diciembre	
COSTOS FIJOS	392123	441930	524731	1358784
Depreciacion	150832	150832	150832	452496
Remuneraciones	88077	124051	155766	367894
Prov. Benef. Soc.	8088	8088	8088	24264
Gastos de Manten.	3768	2753	6575	13096
Gastos de Adm.	68882	84570	119025	272477
Inversiones	72476	71636	84445	228557
COSTOS VARIABLES	146712	116859	167441	431012
Energía	117979	109431	121725	349135
Materia Prima	20415	1931	33797	56143
Combustible	8318	5497	11919	25734
Sub-Total CF + CV	538835	558789	692172	1789796
Fondo de Operaciones	4728	4322	5093	14143
COSTO TOTAL(S/.)	543563	563111	697265	1803939
Volumen Facturado(m ³)	430688	431461	433627	1295776
COSTO POR m ³ (S./m ³)	1.26	1.31	1.61	1.39

Fuente : EMAPATUMBES

Cabe resaltar, con el fin de proyectar la tarifa se ha tenido en cuenta lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Saneamiento, el cual considera al resultado de S/. 1.39 como tarifa de regulación y constituye parte de la etapa preparatoria.

Proyección de la Demanda Promedio por Vivienda de los Conectados a Red Pública con Micromedición

La proyección de la demanda de este segmento de consumidores se ha efectuado utilizando las funciones de demanda de agua potable, determinados anteriormente para cada uno de los estratos socioeconómicos a los cuales se les aplica la tarifa marginal de entrada que es coherente con las normas de la SUNASS.

La demanda promedio en m³/mes por conexión para 1995 ha sido estimado aplicando a la función demanda la tarifa marginal vigente al 31.12.95 el cual fue de 1.23 S./m³ y con fines de proyectar a

partir de 1996 se ha utilizado en la función de demanda la tarifa de entrada (la que estaría cubriendo los costos de operación, mantenimiento, depreciación, etc.). La misma que ha sido estimada en 1.39 S/. /m³.

Cuadro 6.26 Proyección de demanda promedio con micromedición por estratos

AÑO	TARIFA S./m ³	PROMEDIO TOTAL	DEMANDA PROMEDIO POR ESTRATOS		
			ALTO m ³ /MES	MEDIO m ³ /MES	BAJO m ³ /MES
1995	1.23	25.61	37.00	30.82	23.10
1996-2025	1.39	24.79	36.22	30.00	22.29

Proyección de la Demanda Promedio de los Conectados a Red Pública sin Micromedición

La demanda de los conectados sin micromedición fue determinado de la función demanda con mayor detalle anteriormente descrito, es decir representa la intersección de la función con el eje de las cantidades.

Los resultados encontrados son los siguientes:

Cuadro 6.27 Proyección de la demanda promedio sin micromedición

AÑO	PROMEDIO TOTAL	DEMANDA PROMEDIO POR ESTRATOS		
		ALTO m ³ /MES	MEDIO m ³ /MES	BAJO m ³ /MES
1995	31.40	43.25	37.04	29.32
1996-2025	31.40	43.25	37.04	29.32

Como se puede apreciar con fines de calcular la demanda futura total mantendremos constantes los valores encontrados.

6.2.5.1.2 Proyección de la demanda doméstica de los no conectados a red pública

Este segmento está constituido por aquellos consumidores que se abastecen a través de pilones, camiones, cisternas, pozo público, de vecinos, etc.

La proyección se ha estimado en función a los consumos promedios actuales determinados en la encuesta socioeconómica. La proyección es descendente toda vez que se van incorporando nuevas viviendas al sistema conectado. La meta para el año 2025 es reducir al 10%.

6.2.5.1.3 Determinación de la demanda total doméstica

La demanda total doméstica está constituida por la suma de la demanda del segmento de consumidores conectados a red pública de agua y los no conectados al sistema, dentro de los primeros se encuentran la demanda de los consumidores conectados con medición y sin medición la misma que esta desagregado por estratos socioeconómicos.

Para determinar la demanda doméstica micromedida, se ha procedido a multiplicar el número de conexiones con micromedición proyectada para los años (1996-2025) y para cada estrato, con la demanda promedio por conexión por niveles de estrato, la misma que ha sido obtenida en base a las funciones de demanda, como resultado se tiene la demanda doméstica total mensual micromedida para los niveles de estratos antes indicados.

De la relación entre las conexiones proyectadas sin micromedición por niveles de estratos alto, medio y bajo y la demanda promedio mensual por conexión, se obtienen la demanda doméstica total mensual no medida para cada uno de los estratos antes indicados.

La demanda doméstica total no conectada a red pública se ha estimado multiplicando el número de viviendas sin conexión proyectado y la demanda mensual promedio estimada en la encuesta socioeconómica, de tal forma se obtiene la demanda doméstica total del segmento de consumidores no conectados a red pública (Anexo N° 6.2.5-3).

Cuadro 6.29 Proyección de la demanda doméstica total (m³/mes)

AÑO	CONECTADO A RED PUBLICA				NO CONECTADO	TOTAL
	ESTRATO			SUB TOTAL		
	ALTO	MEDIO	BAJO			
1996	25935	112485	220785	359205	14088	373293
2000	26645	107690	224348	358683	13310	371993
2005	30176	123192	254196	407564	13036	420600
2010	33679	138573	288473	460725	12773	473498
2015	37528	156109	333019	526656	11216	537872
2020	39816	167337	354499	561652	10866	572518
2025	42373	178644	378868	599885	10633	610518

6.2.5.2 Categoría Comercial

Es preciso señalar que la demanda del sector comercial y su comportamiento futuro depende básicamente de su propia función de demanda, razón por que no correlacionamos con el sector

doméstico el cual tiene su demanda y comportamiento futuro en base a sus propias características y su función de demanda. Por tanto y en concordancia con lo indicado, se efectuó un análisis histórico del Producto Bruto Interno (PBI) de este sector en los últimos 23 años a nivel departamental.

En la ciudad de Tumbes la actividad más desarrollada es el sector servicios en general, representa el 64% del PBI departamental, dentro de esta actividad el sector Comercio, Restaurantes y Hoteles, es el que tiene mayor representatividad con el 45.9% y representa aproximadamente el 30% del PBI en general.

Cuadro 6.29 Proyeccion del número de conexiones comerciales por quinquenios

AÑO	CONEXIONES COMERCIALES		
	MEDIDOS	NO MEDIDOS	TOTAL
1996	603	359	962
2000	1106	0	1106
2005	1317	0	1317
2010	1568	0	1568
2015	1866	0	1866
2020	2222	0	2222
2025	2646	0	2646

Proyeccion de la Demanda Promedio por Conexión

La proyección de la demanda promedio se ha desarrollado fundamentalmente en base a la demanda actual determinada por los medidores testigos, el cual se mantendrá constante todo el horizonte del proyecto. Cabe señalar que no se está midiendo el efecto tarifario, primeramente porque no se cuenta con una función demanda y en todo caso suponemos que la tarifa aplicada a esta categoría se mantendrá constante.

Cuadro 6.30 Proyección de la demanda promedio por conexión (m³/mes) 1996 - 2025

DENOMINACION	AÑO
	1996 - 2025
Demanda Prom.por conexión con Micromedición	59.02
Demanda Prom. Por conexión sin Micromedición	88.05

Determinación de la Demanda Total Comercial

La demanda comercial micromedida se ha obtenido multiplicando las conexiones proyectadas con micromedición y la demanda promedio por conexión obtenido a través de los medidores testigos determinándose de esta manera la demanda total comercial mensual micromedida.

La demanda comercial sin medición se ha obtenido del resultado de haber multiplicado las conexiones proyectadas sin micromedición con la demanda promedio sin medición por conexión obtenido a través de los medidores testigos.

El resultado total de la demanda comercial resulta de la suma de la demanda comercial mensual con medición y sin medición. A continuación se muestra el cuadro resumen de la demanda comercial.

Cuadro 6.31 Proyección de la demanda comercial por quinquenios (m³/mes)

AÑO	CON MEDICION m³/mes	SIN MEDICION m³/mes	TOTAL m³/mes
1996	35589	31609	67198
2000	65278	0	65278
2005	77717	0	77717
2010	92527	0	92527
2015	110158	0	110158
2020	131150	0	131150
2025	156141	0	156141

6.2.5.3 Categoría Estatal

Tal como se indica para el sector comercial, la demanda y su comportamiento futuro de este sector depende de su propia función de demanda. Se efectuó un análisis histórico y resumido de la evolución del PBI departamental de los últimos 23 años.

Como se señaló anteriormente en la ciudad de Tumbes la actividad más desarrollada es el sector servicios y dentro de este rubro se encuentra el sector de servicios gubernamentales, el cual representa el 13.35% del sector servicios y el 9% del PBI.

Durante los últimos 23 años el sector estatal ha tenido un crecimiento debido principalmente a su ubicación de zona de frontera el cual hace que el estado tenga presencia activa a través de las instituciones civiles y militares.

Con el objeto de proyectar la demanda primeramente se ha efectuado un análisis de la tasa de crecimiento del PBI del sector durante los últimos 23 años, regresionando a través de modelos lineales y semilogarítmicos, escogiendo aquel que tiene mayor significancia estadística, medido a través del ajuste de regresión.

Proyección del Número de Conexiones

Para proyectar se parte del número de conexiones existentes a Diciembre de 1995 al que aplicamos la tasa de crecimiento de 2.047% en forma constante en todo el horizonte del proyecto, posteriormente desagregamos las conexiones con medición y sin medición.

Cuadro 6.32 Proyección de conexiones estatales

AÑO	CONEXIONES ESTATALES		
	MEDIDOS	NO MEDIDOS	TOTAL
1996	60	47	107
2000	116	0	116
2005	129	0	129
2010	142	0	142
2015	157	0	157
2020	174	0	174
2025	193	0	193

Proyección de la Demanda Total Estatal

Para la proyección de la demanda estatal se ha tomado como base la demanda actual calculada anteriormente el cual es de 53,908 m³/mes y agrupa a los 3 niveles de consumidores. A dicha cifra por consideraciones metodológicas añadimos la demanda estimada para la categoría social el cual es de 2,352 m³/mes, como resultado obtenemos una demanda total mensual de 56,260 m³/mes.

A la cifra base encontrada se le aplica la tasa de crecimiento del sector previamente estudiado 2.047% el cual se aplica para todo el horizonte del proyecto.

Cuadro 6.33 Proyección de la demanda estatal por quinquenios (m³/mes)

AÑO	DEMANDA ESTATAL
1996	57,412
2000	62,259
2005	68,897
2010	76,244
2015	84,373
2020	93,370
2025	103,325

6.2.5.4 La Demanda Industrial

En el ámbito de influencia del estudio no existe desarrollo industrial, debido principalmente a que no se cuenta con infraestructura necesaria, influyendo su ubicación geográfica por ser zona de frontera y estar cerca al departamento de Piura en el cual se encuentran los centros industriales, haciendo que Tumbes sea un mercado más para los productos industriales; bajo la influencia del contrabando fronterizo en el primer caso y la dependencia del departamento vecino en el segundo caso.

Actualmente en el departamento de Tumbes los sectores de transformación (Industria y Construcción) en conjunto representan el 12.5% del PBI total, de los cuales la actividad de la construcción es la más representativa, mientras que la industria sólo alcanza a representar el 23% del sector transformación debido a su poco desarrollo no diversificado y en forma artesanal los cuales tienen como causa lo indicado en el párrafo anterior.

Con el fin de proyectar la demanda hemos efectuado previamente un análisis de la tasa de crecimiento del PBI industrial del departamento durante los últimos 23 años, regresionando modelos lineales y semilogarítmicos, escogiendo aquel con mejor significancia estadística reflejado a través del ajuste de regresión

Proyección del Número de Conexiones

Se toma como base el total de conexiones industriales a Diciembre de 1995 al cual se le aplica primeramente la tasa de crecimiento de 1.91% durante todo el horizonte del proyecto, posteriormente es desagregado de acuerdo a su condición de medidos y no medidos

Cuadro 6.34 Proyección del número de conexiones industriales

AÑO	CON MEDICION	SIN MEDICION	TOTAL
1996	7	0	7
2000	8	0	8
2005	8	0	8
2010	9	0	9
2015	10	0	10
2020	11	0	11
2025	12	0	12

Proyección de la Demanda Total Industrial

La demanda total proyectada se ha estimado teniendo en cuenta la tasa de crecimiento del sector, el cual suponemos se mantendrá constante y se aplica a la demanda actual del sector, como resultado se obtiene la demanda industrial total mensual.

Cuadro 6.35 Proyección de la demanda Industrial por quinquenios (m³/mes)

AÑO	DEMANDA INDUSTRIAL (m ³ /mes)
1996	1569
2000	1693
2005	1861
2010	2045
2015	2248
2020	2471
2025	2717

6.2.5.5 Resultados de la Proyección de demanda de Agua Potable

La demanda doméstica micromedida, presenta inicialmente una demanda promedio en m³ por conexión mes de 37, 30.82 y 23.1 para los niveles de estratos socioeconómicos alto, medio y bajo, para la proyección se considera una demanda promedio por conexión en m³ /mes de 36.22, 30.0 y 22.29 para los estratos antes indicados respectivamente, situación que se debe al incremento de la tarifa marginal de 1.23 S/./m³ a 1.39 S/./m³ a partir de 1996 el cual reduce la demanda promedio por conexión mes en m³ , los mismos que son el resultado de aplicar la función demanda.

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

En el segmento de consumidores domésticos sin micromedición la demanda promedio por conexión para todo el horizonte del proyecto es de 43.25, 37.04 y 29.32m³/ mes para los niveles de estratos alto, medio y bajo respectivamente debido a que este segmento no se le aplica la tarifa de acuerdo a su consumo real por estar sujetas a tarifa marginal cero. Por lo que no reflejan la demanda real existiendo desperdicios los cuales han sido comprobados por nuestra Asociación y son el resultado de la aplicación de medidores testigos.

Finalmente, dentro de la categoría doméstica se ha estimado la demanda de los no conectados en 3.99 m³/mes por vivienda, los mismos que permanecerán constantes; dicha cifra es el resultado de la encuesta socioeconómica. Sin embargo, a nivel de domésticos conectados se puede apreciar, como consecuencia de aplicar el incremento de la tarifa y el incremento de la cobertura de micromedición, la demanda l/hab/d es decreciente en el horizonte del proyecto, el cual ha sido obtenido dividiendo la demanda total diaria en litros entre la población servida. En el cuadro siguiente se puede apreciar en forma resumida (Anexo 6.2.5-5).

Cuadro 6.36 Proyección de la demanda agregada de agua potable por quinquenios m³/mes

AÑO	DOMESTICO				COMERC.	ESTATAL	INDUST.	TOTAL AGREG	TOTAL l/s
	CONECT	NO CONECT.	SUB TOTAL	l/hab/d					
1996	359205	14088	373293	185	67198	57412	1569	499472	193
2000	358682	12810	371492	158	65278	62259	1693	500722	193
2005	407564	11208	418772	153	77717	68897	1861	567247	220
2010	460724	12025	472749	151	92527	76244	2045	643565	249
2015	526655	12452	539107	150	110158	84373	2248	735886	283
2020	561652	10802	572454	149	131150	93370	2471	799445	308
2025	599885	10709	610594	148	156141	103325	2717	872777	337

A continuación se adjunta la tabla anterior en estructura porcentual la misma que nos va a permitir analizar la evolución reflejando los resultados del incremento de la tarifa, coberturas de servicio y Micromedición.

Cuadro 6.37 Estructura porcentual de la demanda total agregada de agua potable por quinquenios (1996-2025)

AÑO	TOTAL %	DOMESTICO	COMERCIAL	ESTATAL	INDUSTRIAL
1996	100.0	74.7	13.0	11.5	0.3
2000	100.0	74.2	13.0	12.4	0.4
2005	100.0	73.8	13.7	12.1	0.4
2010	100.0	73.4	14.4	11.8	0.4
2015	100.0	73.2	14.9	11.4	0.4
2020	100.0	71.6	16.4	11.6	0.4
2025	100.0	69.9	17.9	11.8	0.4

Se puede apreciar en la tabla la composición porcentual de la demanda: mientras que la categoría doméstica en todo el periodo (1996 - 2025) tiene un comportamiento decreciente debido al efecto de la micromedición (notándose claramente el efecto del proyecto), razón por lo que disminuye su participación de 74.7% hasta 69.9% al final del horizonte del proyecto. El segmento de consumidores no domésticos muestran un comportamiento ascendente.

6.3 OFERTA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Después de cuantificar la demanda por servicios de agua potable, se define y cuantifica la oferta que los sistemas prestan como servicios de agua potable.

A continuación se presentan los resúmenes del análisis de la oferta de agua potable. Se indica los factores principales para su determinación y los resultados se muestran en diagramas

En los anexos se encuentran los cálculos, mediante tablas, donde también se indica las principales actividades y efectos del MIO, de la optimización, de la reposición de equipos electromecánico y de la reparación.

6.3.1 Oferta de la Producción de Agua Potable

La Planta N°3 es el principal componente de la producción y en menor grado los pozos Puerto Pizarro, Puyango y Mirador este último entrara en funcionamiento a partir del año 1997.

Para la determinación de la oferta de producción se han considerado los siguientes componentes

Equipos electromecánicos de la captación.

OFERTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE TUMBES

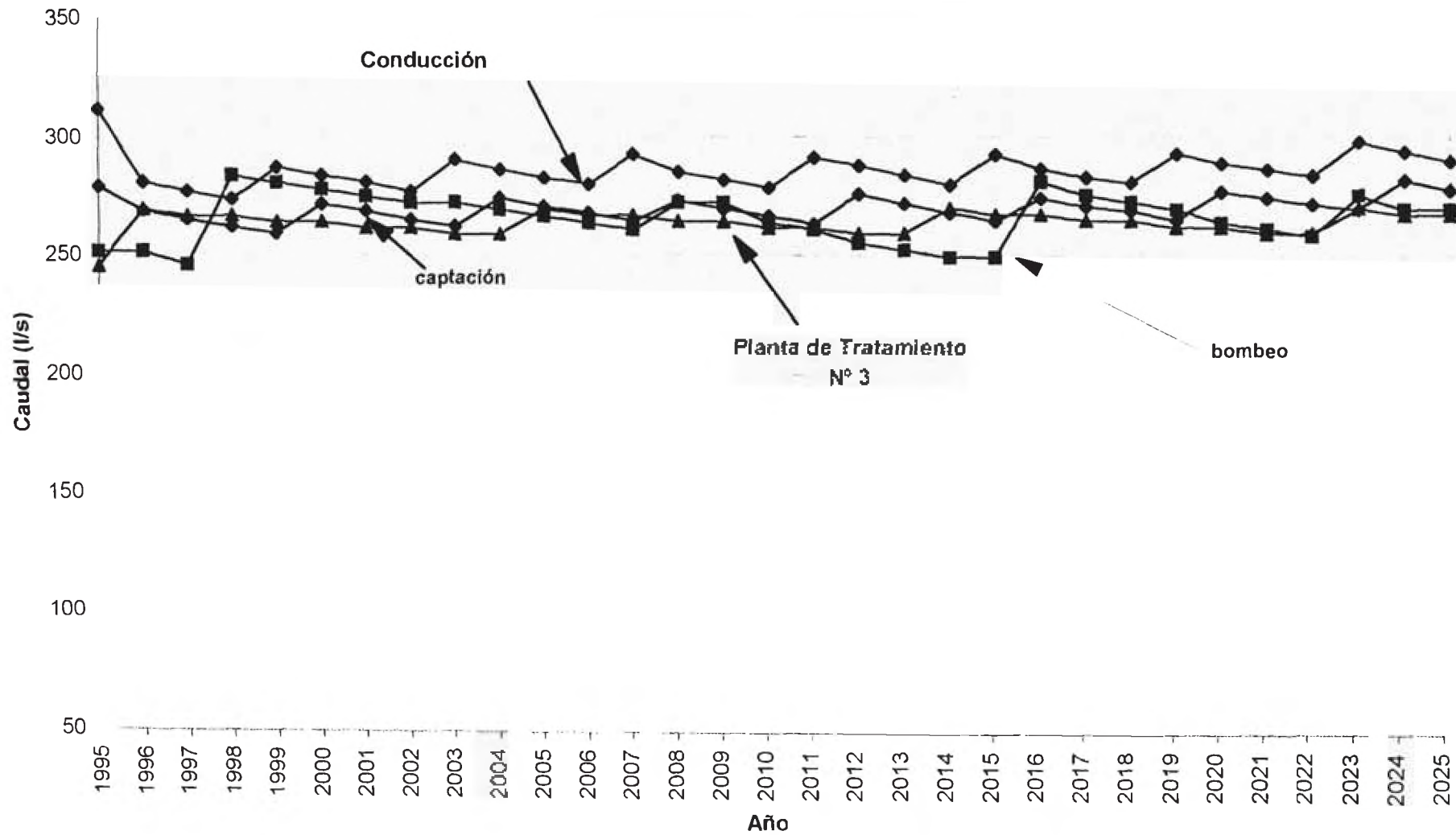


Figura 6.3 Oferta de Producción Planta de Tratamiento

Línea de conducción de la Captación a la Planta de Tratamiento.

Unidades de tratamiento.

Estación de bombeo de la planta N°3

Pozos

En el anexo 6.3.1-1 se presentan la oferta que presenta cada componente en el tiempo, para lo cual se ha considerado efectos de eficiencia, por ejemplo la capacidad de bombeo de un equipo electromecánico disminuye con el paso de los años, así como la capacidad de conducción de las tuberías.

Una vez proyectado la oferta de cada componente se ha tomado la menor como la oferta del sistema.

6.3.1.1 Oferta de Planta de tratamiento

Para la determinación de la oferta de la planta de tratamiento se ha analizado los equipos de bombeo de la captación, la línea de conducción hacia la planta y las unidades de tratamiento determinando la oferta de cada componente para los diferentes años del proyecto, según se presenta el anexo 6.3.1-1.

Hacemos una comparación de estos tres componentes, (según se muestra en el anexo 6.3.1-4) tomando la oferta menos favorable para cada año con lo cual estamos obteniendo la oferta de producción del sistema, a continuación presentamos un resumen de la oferta por planta de tratamiento.

Cuadro 6.38 Oferta de tratamiento

Año	Caudal (l/s)
1995	246
2000	265
2010	262
2025	267

6.3.1.2 Oferta de la Capacidad de Bombeo

Es la que ofrece la estación de bombeo de la planta N°3 y está en función del rendimiento de las electrobombas según se muestra en el anexo 6.3.1-2. Para el año 1998 se debe realizar un mejoramiento de los equipos para poder obtener 284 l/s, la operación y mantenimiento es importante para poder mantener el rendimiento para el que ha sido diseñado

A continuación se presenta la oferta de la capacidad de bombeo de los equipos

OFERTA TOTAL DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE

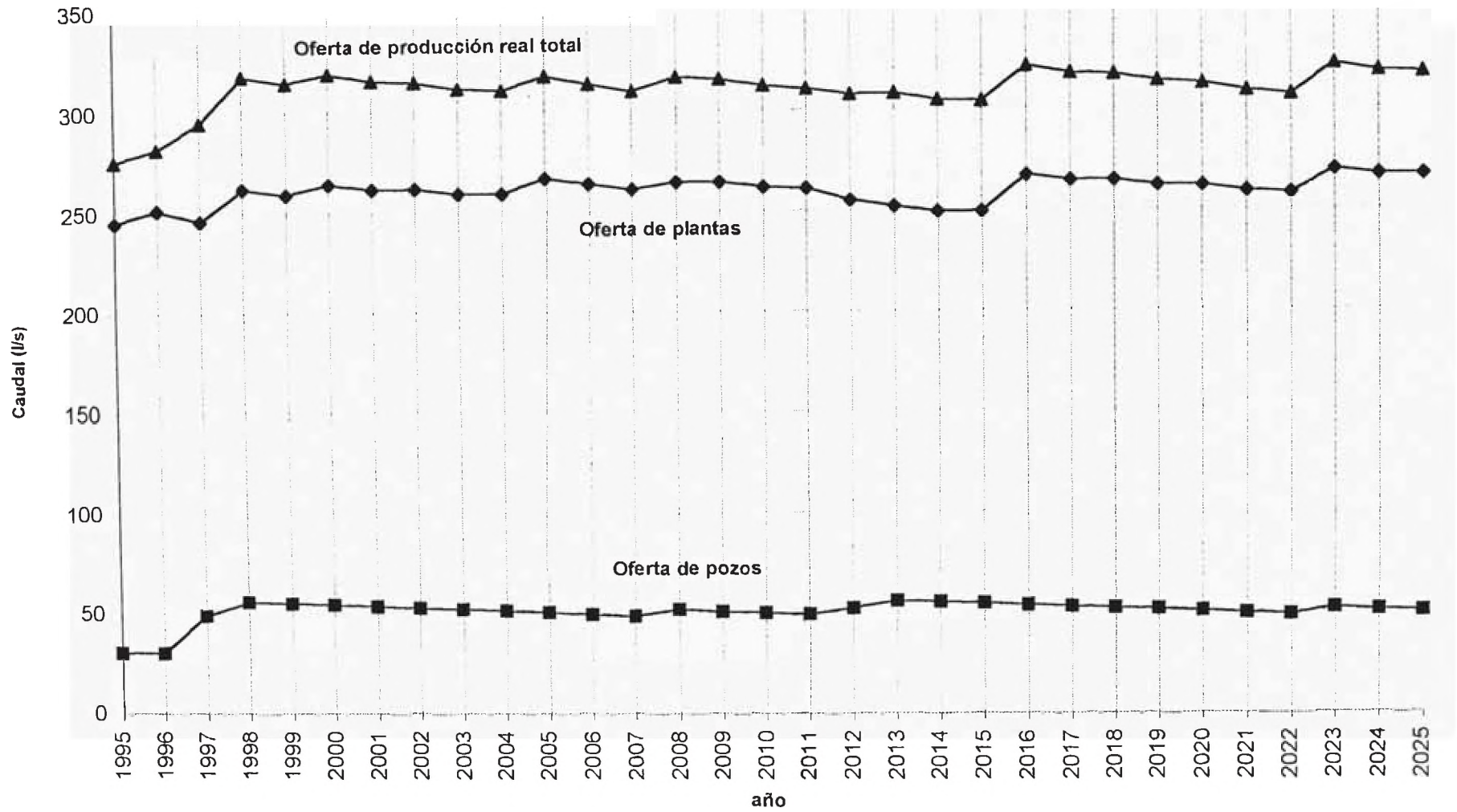


Figura 6.4 Oferta de producción de agua potable

Cuadro 6.39 Capacidad de bombeo

Año	Caudal (l/s)
1995	252
2000	278
2010	264
2025	270

6.3.1.3 Oferta de Pozos

La oferta que proyectan los pozos se ha considerado como oferta de la capacidad de bombeo de los equipos. Para ello se ha considerado Los Pozos Puyango, Puerto Pizarro (en funcionamiento) y El Mirador (entra en funcionamiento en 1997) según se presenta en el anexo 6.3.1-3 la oferta de producción de los pozos es la siguiente:

Cuadro 6.40 Oferta de pozos

Año	Caudal (l/s)
1995	31
2000	55
2010	50
2025	50

La oferta total de producción la determinamos tomando el valor menos favorable de la planta de tratamiento con la estación de bombeo (anexo 6.3.1-4 y figura 6-3) al resultado de estas comparaciones le sumamos la producción de los pozos (fig 6-4)

6.3.2 Oferta de Distribución

6.3.2.1 Redes de Distribución

La red de distribución existente atiende actualmente a una población de 62,668 habitantes, para poder cuantificar la oferta del sistema existente se ha determinado los porcentajes de atención a la población servida, para ello se ha corrido el programa Kypipe mediante 4 simulaciones para los horizontes 1996, 2000, 2010 y 2025 considerando los consumos proyectados para los respectivos horizontes, luego hemos considerado los nudos con presión negativa como zona no servida.

La suma de estos caudales representa una cantidad de personas no atendida y con ello determinamos los porcentajes de atención de la red existente según se muestra en el anexo 6.3.2-1 y figura 6.6.

POBLACION SERVIDA POR LA RED DE DISTRIBUCION

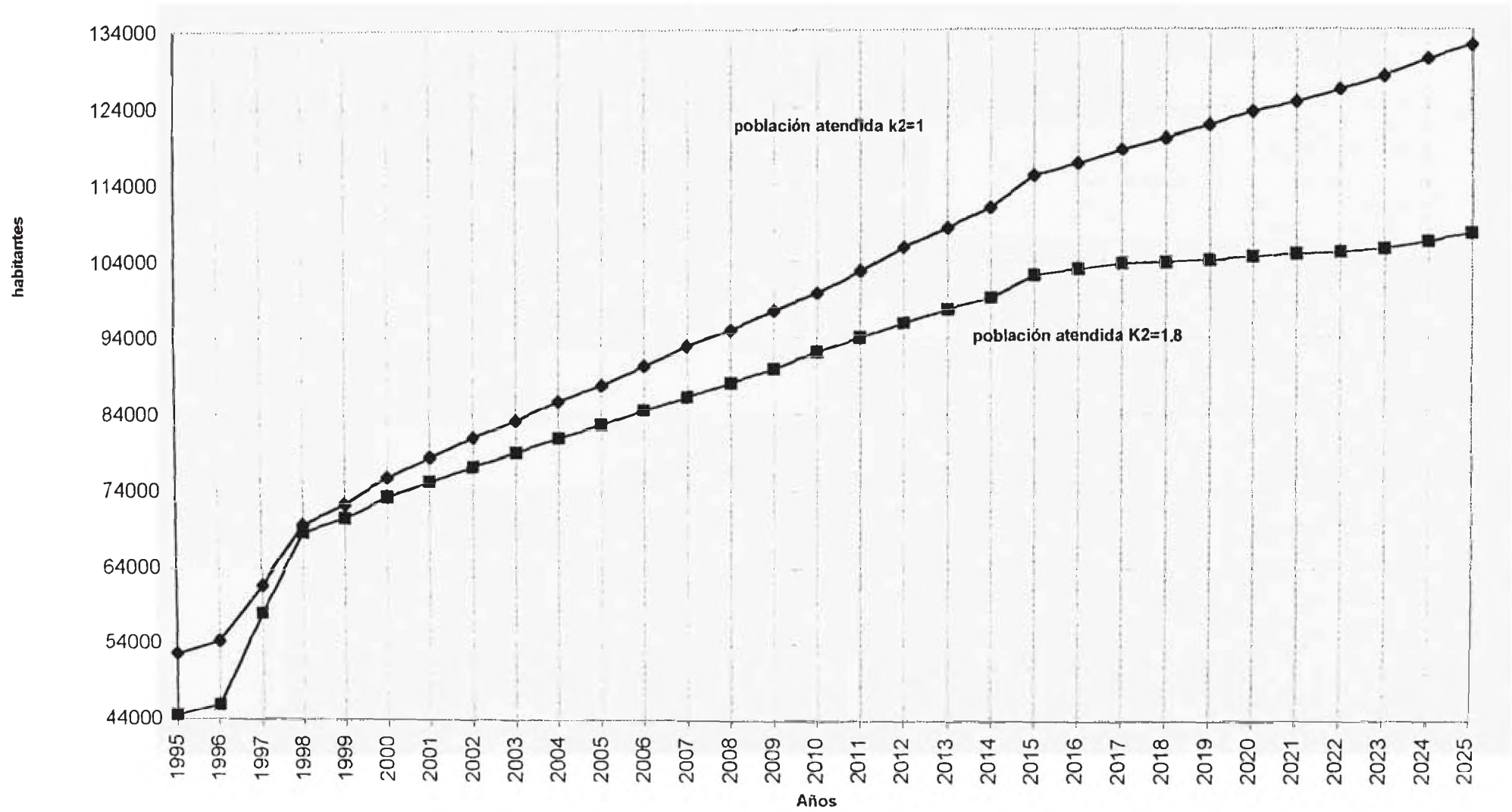


Figura 6.5 Oferta de distribución

A continuación se presentan los porcentajes de atención a la población servida considerando para ello cuando existe un máximo consumo $k_2=1.8$ y consumo promedio $k_2=1$.

Cuadro 6.41 Oferta de redes

Año	% de población atendida	
	$k_2 = 1$	$k_2 = 1$
1996	84	71
1998	100	98
2000	100	97
2010	98	91
2025	98	80

6.3.2.2 Oferta de Almacenamiento

La oferta de almacenamiento lo componen los reservorios existentes:

Reservorio El Tablazo 2500 m³

Reservorio El Mirador 1000 m³

Reservorio Lishner Tudela 1000 m³

Reservorio 550 m³

Reservorio Puerto Pizarro 1000 m³

6.4 DEFICIT DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE

Como se indica en la metodología (cap. 3.3.1), se habla de un déficit del sistema existente (por razones funcionales que ocupa un elemento en el sistema).

El déficit del sistema existente, resulta cuando la demanda de la población no fue cubierta por la oferta del sistema existente. La demanda crece solamente de la población del área servida. (La población fuera del área de servicio se considera en el segundo caso déficit global).

El sistema existente, es el sistema en 1996 más mejoramientos por el MIO y una optimización de ciertas partes hasta el año 2000.

El déficit global resulta cuando la demanda de toda la población (no solamente del área servida) no fue cubierta por la oferta del sistema. El déficit global descubre una vista de frente al servicio ofrecido a la población.

Hecha la definición del deficit a continuación presentamos el deficit global en el caso de la producción y deficit del sistema existente en el caso de las redes de distribución.

6.4.1 Deficit de Producción

En el sistema de producción el factor limitante son las estaciones de bombeo por lo tanto para levantar la oferta de producción es importante cambiar los equipos o darles un mantenimiento periodico.

Según se muestra en el cuadro N° 6.42 y figura 6.5 el deficit empieza en a partir del año 2002, por lo tanto las alternativas en el sistema de producción deben de empezar a partir de este año.

En el anexo 6.4-1 se presenta el deficit de la producción para todos los año del proyecto.

Cuadro 6.42 Deficit del sistema de producción

Año l/s)	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Deficit (l/s)
1995	276	335	58
1997	295	318	22
1998	318	311	-7
2000	319	306	-13
2002	315	323	8
2010	312	389	77
2025	317	518	201

6.4.2 Deficit de distribución

El deficit de la distribución comprende la deficiencia que existe en las redes y capacidad de almacenamiento.

Deficit en las redes de distribución

El deficit en las redes de ha determinado en función a la población no atendida según se muestra en el anexo 6.4.1-2 y figura 6.6.

DEFICIT DE LA PRODUCCION DE AGUA POTABLE

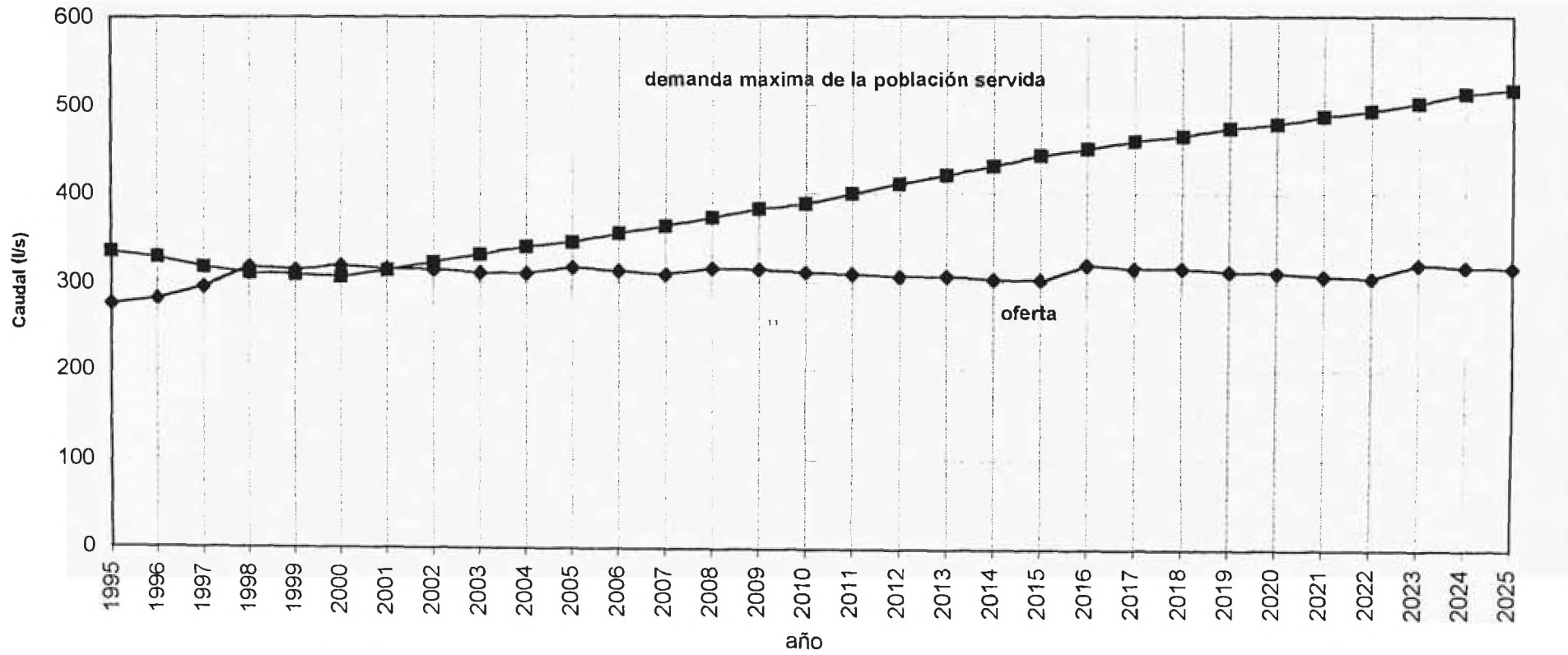


Figura 6.6 Déficit de la producción de agua potable

Esta población no atendida se ha determinado en función a los nudos del calculo hidraulico que porenentan presión negativa, como se explico anteriormente las demandas que existen en estos nudos se ha considerado como no atendida.

Déficit de Almacenamiento

Para la determinación del deficit de almacenamiento (ver figura 6-7) se ha considerado en forma global la capacidad existente con respecto a lo que demanda la población total, pero en la realidad no es así ya que los reservorios tienen un area de influencia determinada.

En el capitulo 7 se van a determinar las zonas de abastecimiento y de acuerdo a ello el volumen de almacenamiento que requieren, las zonas de futura expansión necesitarán almacenamiento propio así exista un superavit ya que se encuentran muy lejanas de los reservorios existentes.

En el anexo 6.3.1.4 se han realizado unos cuadros en el que se ha determinado la demenda de almacenamiento para los años del proyecto, de ello solo rescataremos el porcentaje que representa del consumo diario para las diferentes horas de bombeo.

A continuación se presenta un cuadro resumen del deficit de almacenamiento para 18 horas de bombeo en los diferentes horizontes del proyecto.

Cuadro 6.43 Deficit de almacenamiento

Año	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)	Deficit (l/s)
1995	5050	6275	1225
2000	6050	5779	-271
2010	6050	7431	1381
2025	6050	9766	3716

6.4.3 Conclusiones

El análisis del déficit del sistema comparando la oferta con la demanda del sistema existente de distribución, presenta un superavit en los años 1998 - 2001.

Las causas de este comportamiento son:

- Mejora de la producción con las medidas del MIO y de la optimización, incrementando la producción por mejoras de eficiencia, homogenización, etc.

DEFICIT DE ALMACENAMIENTO TUMBES

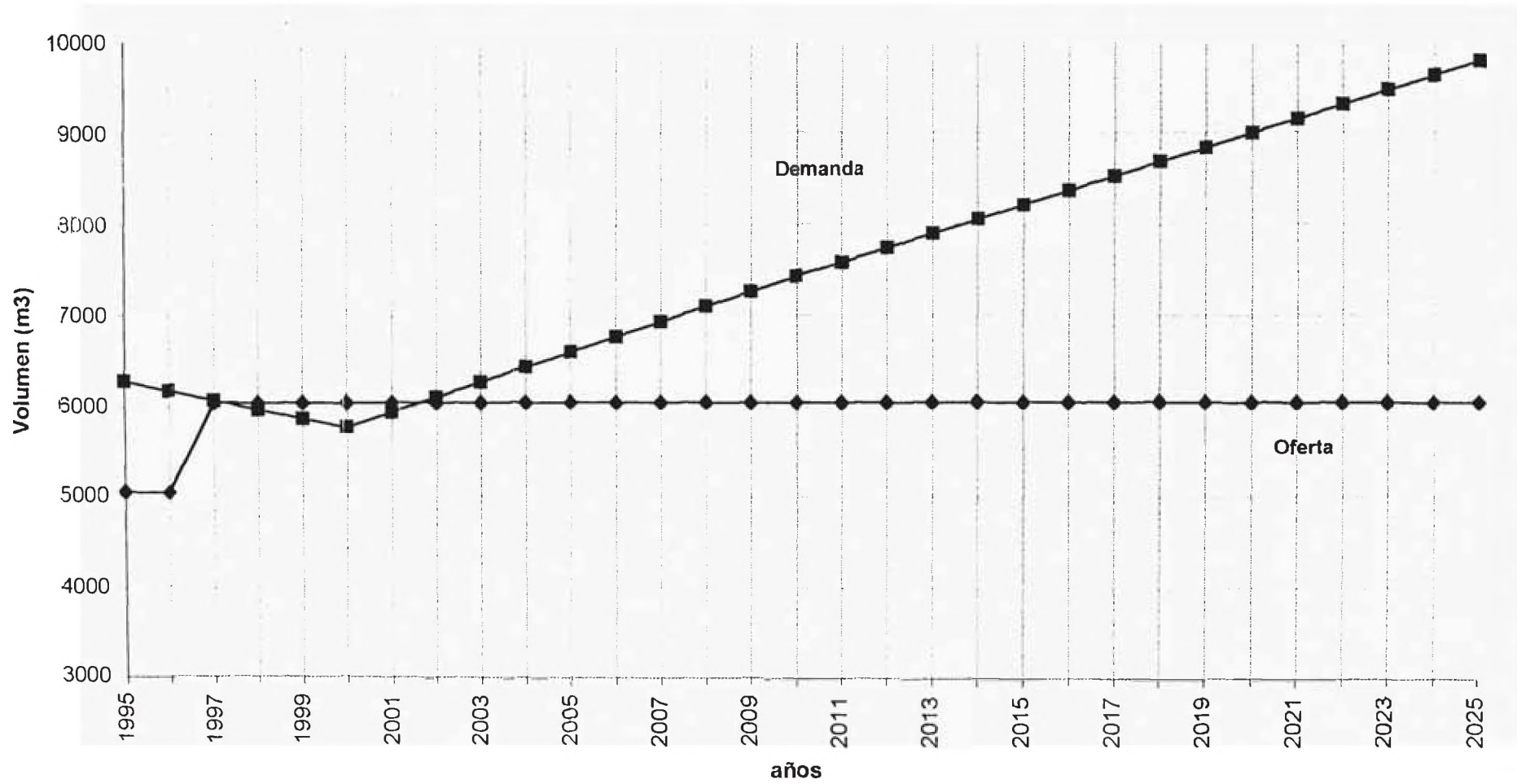


Figura 6.7: Deficit de Almacenamiento

DÉFICIT DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

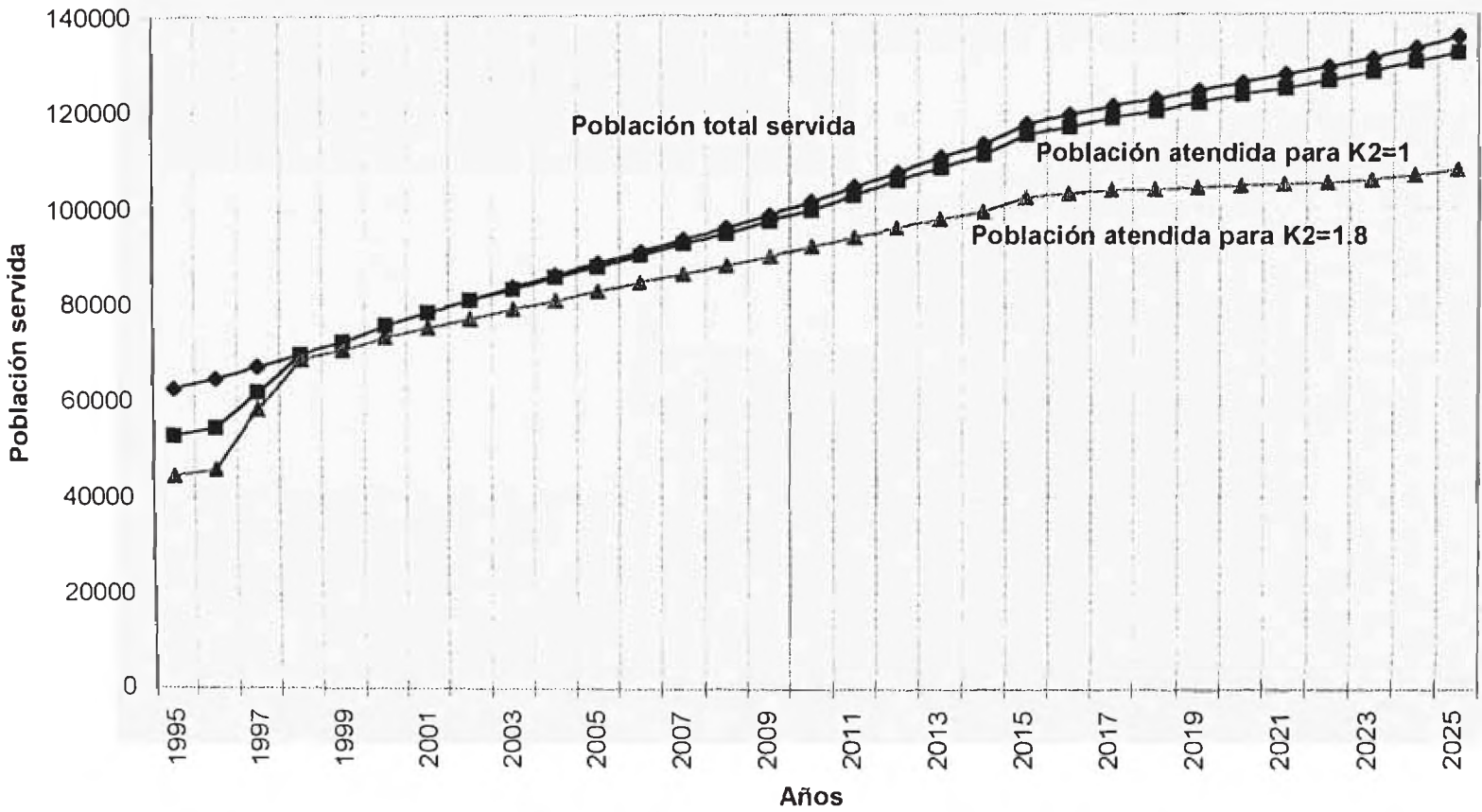


Figura 6.8 Déficit del sistema de distribución

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Reducción de la demanda con las medidas de optimización que resulten principalmente en reducción de consumo doméstico por la micromedición y reducción de las pérdidas en la red como resultado del programa de rehabilitación de la red.

7. EXPANSION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

A continuación se presenta una corta introducción de la situación actual del sistema de agua potable con las propuestas de obras de optimización y el programa MÍO (medidas inmediatas de operación)

La optimización se identificó como el requerimiento de servicios y/o obras, a fin de recuperar al máximo la infraestructura existente, dándole el máximo de vida remanente a un mínimo costo (capítulo 5).

PROGRAMA MIO

Para el caso particular de Tumbes, el diagnóstico fue desarrollado por la Asociación SANIPLAN-AMSA en el año 1994.

Las obras que actualmente se ejecutan son parte del pliego de recomendaciones, como consecuencia de los estudios de dicha Asociación

PROGRAMA PAI

La Empresa EMAPATUMBES ha elaborado en cumplimiento de la Ley General de Servicios de Saneamiento (N° 26338) y su reglamento: El Plan de Acciones Inmediatas (PAI-Tumbes) , en base a los lineamientos y directivas emitidos por la SUNASS.

El plan en referencia se encuentra orientado a las Acciones inmediatas, que permita a la EPS a solucionar sus problemas más apremiantes y en especial los de índole financiero. En dicho plan se hace mención al Programa de Mejoramiento Institucional y Operativo (MIO) presentado por EMAPATUMBES al PRONAP.

PROGRAMA DE OPTIMIZACIÓN

En el capítulo N° 5: Diagnóstico y Evaluación, se ha propuesto medidas de acciones inmediatas y mediatas, que permitan que el programa de Mejoramiento Institucional y Operativo cumpla sus objetivos preestablecidos, a través de los sistemas que integran los siguientes servicios :

Mejoramiento de la producción

Captación: Obras de mejoramiento en la actual captación

La captación de la planta de agua potable de Tumbes, constituye un cuello de botella del sistema. Las obras propuestas por SANIPLAN-AMSA (1994), consideran dicha captación con prioridad (TAP-5-2).

En el mejoramiento de dicha captación se propone realizar las siguientes obras:

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

- Cercar con muro de concreto armado al rededor de la tubería de succión
- Colocar una compuerta, ubicada en la parte baja para captar agua en épocas de estiaje
- Colocar rejas espaciadas en 15 m, que sea capaz de retener materiales gruesos.

Tratamiento: Obras de mejoramiento en las plantas indicadas en el capítulo N°5

Distribución

- Reemplazo de conexiones que actualmente cuentan con tubería de plomo por PVC, en total de 300 unidades.
- Elevar las conexiones profundas en total de 300 unidades
- Instalación de marco y tapas 300 unidades
- Búsqueda y reparación de los tubos y conexiones que presentan fugas ϕ 4", 1821 m; ϕ 8", 843 m.
- Ubicación de las válvulas para su mantenimiento y colocación de cajas de protección, 30 unidades.
- Propuesta de cambio para diámetros indicados:

ϕ 6" Longitud 2540 m.

ϕ 8" Longitud 2815 m.

ϕ 10" Longitud 1477 m.

ϕ 12" Longitud 1625 m

-Cambio de válvulas de F.F. deterioradas

ϕ 4" Unidades 15

ϕ 6" Unidades 5

ϕ 8" Unidades 4

-Instalación de medidores para obtener la cobertura proyectada según el estudio de la demanda realizado en el tercer informe.

Año	Doméstico	Comercial	Estatal	Industrial
1995	1379	393	53	5
1996	2412	936	49	0
1997	2113	35	3	0
1998	2113	37	2	1
1999	2270	38	2	0
2000	663	39	3	0

OFERTA Y DEMANDA

Del análisis de la oferta y demanda se ha determinado que existe un déficit en el sistema a partir del año 1997, el cual deberá cubrirse con obras de expansión; cabe señalar que el déficit se presenta en el sistema de distribución ya que el déficit en la producción aparece a partir del año 2002.

A continuación se presentan los cuadros de oferta demanda para la producción y distribución hasta el año 2025.

Producción

La oferta y demanda de producción de agua potable de la ciudad de Tumbes llega para los diferentes horizontes a las siguientes cantidades:

Año	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)
1995	276	318
2001	315	323
2010	312	389
2025	317	518

La oferta toma en cuenta:

- Las medidas del MIO en cada elemento
- Las medidas de optimización propuesto por el Consultor
- Las diferencias como pérdida, desgaste y efectos de vida útil

Distribución

El sistema de distribución presenta déficit en 40 l/s como capacidad de Líneas de conducción a partir del año 1997, como consecuencia del no funcionamiento del Pozo Lishner Tudela. A continuación se presenta los valores de oferta y demanda.

Año	Oferta (l/s)	Demanda (l/s)
1997	273	318
2002	273	323
2010	273	389
2025	273	518

Después de la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable (Cap. 7.1) siguen la identificación de fuentes y principales componentes (Cap. 7.2) se continuará con identificación de alternativas (Cap. 7.3) el desarrollo técnico de cada alternativa viable se realizarán en el (Cap. 7.4).

7.1 VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE

Cuando hablamos de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable nos estamos refiriendo al porcentaje de daños ó riesgos de deterioro, que podría producirse en esta si ocurre un desastre de una determinada intensidad; es decir las estructuras en que grado están expuestas a un desastre..

En el plano TAP-7-1 se presenta las zonas de alta vulnerabilidad la que esta conformada por las zonas por donde pasan las quebradas Tumpis, "X", Pedregal, Luay y El Nieto así como la margen izquierda del río Tumbes que esta muy cerca a la carretera Panamericana.

Para un mejor entendimiento del plano adjunto resumiremos estas características por sectores:

ZONA DE CIUDAD VIEJA

La zona baja es la mas expuesta a los efectos de un fenómeno "El Niño". Estos efectos son: inundación del río por el canal "La Tuna hasta aproximadamente 100 m. de la av. Panamericana (cuando existe una descarga de 1500 m³/s); inundación total por precipitaciones pluviales casi toda la parte alta actúa como cuenca colectora de estas aguas; pequeños y constantes depósitos aluviales al pie de la quebrada "El Tumpis" y la napa freática superficial (a 0.50 m. de la superficie). La zona alta está expuesta a: inundaciones por lluvias en las zonas planas (Plaza de armas, mercado, un sector de Pampa grande y a la salida de San Juan) y erosión por escurrimiento de aguas pluviales en las calles de pendiente pronunciada creando pequeñas zonas de deposito temporales de material deleznable. Esto se ecentúa al pie de la quebrada El Nieto.

ZONA DE CIUDAD INTERMEDIA

En la parte baja a la izquierda de la av. Panamericana, la zona está expuesta a enlagueamiento por precipitaciones pluviales; a la derecha de la avenida además de inundarse por lluvias es un deposito constante del material acarreado por escurrimiento de la quebrada "X".

Debido a la constante humedad, una buena parte de este sector tiene vegetación.

En la parte alta (AA>HH "Las Malvinas), los lugares relativamente planos se inundan por las lluvias, encharcándose por el material superficial suelto.

ZONA NUEVO TUMBES

Considerada zona alta, por ser relativamente plana y con material superficial suelto, se inunda y encharca con las lluvias; en algunos sectores cercanos a las laderas de la quebrada pedregal existe erosión por el escurrimiento de aguas pluviales.

Con respecto al sistema existente de agua potable, podemos decir que la mas vulnerable es la captación, ya que anteriormente se encontraba a la altura de la planta de tratamiento pero debido a que el río cambio su cauce esta quedo inservible, otro de los problemas de la captación es que cuando el nivel del río desciende en épocas de sequia los equipos de bombeo succionan lodo y maleza que trae el río

Como conclusión, diremos que los principales factores que amenazan a la ciudad son: las máximas avenidas del río y las precipitaciones pluviales, agregando a estos las malas condiciones del suelo y el nivel freático en la parte baja.

7.2 IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES DE LAS ALTERNATIVAS

7.2.1 Fuentes

Tumbes, cuenta con dos grandes fuentes de agua, el río Tumbes y las aguas subterráneas. En vista a estas condiciones favorables, teóricamente podemos aprovechar y barajar para nuestro estudio, tres fuentes alternativas:

- Agua subterráneas en la zona del Aeropuerto (zonas de expansión)
- Agua superficial del río Tumbes
- Agua subterránea en el valle del río Tumbes.

7.2.1.1 Agua Subterránea, en la Zona Del Aeropuerto

El área de Tumbes según información de perforaciones de pozos de agua y de PETRO PERU presenta potentes formaciones sedimentarias de materiales acuíferos y no acuíferos.

Dentro de los materiales acuíferos, según registros, de perforaciones ya efectuadas, figuran arenas de grano medio a fino, gravilla y grava.

En materiales no acuíferos existen arcillas de diferente compactación y también mezclados con materiales tales como limo, arena fina y grava.

El espesor superficial de estos materiales inconsolidados y poco consolidados de acuerdo a los registros de perforaciones de pozos para agua subterránea en Tumbes alcanza los 200 metros

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Pero en perforaciones petroleras de PETRO PERU estos materiales registran profundidades que pasan los 2000 metros.

Como se puede apreciar existe una cuenca hidrogeológica importante capaz de constituir un reservorio de agua subterránea aprovechable.

Como la zona de Tumbes es muy poco lluviosa, para constituir la lluvia una fuente importante de alimentación de agua subterránea y dado el carácter poroso y permeable de las formaciones sedimentarias Terciarias y Cuaternarias por donde discurre principalmente el río Tumbes, éste constituye la fuente principal de alimentación de los acuíferos de la zona de Tumbes.

Conforme a la experiencia encontrada en los pozos existentes, las capas acuíferas aprovechables están bajo los 80 metros de profundidad. A pesar de que existen materiales productivos encima de esta zona, la calidad del agua hasta esta profundidad es inconveniente por ser salobre.

Además las características topográficas y morfológicas del terreno con baja pendiente, favorecen riadas o entradas de agua marina hacia dentro del continente durante las altas mareas, fenómeno que facilita la infiltración de agua salada en áreas superficiales que están en la zona continental.

Dada la profundidad de los acuíferos explotables y la estructura interna de los sedimentos, que son mayormente acumulaciones deltaicas en distribución interdigital, se producen confinamientos de acuífero y el nivel estático de agua debe subir sobre el nivel del acuífero, tal como se refiere con el pozo de Puyango, donde el acuífero se encontró a los 90 m. Y el Nivel Estático llegó a los 10.57 m. Lo mismo con el pozo Puerto Pizarro con una profundidad al acuífero de 84 m. El Nivel Estático llegó a 16 m.

Las diferentes etapas de trabajo que se han desarrollado, han permitido determinar la ubicación de la zona favorable para la perforación de pozos en base a evidencias de características hidrogeológicas que indican posibilidad de obtener agua a profundidades mayores de 80 metros en cantidad y calidad suficiente para los fines que se pretenden

Esta zona se encuentra en el área Nor-Este de la ciudad de Tumbes.

Las profundidades a que deben llegar las perforaciones de pozos deben ser de 150 metros ó alrededor de los 200 metros

Rendimiento probable

Según los registros de los pozos existentes para el servicio Público EMAPA TUMBES, los rendimientos son entre 20 y 25 litros por segundo.

Sin embargo examinando la información sobre las perforaciones de los pozos y sus desarrollos, al parecer no han sido ejecutados bajo la debida supervisión y muestran algunas deficiencias que deben estar incidiendo en el rendimiento de caudal y también en la vida de pozo.

Por ejemplo en las pruebas de bombeo del Pozo Puerto Pizarro, y según información dada por EMAPA TUMBES, se han registrado en bombeos de prueba las siguientes descargas durante 2 días:

Nivel Estático	16 metros		
Rendimientos:	75 l.p.s.	Nivel dinámico	35.40 m.
Rendimientos:	65 l.p.s.	Nivel dinámico	31.90 m.
Rendimientos:	55 l.p.s.	Nivel dinámico	30.10 m.
Rendimientos:	40 l.p.s.	Nivel dinámico	26.80 m.

Refieren haber observado que con un bombeo de mas 55 l.p.s. se ha producido un arrastre fuerte de arena, pero cuando se reduce el caudal a 40 l.p.s. solo se produce arrastre de arena por periodo de 4 minutos bajando luego a niveles mínimos tolerables.

Este comportamiento estaría indicando la falta o deficiente desarrollo del pozo, especialmente en lo que se refiere al paquete de grava y filtros en las zonas acuíferas.

Para este mismo Pozo se menciona que el acuífero esta compuesto de arena gruesa en gravilla y guijarros, seguido de arena arcillosa ligeros sedimentos que no son fácilmente arrastrables con filtros de grava y limpieza adecuada.

Los materiales arriba mencionados constituyen un buen acuífero y se localizan entre los 84 m. hasta los 140 m. lo que daría 56 m de acuífero y un buen rendimiento que podría esperarse sea de 60 l.p.s.

Los demás pozos registrados parece que también tienen las mismas deficiencias, en cuanto a su construcción y desarrollo como por ejemplo el pozo Lishner Tudela que además se dice tiene desvío en la verticalidad de la perforación.

7.2.1.2 Agua Superficial del Río Tumbes

El río Puyango - Tumbes mide aproximadamente 230 Km, de longitud y tiene un área de drenaje de alrededor de 4,800 Km² hasta su desembocadura.

La estación " El Tigre" que se encuentra ubicada a unos 25 Km. de la ciudad de Tumbes, tiene un área de cuenca colectora aproximada de 4,380 Km², altitud 22 msnm, longitud 80° 28' W, latitud 3° 42' S y que tiene un registro limnigráfico que abarca el periodo 1965 - 83. Los pronósticos probabilísticos de la estimación de avenidas figuran en el cuadro N° 7.1

HIDROGRAMA DE AVENIDAS DEL RÍO TUMBESES
ENERO - JUNIO (1975 y 1983)

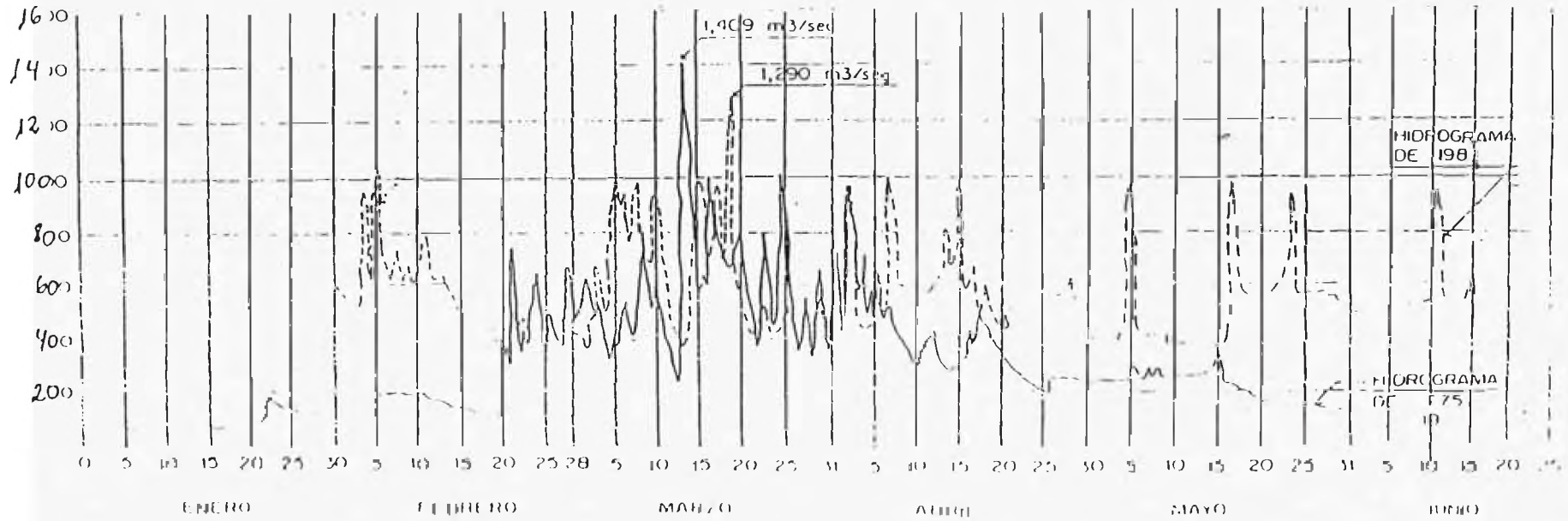


FIG. 7-1

Cuadro N° 7.1

CAUDALES DE AVENIDAS	
Periodo de Retorno (años)	Caudal (m3/s)
10	1,280
20	1,550
50	1,900
100	2,150
200	2,400
500	2,750

En 1983 se tornó dificultoso, que fue imposible determinar los caudales del río Tumbes a causa de intensas lluvias, según A. Rocha, (1) con propósitos de estimación cabe suponer que una tormenta fuerte tiene un radio de influencia de 5 Km. y una intensidad máxima de 20% de lluvia registrada en 24 horas; considerando un coeficiente de escorrentía de 0,5 podría estimarse a un aporte de la cuenca baja, que se indica en el cuadro N°7.2

(1) A. Rocha Ings.; " Estudio del tratamiento a corto plazo de las avenidas del río Tumbes".

Cuadro N° 7.2

CAUDALES DEL RÍO TUMBES					
DIA CRITICO	LLUVIA EN 24 HORAS	MAXIMA INTENSIDAD DE LLUVIA	CAUDAL CUENCA BAJA	CAUDAL EL TIGRE m3/s	CAUDAL TOTAL m3/s
18-3-83	123 mm	25 mm	273 m3/s	1,290	1,563
17-5-83	142 mm	28 mm	305 m3/s	1,000	1,305
18-5-83	304 mm	60 mm	654 m3/s	990	1,554
04-6-83	188 mm	38 mm	425 m3/s	1,000	1,415

Caudales Importantes del río Tumbes 1983

De los diferentes estudios hidrológicos realizados en relación al río Tumbes, se ha hecho estimación de caudales de avenidas. Todas ellas difieren de las estimaciones presentadas por A. Rocha; la discrepancia está en los años registrados, por lo que sería prudente hacer un análisis más profundo de éste asunto.

Algunas de ellas se presentan a continuación

- a) Proyecto de desarrollo de Tumbes - Estudio de Factibilidad - Hidrotécnica Corporación - Enero 1965.

En el capítulo de hidrología se menciona: La máxima Avenida registrada ha sido 3,000 m³/s el 17 de abril de 1953, la siguiente avenida del 14 de abril de 1975 fue de 2,270 m³/s.

b) Ministerio de Agricultura - DEA Estudio de Factibilidad de defensa contra inundaciones en la costa Norte del Perú - Río Tumbes - Febrero 1977.

Las descargas máximas en la estación " El Tigre", se han determinado mediante una correlación lineal con la descarga media anual que tiene influencia de las mareas; lo cual puede hacer variar el régimen del río y constituir una imprecisión. De otro lado físicamente puede ser discutible la existencia de dicha correlación lineal.

Las descargas generadas con el método mencionado, dan un máximo valor de 3,144 m³/s en el año 1965 en una serie de 32 años que van de 1913 a 1974.

c) Proyecto Puyango - Tumbes - Estudio de factibilidad - Primera Fase - Diciembre 1977.

Con información de la estación " El Tigre" se da una relación de máximas avenidas de los años 1964 a 1976, correspondiendo al máximo a 3,400 m³/s para el año 1975.

El año 1975 ha sido un año con avenidas importantes en el mes de Marzo, habiéndose producido un pico el 15 de marzo de 1,410 m³/s (según INADE - A. Rocha IA).

RELACION DE LAS AVENIDAS CON EL FENOMENO " EL NIÑO"

Debemos agregar a esto la relación que existe entre las magnitudes registradas de avenidas y la ocurrencia del fenómeno " El niño".

Tomaremos como base los datos analizados por INADE - A. Rocha mencionado

En los registros limnigráficos de la estación " El Tigre" del río anteriormente. Tumbes, se observa que el máximo caudal se ha producido el año 1975 con 1410 m³/s, superior a los de 1972 con 1220 m³/s y 1983 con 1290 m³/s. El año 1975 no se tipifica con año con influencia de " El Niño", sin embargo el mes de marzo tuvo escorrentías muy altas. (Ver Fig. N°2.4)

En el año 1983 se tiene un pico menor que el de 1975, pero el caudal de 400 m³/s ha sido superado en más de 5 meses consecutivos en comparación de sólo 8 días en 1975 (Ver Fig. N° 7.1)

En el año 1981 se presente un pico de 951 m³/s, pero el hidrograma mensual es mucho más modesto que los de 1975 y 1983.

En el gráfico adjunto se aprecia que el caudal de 700 m³/s es mantenido 4 días consecutivos entorno al máximo pico para 1983, 17 horas para 1975, 1 día para 1981.

Estas observaciones hacen pensar que en eventos de esta naturaleza tiene particular interés, más que el pico de avenidas, la persistencia de altos caudales, que, como en el caso de 1983, se han mantenido por más de cinco meses consecutivos.

CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS Y BIOLÓGICAS

Se ha encargado el estudio de la calidad de agua a la Universidad de Piura Facultad de Ingeniería Sanitaria, en época de estiaje del río Tumbes. Para ello se ubicó cuatro puntos estratégicos:

Muestreo (M1) en las cercanías de la actual captación

Muestreo (M2) en la cercanía del puerto del cura

Muestreo (M3) en la tercera curva del río frente a la ciudad de Tumbes

Muestreo (M4) en la desembocadura actual del emisor Tumbes

(Ver anexo análisis físico químico y bacteriológico)

De los resultados emitidos por dicha Universidad, podemos observar que los parámetros físico y químicos son aceptables de acuerdo a las normas nacionales e internacionales en los cuatro puntos de muestra. Pero en cuanto se refiere a la existencia de "E - coli" y " Bacterias viables" la calidad del punto M4 es inaceptable para captación con fines de consumo de agua, en cambio en el punto M3 es aceptable y aún mejor en las ubicaciones cercanas al punto M2

7.2.1.3 Agua subterránea en el valle del río Tumbes

Con la finalidad de evaluar las propiedades físicas geológicas del subsuelo en los sectores de estudio : Planta de Tratamiento de Agua en la ciudad de Tumbes, Fundo Seminario y Puerto El Cura, localizados aproximadamente entre 2 y 3 Km. Al Sureste de la ciudad de Tumbes, debiéndose ejecutar los estudios Hidrogeológicos y Geofísicos complementarios y determinar las ubicaciones para la perforación de un pozo exploratorio y un piezómetro y ver la factibilidad de captación indirecta de las aguas del río Tumbes a través de galerías filtrantes.

El área de estudio comprendió Sector (1) Planta de Tratamiento de Agua de Tumbes, Sector (2) Fundo Sr. Seminario a 2 Km al Sueste de Tumbes por la vía carrozable Callejón Municipal y el Sector (3) Puerto El Cura a 3Km. Por la misma carretera.(ver figura 7.2)

El método geofísico utilizado por ejecución de SEV, ha permitido definir las características físico geológicas de los sedimentos no diagenizados del Cuaternario Reciente de los Sectores Planta de Agua, Fundo Seminario y Puerto El Cura, determinándose los principales parámetros geoelectrónicos tales como resistividades verdaderas, isopacas, resistencia transversal, conductancia longitudinal y la morfología del substrato rocoso.

La investigación ha determinado la ausencia de un acuífero subterráneo en el Sector (1) Planta de Agua, por la presencia de sedimentos arcillosos conductivos en todos los horizontes geoelectrónicos analizados.

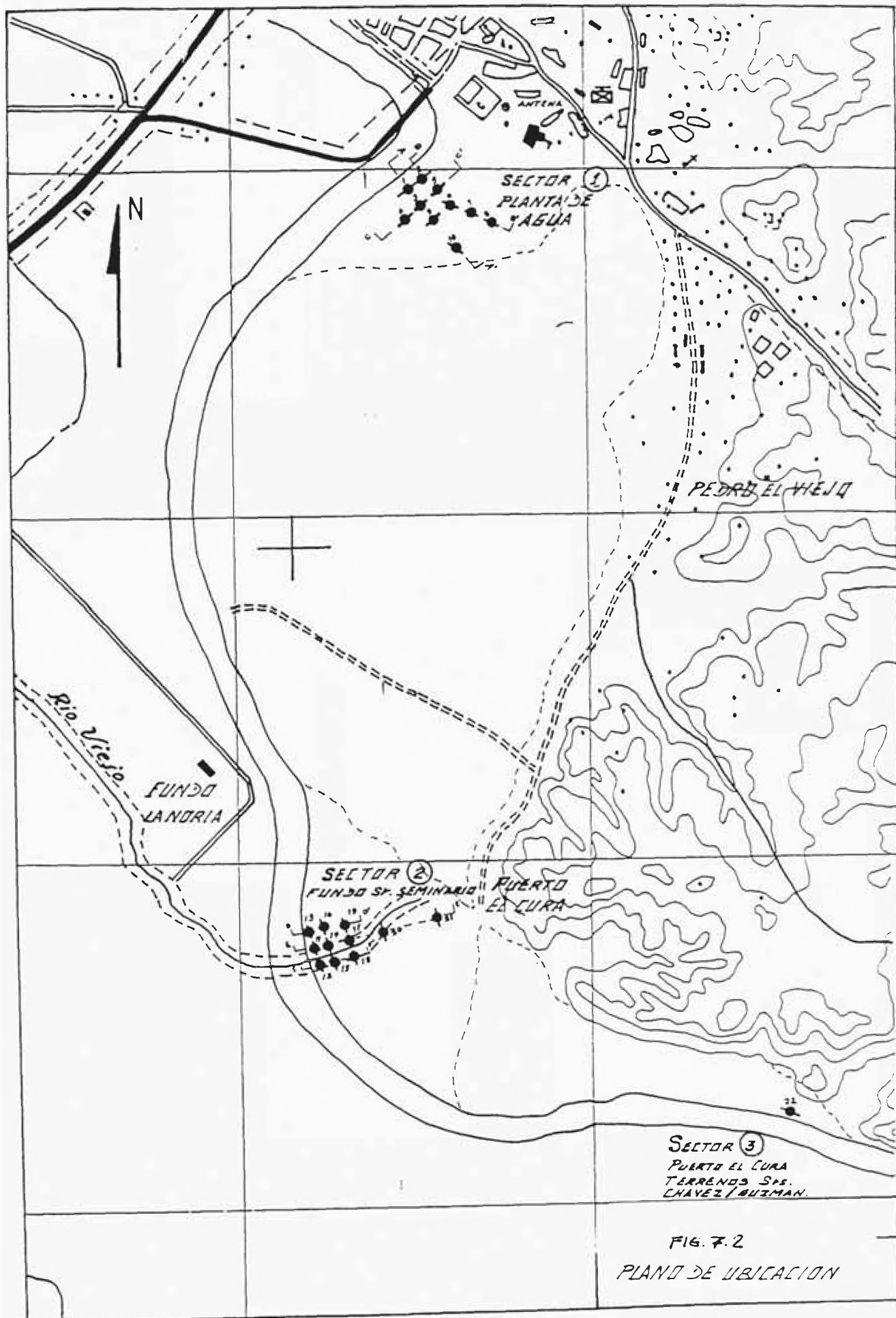


FIG. 7.2
 PLANO DE UBICACION

El SEV N°22, levantado puntualmente en el Sector (3) Puerto El Cura indica la presencia de sedimentos limo arcillosos en todos los horizontes interpretados y una sección escasa de sedimentos no diagenizados que la limitan como área prospectable por aguas subterráneas.

La investigación ha determinado la presencia de un acuífero superficial H3, en el sector (2) Fundo Seminario, con resistividades y resistencia transversal siguiendo al Eje I, donde el acuífero tendrá el mayor flujo hidráulico por ser el eje de recarga del acuífero.

Las rocas del substrato rocoso para las áreas de estudio, corresponden a sedimentos semiconsolidados a consolidados del Terciario Mioceno (Formación Tumbes) y Eoceno (Grupo Talara).

7.2.2 Distribución

Para una mejor operación del sistema (existente y proyectado) de abastecimiento de agua potable y de acuerdo a la ubicación y capacidad de los reservorios existentes, la ciudad de Tumbes se ha dividido en VI sectores de abastecimiento (ver fig. 7.3).

- **Zona de Abastecimiento No. I**

Comprendida por las zonas de desarrollo urbano No. 4,5 6,7,8,9 y 10 que es abastecida mediante el reservorio El Tablazo con una capacidad de 2500 m³ y que es alimentado por la planta de tratamiento No. 3.

- **Zona de Abastecimiento No. II**

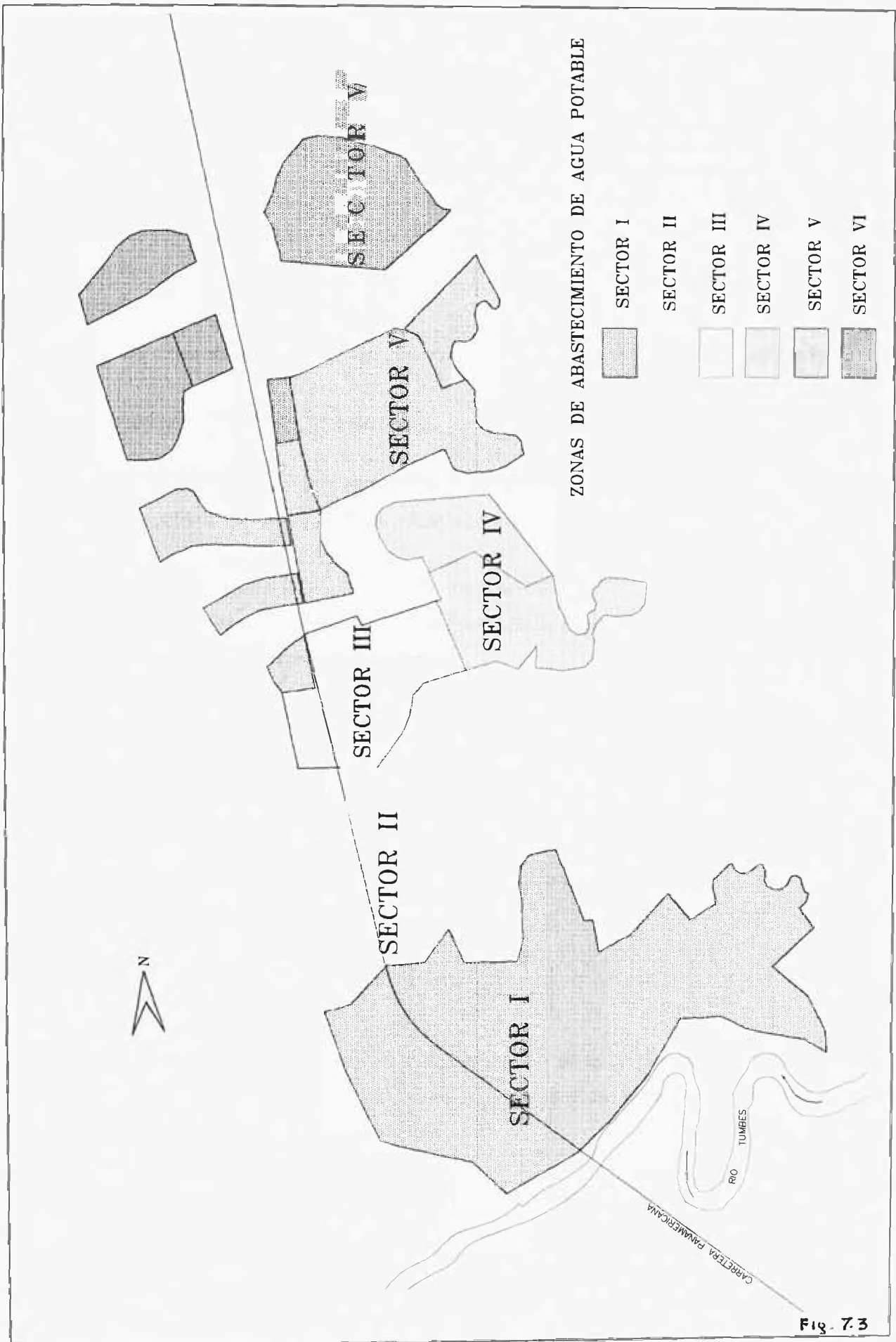
Comprendida por las zonas de desarrollo urbano No. 3 y 3A, que es abastecida por el reservorio El Mirador de 1000 m³ de capacidad, alimentado por el pozo El Mirador.

- **Zona de Abastecimiento No. III**

Comprendida por las zonas de desarrollo urbano N° 1, 2A y 14, que es abastecida mediante el reservorio R-550, capacidad 550 m³ y alimentada por el pozo Puyango con 16 l/s. Esta zona necesita un incremento en la producción a partir del año 2002 a consecuencia del proceso de densificación (Estudio de Desarrollo Urbano).

- **Zona de Abastecimiento No. IV**

Está comprendida por las zonas de desarrollo urbano No. 1A, 2 (zona existente) y 12 (zona futura), que es abastecida mediante el reservorio Lishner Tudela (R-LT). En la actualidad se encuentra inoperativa debido a que el pozo Lishner Tudela está fuera de servicio, por lo tanto es la zona que



se encuentra en una situación crítica. Esta zona puede ser abastecida por la planta de tratamiento N°3 ya que no existe déficit en la producción hasta el año 2002.

Zona de Abastecimiento No. V

Comprendida por las zonas de desarrollo urbano No. 13, 13A, 15, 16 y 16A Son áreas de futura expansión que se propone en el Estudio de Desarrollo Urbano.

- **Zona de Abastecimiento No. VI**

Comprendida por las zonas de desarrollo urbano No. 17, 17A, 18 y 19 áreas de expansión futura.

7.3 IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS

Identificado las fuentes de abastecimiento de agua que existen en la ciudad de Tumbes, superficial (río Tumbes y subterráneo (perforación de pozos o galerías filtrantes) se propone tres alternativas de abastecimiento mediante:

Construcción de una Planta nueva en el cerro El Venadito.

Construcción de galerías filtrantes en el área del Fundo Seminario.

Perforación de Pozos en la zona de Expansión.

7.3.1 Alternativa N°1 Nueva Planta de Tratamiento en el Cerro El Venadito

Los componentes de esta alternativa son:

Construcción de una captación en la zona denominada Puerto El Cura.

Construcción de una Planta de tratamiento en el cerro El Venadito.

Tendido de tuberías de conducción hacia las zonas de Expansión

Construcción de Reservorios en la zona de expansión

7.3.1.1 Captación

Se propone la construcción de una captación tipo bocatoma en la margen derecha del río Tumbes en la zona denominada **Puerto El Cura** en las proximidades de la captación existente que es utilizada para la irrigación de las zonas agrícolas.

Se ha elegido este lugar porque es una zona muy próxima al cerro El Venadito, y presenta una estabilidad de su cauce, a través de los datos históricos por lo que existe una seguridad de que en esta zona el río no vaya a cambiar su cauce.

En cuanto a la calidad del agua se puede decir que los parámetros físico químicos y microbiológicos realizados en los laboratorios de la Universidad de Piura se encuentran dentro del rango de agua aceptable para ser tratadas con fines de consumo humano. los resultados se presentan con el nombre de muestreo M2 en el anexo 7.3.1-1

7.3.1.2 Planta de tratamiento

Se proyecta ubicar la nueva planta de tratamiento de la ciudad de Tumbes, en el Cerro El Venadito debido a que este lugar se halla ubicado en la parte más alta de la ciudad 70 m.s.n.m.(según se muestra en el plano TAP-7-1).

Esto permitirá dar un abastecimiento por gravedad hacia las zonas de expansión de acuerdo a los requerimientos.

La planta de tratamiento será de tipo convencional y contará con un presedimentador que a su vez se utilizará como un tanque de almacenamiento ya que la captación solo trabajará 18 horas debido que a EMAPA TUMBES no le es favorable utilizar energía eléctrica en horas punta de 6:00 a 12:00 p.m.

7.3.2 Alternativa N° 2 Galerías Filtrantes en el Fundo Seminario

Los componentes de está alternativa son:

Construcción de galerías filtrantes en el fundo Seminario.

Líneas de conducción hasta la zona de expansión.

Construcción de reservorios en la zona de expansión.

7.3.2.1 Captación mediante galerías Filtrantes

Las galerías filtrantes, estarán ubicadas en el valle del río Tumbes (Sureste de la ciudad) en la zona del fundo Seminario un km antes de la captación existente para la irrigación Puyango-Tumbes (margen derecha del río Tumbes), que según el sondeo eléctrico realizado se encuentra un acuífero importante.

Las casetas de bombeo estarán ubicadas sobre los pozos de reunión en una cota de 6.00 msnm.

A una distancia de 80 m del río se ha excavado un pozo de 2 m de diámetro y una profundidad de 4 m, realizándose la prueba de permeabilidad del terreno (Kf), obteniendo 0.001926 m/s

E : Nivel estático (a 3 m de profundidad)

c : Nivel dinámico (a 3.32 m de profundidad)

Lecho impermeable: (a 7.28 m de profundidad)

Para el diseño de la galería de filtración el rendimiento específico (q) se calcula mediante el

Teorema de Dupuit: $q = K_f * (E^2 - e^2) / R$

y el radio específico por Sichwidt: $R = 3000 * (E - e) * K_f ^{0.5}$

Para finalmente: $Q = q * L$

Donde:

q	=	rendimiento específico [m ³ /s/m]
Kf	=	permeabilidad [m/s]
E	=	espesor estático del acuífero [m]
e	=	espesor dinámico del acuífero [m]
R	=	radio de influencia
L	=	longitud de la galería

Para nuestro caso:

$$R = 3000 * (5 - 3.96) * 0.0019^{0.5}$$

Donde:

El radio de influencia de los drenes será de 136 m

El rendimiento específico q será de:

$$q = 0.0019 * (5^2 - 3.96^2) / 136 = 1.30 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0.13 \text{ l/s/m}$$

Para obtener el caudal de diseño de la galería $Q_G = 135 \text{ l/s}$

La longitud efectiva L_e será de $L_e = 135 / 0.13 = 1000$ metros de tubería

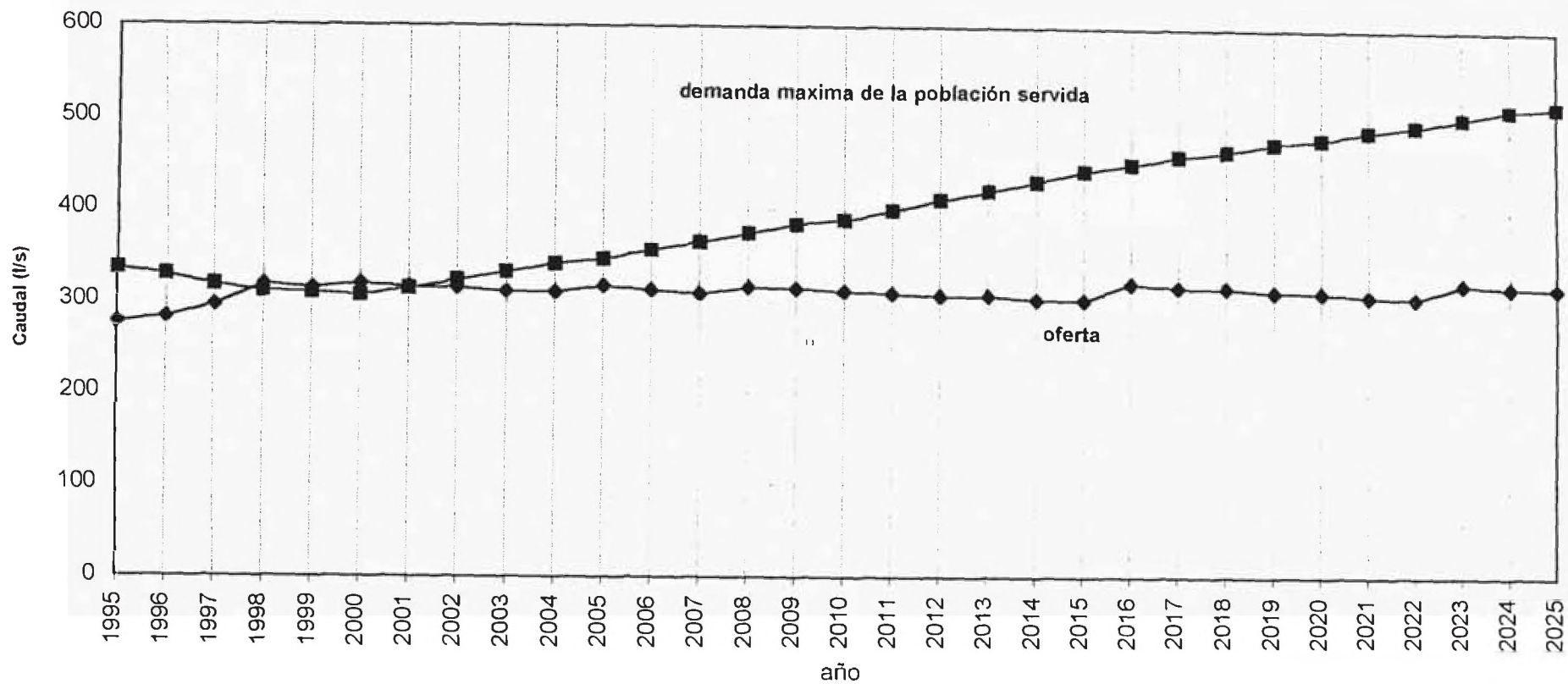
7.3.2.2 Tratamiento

Este tipo de fuente no necesita un tratamiento debido a que es un agua filtrada en forma natural, por lo tanto solo necesitará de una cloración para su posterior conducción hacia los reservorios

7.3.3 Alternativa N° 3 Pozos en la zona de expansión

Las condiciones hidrogeológicas generales están favorecidas por presentar un importante reservorio acuífero aprovechable y una fuente de alimentación principal que proviene del río Tumbes.

DEFICIT DE LA PRODUCCION DE AGUA POTABLE



Este río tiene sus nacientes en territorio ecuatoriano en una región con actividad minera aurífera donde se emplea el mercurio, por lo que es necesario efectuar análisis de sus aguas por Mercurio y Cadmio.

El área con mejores posibilidades para perforar pozos de explotación de agua subterránea se ubica en la parte Nor-Este de la ciudad de Tumbes, pudiendo extenderse estas posibilidades hacia las partes sureñas pero con mayores profundidades.

Las profundidades a que deben llegar las perforaciones de pozos deben ser de 150 metros ó alrededor de los 200 metros con rendimientos probables de 50 l.p.s.

7.4 DESARROLLO DE LAS ALTERNATIVAS

Antes de realizar el desarrollo de las alternativas cabe señalar que estas se llevarán a cabo después de ejecutar las medidas de optimización propuestas en el capítulo N° 5.

Según se muestra en el cuadro 7.3 el déficit en la producción se inicia a partir de el año 2002 por lo tanto las alternativas en lo referente a la producción deben empezar a funcionar a partir de este año. En el sistema de distribución (reservorios y líneas de conducción) en cambio se presenta el déficit en la actualidad por lo tanto es ésta la que debe ser atendida con mayor prioridad. La zona N°IV tiene una población existente que no tiene abastecimiento debido a que el pozo que abastece a ésta zona a dejado de funcionar.

En el cuadro 7.4 se presenta las poblaciones existentes y proyectadas según los horizontes de el proyecto, en el cuadro 7.5 se presenta las poblaciones año tras año por zonas de abastecimiento así como los caudales máximos diarios y los volúmenes de almacenamiento que requieren, estos han sido calculados con los parámetros (dotación y coeficientes de consumo) determinados en el capítulo N°6. En base a estos cuadros se realizarán el desarrollo de las alternativas.

7.4.1 Alternativa N° 1 Nueva Planta de Tratamiento en el Cerro El Venadito

Para la determinación de las etapas de inversión se deben de determinar los periodos optimos de diseño para evitar el sobredimensionamiento de los componentes y no tener grandes capacidades ociosas.

Los modelos mas usados parten de la hipótesis que la demanda aumenta linealmente con el tiempo, esto es en cantidades anuales constantes, aunque esto no sea exactamente cierto, por que la demanda, tiene tendencia a un crecimiento más bien geométrico moderado, puede aceptarse la hipótesis para facilitar el cálculo matemático.

La hipótesis del aumento lineal puede ser mas ajustada a la realidad, en las situaciones en las cuales la expansión de la demanda, está controlada, por una combinación de instalación de medidores, aumento tarifario y control de fugas.

ESTIMACION DE LA POBLACION POR ZONAS CENSALES

Zona		Año 1193		Año 2000		Año 2010		Año 2025	
Nº	Area (Ha)	Densidad (hab/Ha)	Población (hab.)	Densidad (hab/Ha)	Población (hab.)	Densidad (hab/Ha)	Población (hab.)	Densidad (hab/Ha)	Población (hab.)
1	40	55.83	2233	80	3200	100	4000	150	6000
1A	18.5	74.76	1383	100	1850	120	2220	150	2775
2	20	91.25	1825	100	2000	120	2400	150	3000
2A	32	62.66	2005	80	2560	100	3200	120	3840
3	45	49.18	2213	60	2700	80	3600	80	3600
3A	78.5	25.63	2012	26	2041	30	2355	30	2355
4	56	33.23	1861	35	1960	40	2240	40	2240
4A	63.5	154.49	9810	180	11430	200	12700	220	13970
5	72	136.57	9833	140	10080	160	11520	180	12960
6	55	185.22	10187	190	10450	200	11000	220	12100
7	34	233.68	7945	234	7956	234	7956	234	7956
7A	37	138.68	5131	140	5180	150	5550	180	6660
8	13.5	175.26	2366	180	2430	200	2700	200	2700
8A	24.5	208.2	5101	208.2	5101	220	5390	220	5390
9	46	105.48	4852	120	5520	150	6900	150	6900
9A	51	75.67	3859	80	4080	80	4080	80	4080
10	43.5	33.77	1469	40	1740	60	2610	100	4350
11	35			50	1750	80	2800	100	3500
12	75			50	3750	80	6000	100	7500
13	148			50	7400	80	11840	100	14800
13A	22.03					50	1102	80	1762
14	9.71					50	486	80	777
15	48.15					50	2408	80	3852
16	10					300	3000	300	3000
17	15					50	750	80	1200
16A	13							300	3900
17A	47							50	2350
18	35							50	1750
19	95							50	4750
Población Total			74086		93178		118806		150017

Cuadro 7.4 Estimación de la población por zonas censales

Año	Dotación (l/hab/d)	Perdidas %	Cobertura %	Zonas de abastecimiento											
				Zona I				Zona II				Zona III			
				Población {hab.}	Q prom. {l/s}	Q max. d {l/s}	Volumen {m3}	Población {hab.}	Q prom. {l/s}	Q max. d {l/s}	Volumen {m3}	Población {hab.}	Q prom. {l/s}	Q max. d {l/s}	Volumen {m3}
1995	261	36	76.42	64987	204	265	4125	4490	14	18	348	5419	17	22	420
1996	250	35	76.61	65123	195	253	3940	4539	14	18	336	5483	16	21	406
1997	236	33	77.35	65281	183	238	3709	4588	13	17	319	5550	16	20	385
1998	228	30	78.04	65467	175	228	3544	4638	12	16	307	5618	15	20	372
1999	222	28	78.70	65683	170	221	3437	4689	12	16	300	5688	15	19	364
2000	215	25	80.24	65937	165	214	3327	4741	12	15	292	5760	14	19	355
2001	213	25	80.84	66572	166	216	3353	4849	12	16	299	6090	15	20	375
2002	212	25	81.41	67219	168	218	3393	4960	12	16	306	6244	16	20	385
2003	211	25	81.95	67877	170	221	3433	5074	13	17	314	6402	16	21	396
2004	210	25	82.46	68547	172	223	3472	5191	13	17	321	6567	16	21	407
2005	209	24	82.91	69229	172	224	3481	5310	13	17	326	6737	17	22	414
2006	209	24	83.38	69924	175	227	3536	5433	14	18	336	6913	17	22	427
2007	208	24	83.83	70631	177	230	3574	5558	14	18	344	7095	18	23	439
2008	208	24	84.23	71352	179	233	3627	5687	14	19	353	7285	18	24	453
2009	208	24	84.60	72087	182	237	3681	5819	15	19	363	7481	19	25	467
2010	207	23	85.00	72836	182	237	3688	5955	15	19	369	7686	19	25	476
2011	207	23	85.40	73188	184	239	3724	5955	15	19	370	7850	20	26	488
2012	207	23	85.82	73543	186	242	3760	5955	15	20	372	8018	20	26	501
2013	206	23	86.20	73901	187	243	3777	5955	15	20	372	8191	21	27	512
2014	206	23	86.54	74262	188	245	3810	5955	15	20	373	8367	21	28	525
2015	206	22	88.18	74626	191	249	3870	5955	15	20	377	8548	22	29	542
2016	206	22	88.39	74994	193	251	3898	5955	15	20	378	8733	22	29	555
2017	207	22	88.70	75365	195	254	3950	5955	15	20	381	8922	23	30	572
2018	207	22	88.83	75739	197	256	3976	5955	15	20	382	9117	24	31	585
2019	208	22	89.01	76117	199	259	4023	5955	16	20	385	9316	24	32	602
2020	209	21	89.20	76498	200	260	4038	5955	16	20	384	9520	25	32	614
2021	210	21	89.36	76883	202	263	4085	5955	16	20	387	9728	26	33	632
2022	210	21	89.50	77271	203	264	4112	5955	16	20	387	9943	26	34	647
2023	211	21	89.65	77662	206	267	4160	5955	16	21	390	10162	27	35	665
2024	212	21	89.91	78057	208	271	4213	5955	16	21	393	10387	28	36	685
2025	212	20	90.07	78456	208	270	4207	5955	16	21	390	10617	28	37	696

Cuadro 7.5 Cálculo de los consumos por zonas de abastecimiento 1/3

Año	Dotación (l/hab/d)	Perdidas %	Cobertura %	Zonas de abastecimiento														
				Zona IV				Zona V				Zona VI						
				Población (hab.)	Q prom. (l/s)	Q max. d (l/s)	Volumen (m3)	Población (hab.)	Q prom. (l/s)	Q max. d (l/s)	Volumen (m3)	Población (hab.)	Q prom. (l/s)	Q max. d (l/s)	Volumen (m3)			
1995	261	36	76.42	4450	14	18	345											
1996	250	35	76.61	4716	14	18	349	1400	4	5	104							
1997	236	33	77.35	5099	14	19	354	3000	8	11	208							
1998	228	30	78.04	5652	15	20	374	5200	14	18	344							
1999	222	28	78.70	6449	17	22	412	6500	17	22	416							
2000	215	25	80.24	7600	19	25	469	7400	18	24	456							
2001	213	25	80.84	7851	20	25	483	8556	21	28	527							
2002	212	25	81.41	8113	20	26	501	9779	24	32	603							
2003	211	25	81.95	8384	21	27	518	11384	28	37	704							
2004	210	25	82.46	8667	22	28	537	12519	31	41	775	540	1	2				33
2005	209	24	82.91	8961	22	29	551	13486	34	44	829	570	1	2				35
2006	209	24	83.38	9267	23	30	573	14388	36	47	889	600	2	2				37
2007	208	24	83.83	9585	24	31	593	15328	38	50	948	630	2	2				39
2008	208	24	84.23	9916	25	32	616	16257	41	53	1010	700	2	2				43
2009	208	24	84.60	10261	26	34	640	17280	44	57	1078	725	2	2				45
2010	207	23	85.00	10620	27	35	657	18350	46	60	1136	750	2	2				46
2011	207	23	85.40	10779	27	35	670	20719	52	68	1288	774	2	3				48
2012	207	23	85.82	10941	28	36	684	21144	53	70	1321	2767	7	9				173
2013	206	23	86.20	11105	28	36	694	21576	55	71	1348	5426	14	18				339
2014	206	23	86.54	11271	29	37	707	22014	56	73	1381	5806	15	19				364
2015	206	22	88.18	11440	29	38	725	22459	58	75	1423	6187	16	21				392
2016	206	22	88.39	11612	30	39	738	22911	59	77	1456	6569	17	22				417
2017	207	22	88.70	11786	31	40	755	23370	61	79	1497	6952	18	23				445
2018	207	22	88.83	11962	31	40	768	23835	62	80	1529	7336	19	25				471
2019	208	22	89.01	12141	32	41	784	24309	64	83	1570	7720	20	26				499
2020	209	21	89.20	12323	32	42	795	24790	65	84	1599	8106	21	28				523
2021	210	21	89.36	12508	33	43	812	25278	66	86	1642	8493	22	29				552
2022	210	21	89.50	12696	33	43	826	25775	68	88	1676	8880	23	30				578
2023	211	21	89.65	12886	34	44	844	26279	70	91	1720	9269	25	32				607
2024	212	21	89.91	13079	35	45	863	26792	72	93	1767	9659	26	34				637
2025	212	20	90.07	13275	35	46	870	27314	72	94	1790	10050	27	35				659

Cuadro 7.5 Cálculo de los consumos por zonas de abastecimiento 2/3

Año	Dotación (l/hab/d)	Perdidas %	Cobertura %	Puerto Pizarro			
				Población (hab.)	Q prom. (l/s)	Q max. d (l/s)	Volumen (m3)
1995	261	36	76.42	1740	5	7	135
1996	250	35	76.61	1740	5	7	129
1997	236	33	77.35	1740	5	6	121
1998	228	30	78.04	1740	5	6	115
1999	222	28	78.70	1740	5	6	111
2000	215	25	80.24	1740	4	6	107
2001	213	25	80.84	1812	5	6	112
2002	212	25	81.41	1887	5	6	116
2003	211	25	81.95	1965	5	6	121
2004	210	25	82.46	2046	5	7	127
2005	209	24	82.91	2131	5	7	131
2006	209	24	83.38	2219	6	7	137
2007	208	24	83.83	2311	6	8	143
2008	208	24	84.23	2407	6	8	150
2009	208	24	84.60	2506	6	8	156
2010	207	23	85.00	2610	7	8	162
2011	207	23	85.40	2700	7	9	168
2012	207	23	85.82	2794	7	9	175
2013	206	23	86.20	2891	7	10	181
2014	206	23	86.54	2991	8	10	188
2015	206	22	88.18	3094	8	10	196
2016	206	22	88.39	3202	8	11	203
2017	207	22	88.70	3313	9	11	212
2018	207	22	88.83	3427	9	12	220
2019	208	22	89.01	3546	9	12	229
2020	209	21	89.20	3669	10	12	237
2021	210	21	89.36	3796	10	13	247
2022	210	21	89.50	3928	10	13	255
2023	211	21	89.65	4064	11	14	266
2024	212	21	89.91	4204	11	15	277
2025	212	20	90.07	4350	12	15	285

Cuadro 7.5 Cálculo de los consumos por zonas de abastecimiento 3/3

La teoría utilizada llega a la conclusión que los costos de obra varían en relación al tamaño de las instalaciones de acuerdo a una curva exponencial que es la siguiente:

$$c = K \times T^a$$

C = Costo: K = es una constante que indica el costo de un sistema para el cual el tamaño T de la obra es igual a 1 y "a" es el factor de economía de escala.

Este factor de economía de escala deberá ser determinado, para cada componente del sistema de acuerdo a información estadística de costos del mercado en la república.

En su defecto, puede hacerse uso de las tablas, aplicables a cualquier país, para calcular el periodo óptimo de diseño bajo un "a" escogido y una tasa de descuento "r" internacional que puede ser 12%.

Las etapas de inversión han sido determinadas de acuerdo a las recomendaciones internacionales para considerar el período óptimo de diseño

Plantas de tratamiento	10 años
Líneas de conducción	10 - 12 años
Reservorios	10 años.

El déficit en la producción que se presenta a partir del año 2002 hasta 2025 según se muestra en el cuadro 7.3 es de 200 l/s por lo tanto es conveniente hablar de dos etapas para la construcción de la nueva Planta de Tratamiento cada una con una capacidad de 100 l/s.

Estas entrarán en funcionamiento en el año 2002 y 2013, la primera cubre la demanda hasta el año 2012 y la segunda hasta el 2025.

En cuanto al sistema de distribución podemos indicar que existe déficit en la actualidad es por ello que se propone cubrirlo con una primera etapa en el que solo se proyecta líneas de conducción.

7.4.1.1 Etapa 1998 - 2001

En este período la producción no presenta déficit por lo tanto solo se realizará el diseño de líneas de conducción y estaciones de bombeo según se muestra en la figura 7.4.

Las obras deben de iniciarse en el año 1997 para poder entrar en funcionamiento a partir de 1998.

Según el cuadro 7.5 las zonas de abastecimiento N° IV hasta el año 2001 requiere 45 l/s éste caudal será tomado de la planta de tratamiento N° 3 y del Pozo de Puerto Pizarro. El punto de reunión será la cisterna de 60 m³ para lo cual se debe instalar dos líneas y utilizar una existente:

ALTERNATIVA N° 1 ETAPA 1998

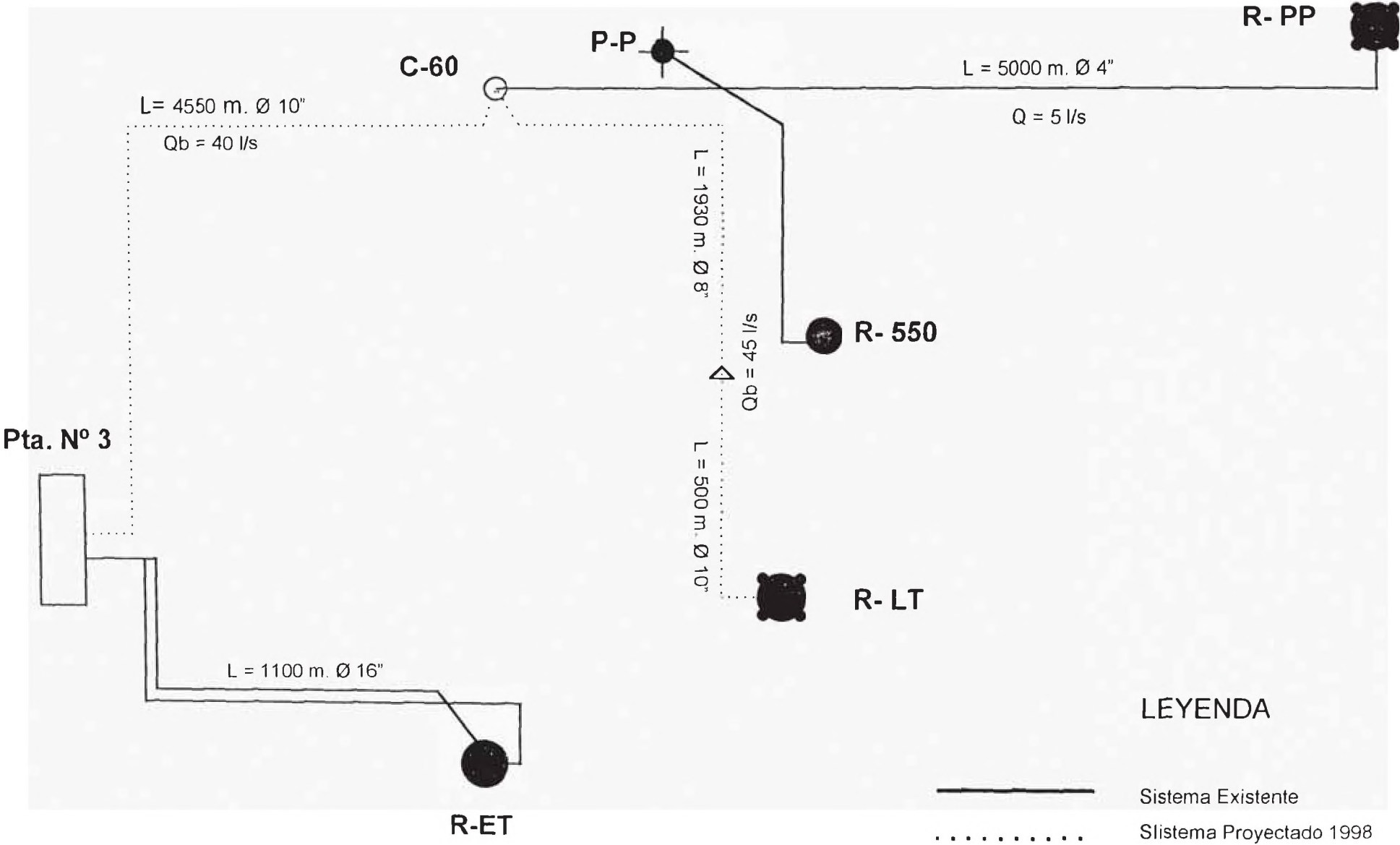


Figura 7.4

Línea de conducción de la planta de tratamiento N° 3 hacia la cisterna, con una longitud de 4550 metros y capacidad de conducción para 40 l/s.

Línea de conducción desde el reservorio de Puerto Pizarro hacia la cisterna. Esta línea de conducción existe a lo largo de la carretera Panamericana y tiene una longitud de 5000 mt de material PVC y Ø 4" con capacidad para conducir 5 l/s

Línea de conducción desde cisterna de 60 m³ (C-60m³) a reservorio Lishner Tudela, esta tendrá una longitud de 2,430 metros los 500 metros antes de llegar al reservorio. Tendrá una capacidad de conducción de 60 l/s, para cubrir la demanda hasta el horizonte 2012, debido a que en este punto se propone empalmar la línea que llegará de la Planta El Venadito a partir del año 2002.

Las características hidráulicas de las líneas proyectadas se muestran en el cuadro 7.6 como un resumen de los cálculos realizados que se presentan en el anexo 7.4.1, la ubicación por donde será su recorrido se muestra en el plano TAP-7-1

Para el dimensionamiento de las tuberías se utilizó la fórmula de Bresse y se realizó la selección mediante el diámetro económico.

cuadro 7.6 Líneas de conducción

Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Observaciones
EB-Pta N° 3 a C-60m ³	4550	250	A.C. ; A-7.5	Proyectado
P-PP a C-60m ³	5000	100	A.C. ; A-7.5	Existente
C-60m ³ a R-LT	1930	200	A.C. ; A-7.5	Proyectado
	500	250	A.C. ; A-7.5	Proyectado

En cuanto a las estaciones de bombeo serán ubicadas en la planta de tratamiento N° 3 y en la cisterna de 60 m³. las características de los equipos de bombeo y de funcionamiento se muestran en el cuadro 7.7

cuadro N° 7.7 Estaciones de bombeo

Estación de bombeo	Características hidráulicas de la bomba		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia de la bomba (Hp)
EB - Pta N°3 a C-60m ³	40	9	9
EB - C-60m ³ a R-LT	45	74	100

7.4.1.2 Etapa 2002 - 2012

En este período se proyectara una nueva captación, planta de tratamiento de agua potable, reservorios y líneas de conducción necesarias. para abastecer el requerimiento de la población futura.

El sistema proyectado deberá entrar en funcionamiento el año 2002 debiendo iniciarse las obras en el año 2001. El esquema del sistema de abastecimiento se muestra en la figura 7.5

Captación

Se captará el agua cruda mediante una bocatoma. Esta estructura será de concreto armado con capacidad de resistir las fuertes avenidas la capacidad de la captación será de 135 l/s Para una captación plena en épocas de estiaje, él nivel del río será levantada de 4.85 m.s.n.m. a 6.10 m.s.n.m. mediante una presa sumersa conformada por gaviones, como se indica en el plano TAP-7-1.

La estación de bombeo contará con dos bombas de eje vertical denominadas B-1 y B-2 cuyas características hidráulicas de funcionamiento se presentan en el cuadro 7.8

La línea de impulsión tendrá una longitud de 1000 y capacidad de conducción de 135 l/s se utilizará tubería de A.C, A-7.5 Ø 16", el desarrollo de los cálculos se muestran en el anexo 7.4.1

La tubería de impulsión contará con protección para golpe de ariete, válvula de aire y válvula de purga.

Cuadro 7.8 Características de las bombas

Bombas	Características hidráulicas de las bombas		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia del motor (Hp)
B-1	130	69	220
B-2	130	69	220

Planta de tratamiento

Se propone construir una planta de tipo convencional por su funcionamiento hidráulico por gravedad, para un funcionamiento de 24 horas con capacidad de producción de 100 l/s para abastecer la demanda de la población hasta el año 2012

La Planta de tratamiento El Venadito contará con los siguientes elementos:

Presedimentador

Floculador de Flujo vertical

ALTERNATIVA N° 1 ETAPA 2002

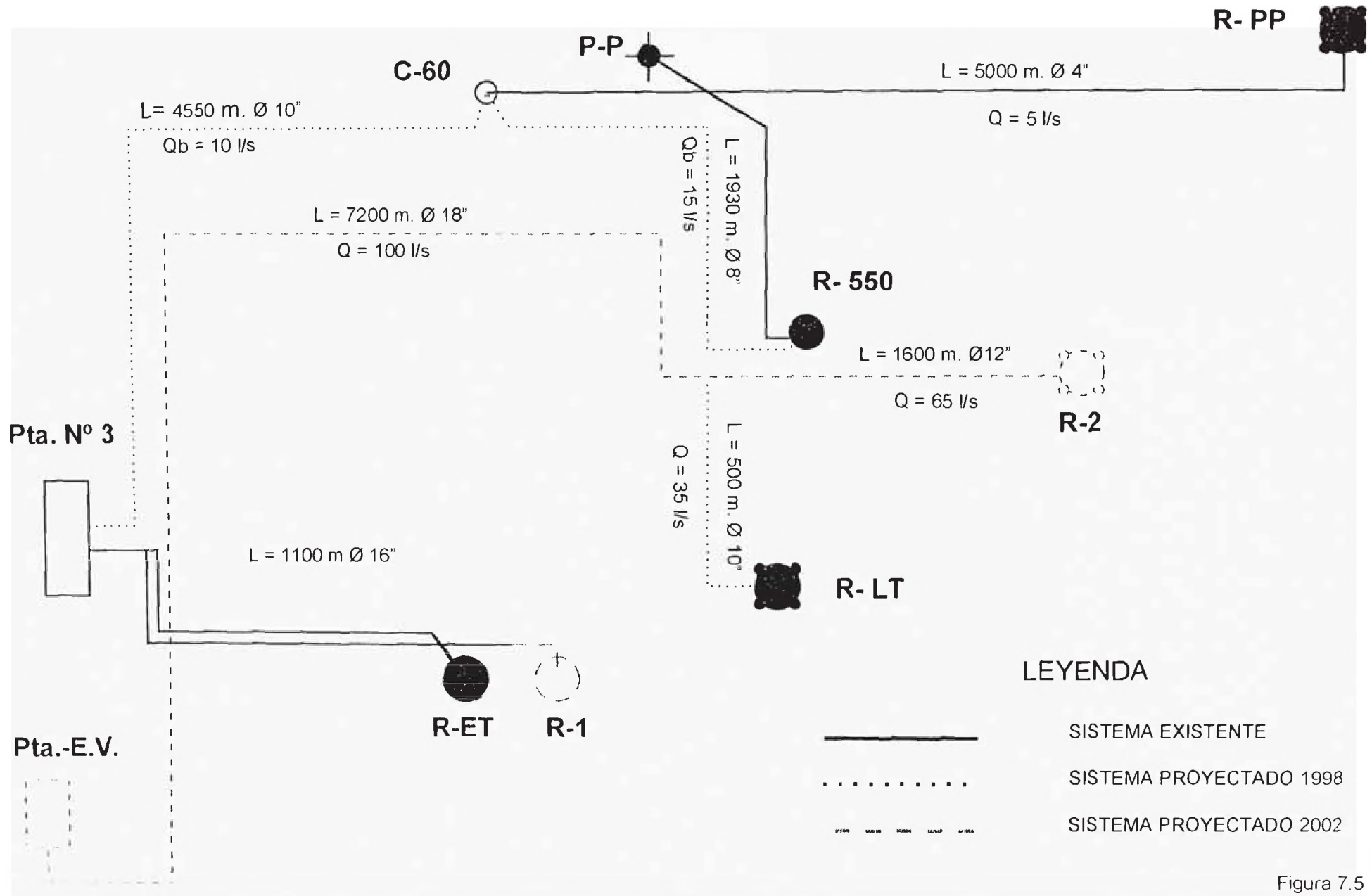


Figura 7.5

Decantador laminar

Filtros

a) Presedimentador

Será capaz de almacenar 8600 m³ con período de retención de 24 horas y capaz de remover hasta un 70 % de turbiedad, según las pruebas realizadas en el mes de Febrero fecha en la que la turbiedad es la más alta debido a la crecida del río Tumbes.

También se utilizará el presedimentador como un tanque de almacenamiento ya que la estación de bombeo de la captación solo trabajará 18 horas.

b) Mezclador hidráulico

c) Floculador

Será de flujo vertical, de 17 m. De largo, 3 m de ancho y 3 m. De profundidad promedio con pantalla de madera (81 baffles)

d) Decantador laminar

Las unidades de sedimentación de 20 m de largo, 3m. De ancho y 3,5 m de profundidad promedio, evacuarán sus lodos por gravedad con tolvas y válvulas compuerta, estas tendrán un sistema de lavado a presión.

e) Filtros

La filtración se realizará en total con 3 filtros rápidos de tasa constante, de 4.5 x4.5 m. De concreto armado.

El lecho estará compuesta de 0.75 m. de arena y 0.40 m. de grava, cuyo drenaje será viguetas perforadas; cada uno de estos filtros tendrán instrumentos para medición de pérdida de carga.

El suministro de agua de lavado tendrá un volumen de 100 m³ y estará ubicado en el techo del edificio. Para el bombeo al tanque elevado se aprovechará el suministro de agua a la ciudad.

Distribución

El agua tratada en la planta El Venadito (100 l/s) será conducido por gravedad hasta los reservorios Lishner Tudela (existente) y R-2 (proyectado).

El agua almacenada en la cisterna será conducido al reservorio existente de 550 m³.

El sistema de distribución se presenta en el plano TAP 7-1 y el dimensionamiento de las líneas de conducción e impulsión en el anexo 7.4.1

a) Estación de bombeo Cisterna de 60 m³ a R-550

La cisterna de 60 m³ recibirá los aportes por gravedad de el Pozo Puerto Pizarro (5 l/s) y de La planta de tratamiento n° 3 (10 l/s). Estos 15 l/s serán conducidos mediante la Línea de conducción existente de Ø 8" hasta el reservorio de 550 m³ para abastecer a la zona N° III

b) Línea de conducción de Planta El Venadito a Reservorio Lishner Tudela (R-LT) y R-2

La línea de conducción tendrá dos tramos una de 7200 metros con capacidad para conducir 100 l/s y otra de 1600 metros con capacidad de conducción de 70 l/s, además la línea de 7200 metros empalmará a la tubería de Ø 10" que conduce hacia el reservorio Lishner Tudela (R-LT) las características hidráulicas de la tubería se presentan en el cuadro 7.9

Cuadro 7.9 Líneas de conducción

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material Clase	Observaciones
Capt.a Pta EV	400	1000	A.C; A-7.5	Proyectado
Pta -EV a R-2	450	7200	A.C; A-7.5	Proyectado
	300	1600	A.C; A-7.5	Proyectado

c) Reservorio de almacenamiento (R-1)

Ubicado al lado de el reservorio El Tablazo con cota de terreno 40 m.s.n.m. y capacidad de 1450 m³ para abastecer a la zona N°I.

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 20% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

Para 24 horas de bombeo el volumen de regulación es el 18% del consumo máximo diario.

Para 20 horas de bombeo el volumen de regulación es el 20% del consumo máximo diario.

Para 18 horas de bombeo el volumen de regulación es el 22% del consumo máximo diario

d) Reservorio de almacenamiento R-2

Ubicado en la zona de expansión según se muestra en el plano TAP1-1, de tipo elevado sobre la cota de terreno 25 m.s.n.m. y capacidad de 900 m³ para abastecer a la zona N° V.

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

7.4.1.3 Etapa 2013 - 2025

En esta etapa se proyectará una ampliación de la captación proyectada en la estación Puerto El Cura para duplicar la capacidad a 260 l/s, planta de tratamiento de las mismas características de la proyectada en el Cerro El Venadito.

ALTERNATIVA N° 1 ETAPA 2013

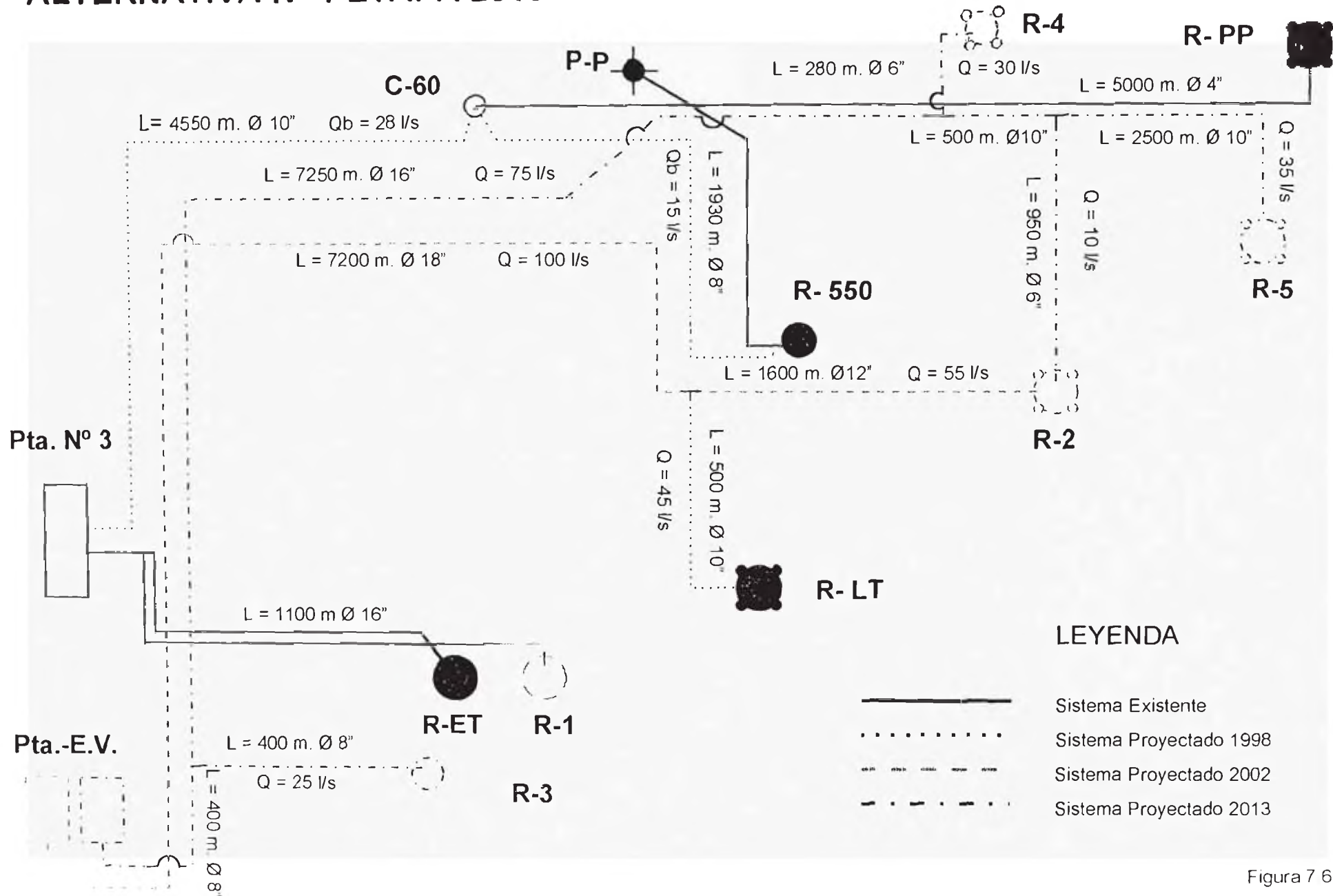


Figura 7 6

El esquema del sistema de abastecimiento se presenta en la figura 7.6

Captación

Será de las mismas características de la proyectada en el año 2002 y se ubicará en el mismo punto aprovechando algunas de las estructuras existentes que pueden ser comunes como el represamiento del río y la caseta de bombeo.

Las características hidráulicas de los equipos de bombeo serán las mismas que se muestran en el cuadro 7.8.

La línea de impulsión tendrá 1000 metros de longitud, Ø 16" material A.C y clase A-7.5 y conducirá 135 l/s.

Planta de Tratamiento

Será de las mismas características de la planta propuesta en el año 2002 con las mismas condiciones de funcionamiento.

Distribución

a) **El sistema de conducción** según se muestra en la figura N° 7.6 esta comprendido por la línea de conducción que parte de la Planta el Venadito hasta los reservorio proyectados R-3, R-4, R-2 y R-5. Los cálculos de diseño se presentan en el anexo 7.4.1, en el cuadro 7.10 se presentan las características de las tuberías.

Cuadro 7.10

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material Clase	Observaciones
Pta EV a R-5	450	1100	A.C; A-7.5	Proyectado
	400	7250	A.C; A-7.5	Proyectado
	250	2500	A.C; A-7.5	Proyectado
R-3	200	400	A.C; A-7.5	Proyectado
R-4	150	280	A.C; A-7.5	Proyectado
R-2	150	950	A.C; A-7.5	Proyectado

Estación de bombeo Planta N°3 a C-60m³

Se utilizarán 2 equipos de bombeo que trabajarán en forma alternada durante 18 horas estas impulsarán mediante la línea proyectada para el año 1998 de Ø 10", las características de los equipos de bombeo se presentan en el cuadro 7.11

Estación de bombeo C-60m³ a R-LT

La cisterna de 60 m³ recibirá de La planta de tratamiento N° 3 (28 l/s). Estos serán conducidos mediante la Línea de impulsión existente de Ø 8" hasta el reservorio de 550 m³ para abastecer a la zona N° III, las características de los equipos de bombeo se presentan en el cuadro 7.11.

cuadro 7.11 Características de las equipos de Bombeo

Estación de Bombeo	Características hidráulicas de las bombas		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia de la bomba (Hp)
EB-Pta N°3 a C60m ³	28	3	2
EB- C60m ³ -R-550	28	42	75

d) Reservorio de almacenamiento R-3

Ubicado en la zona de expansión al Noreste del centro de la ciudad según se muestra en el plano TAP-7-1, de tipo apoyado sobre la cota de terreno 45 m.s.n.m. y capacidad de 650 m³ para abastecer a la zona N° I

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

e) Reservorio de almacenamiento R-4

Ubicado en la zona de expansión al Norte del centro de la ciudad en la margen izquierda de la carretera Panamericana según se muestra en el plano TAP1-1, de tipo elevado sobre la cota de terreno 15 m.s.n.m. y capacidad de 400 m³ para abastecer a la zona N° V

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

f) Reservorio de almacenamiento R-5

Ubicado en la zona de expansión al Norte del centro de la ciudad según en la margen derecha de la carretera Panamericana como se muestra en el plano TAP1-1, de tipo elevado sobre la cota de terreno 25 m.s.n.m. y capacidad de 700 m³ para abastecer a la zona N° VI.

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento).

7.4.2 ALTERNATIVA N° 2 : Galerías Filtrantes en el Fundo Seminario

Las etapas de inversión se han determinado de acuerdo a los periodos de diseño estos han sido tomados de acuerdo a los periodos recomendables que existen en el Perú.

Estaciones de Bombeo	10 años
Líneas de conducción	8 - 10 años
Reservorios	10 años.

De acuerdo a los periodos de diseño recomendables se ha determinado proyectar tres etapas de inversión, en las cuales a partir de 1998 solo se proyectará líneas de impulsión para abastecer a la zona de abastecimiento N° 4.

A partir del año 2002 se proyectará la construcción de Galerías filtrantes en dos etapas con rendimientos de 135 l/s. Cada uno y 18 horas de funcionamiento.

7.4.2.1 Etapa 1998 - 2001

En este período la producción no presenta déficit, por lo tanto solo se hará el diseño de líneas de conducción y estaciones de bombeo según se muestra en la figura 7.7

Las obras deben de iniciarse en el año 1997 para poder entrar en funcionamiento a partir de 1998. Según el cuadro 7.5 las zonas de abastecimiento N° IV hasta el año 2001 requiere 45 l/s este caudal será tomada de la planta de tratamiento N° 3 y del Pozo de Puerto Pizarro. El punto de reunión será la cisterna de 60 m³ para lo cual se debe instalar dos líneas y utilizar una existente:

Línea de conducción de la planta de tratamiento N° 3 hacia la cisterna. con una longitud de 4550 metros y capacidad de conducción para 40 l/s.

Línea de conducción desde el reservorio de Puerto Pizarro hacia la cisterna. Esta línea de conducción existe a lo largo de la carretera Panamericana y tiene una longitud de 5000 mt de material PVC y Ø 4" con capacidad para conducir 5 l/s

ALTERNATIVA N° 2 ETAPA 1998

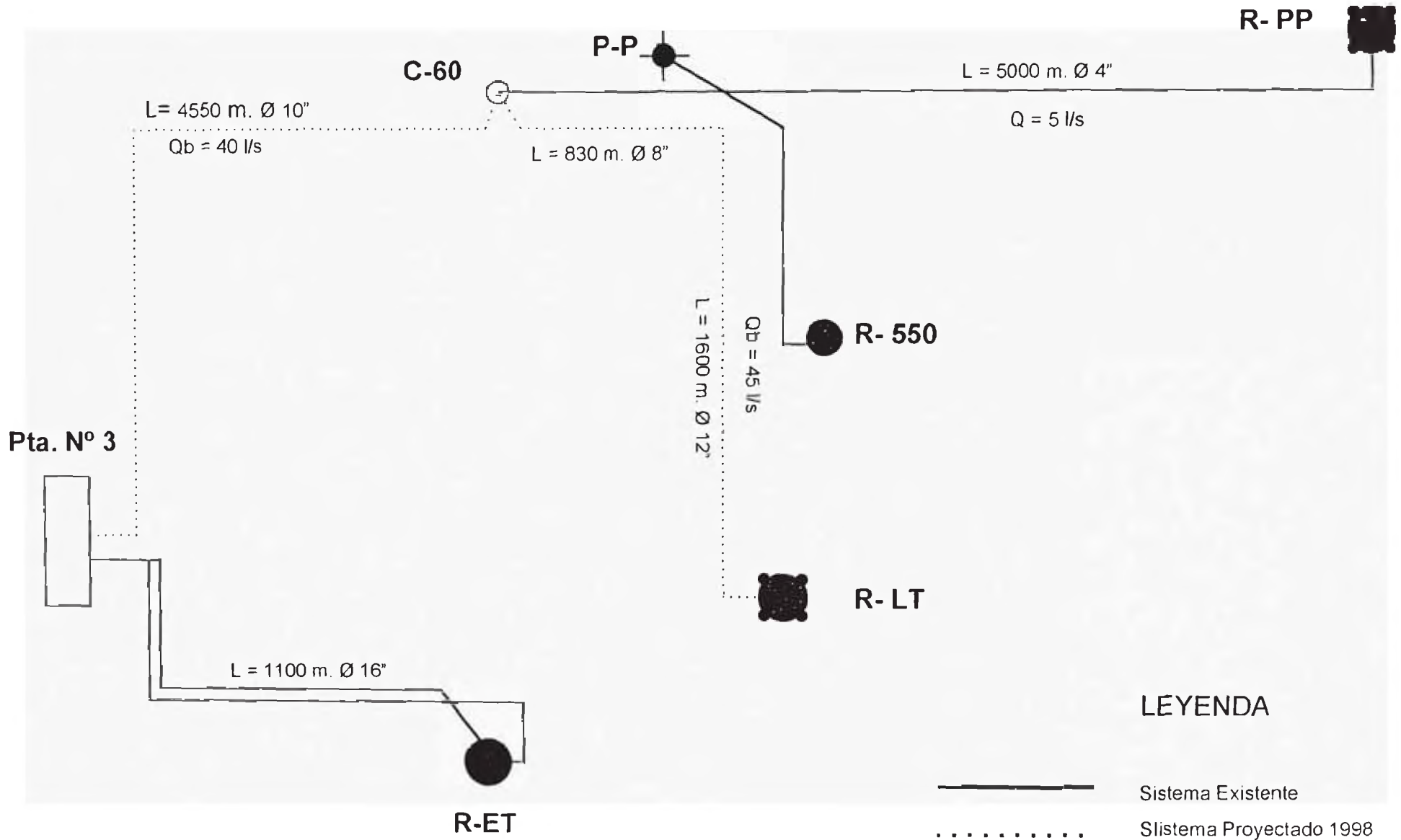


Figura 7.7

Línea de conducción desde cisterna de 60 m³ (C-60m³) a reservorio Lishner Tudela. ésta tendrá una longitud de 2,430 metros y tendrá una capacidad de conducción de 60 l/s, para cubrir la demanda hasta el horizonte 2012. Los primeros 830 metros será tubería de diámetro 8" por que a partir del año 2002 se prevee utilizar la cisterna para abastecer al r-550 , quedando el resto de la línea para abastecer al -R-LT mediante el agua captada por la galería filtrante..

Las características hidráulicas de las líneas proyectadas se muestran en el cuadro 7.12 como un resumen de los cálculos realizados que se presentan en el anexo 7.4.2 la ubicación por donde será su recorrido se muestra en el plano TAP-7-2

Para el dimensionamiento de las tuberías se utilizó la fórmula de Bresse y se realizó la selección mediante el diámetro económico.

cuadro 7.12 Líneas de conducción

Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Observaciones
EB-Pta N° 3 a C-60m ³	4550	250	A.C. ; A-7.5	Proyectado
P-PP a C-60m ³	5000	100	A.C. ; A-7.5	Existente
C-60m ³ a R-LT	830	200	A.C. ; A-7.5	Proyectado
	1100	300	A.C. ; A-7.5	Proyectado

En cuanto a las estaciones de bombeo serán ubicadas en la planta de tratamiento N° 3 y en la cisterna de 60 m³.las características de los equipos de bombeo y de funcionamiento se muestran en el cuadro 7.13

cuadro N° 7.13 Características de los equipos de bombeo

Estación de bombeo	Características hidráulicas de la bomba		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia de la bomba (Hp)
EB - Pta N°3 a C-60m ³	40	9	9
EB - C-60m ³ a R-LT	45	74	75

7.4.2.2 Etapa 2002 - 2012

En este período se proyectara la construcción de Galerías Filtrantes en el fundo Seminario, reservorios y líneas de conducción necesarias. para abastecer el requerimiento de la población futura.

El sistema proyectado deberá entrar en funcionamiento el año 2002 debiendo iniciarse las obras en el año 2001 . La distribución de las líneas de conducció será según se muestra en la figura 7.8

Captación mediante Galerías Filtrantes N° 1

La captación será del subsuelo mediante galerías filtrantes a un km. De la estación puerto El Cura a través de un pozo recolector al que llegarán las tuberías de drenaje .

Esta fuente solo necesitará un tratamiento previo de cloración y luego podrá ser conducido a los reservorios de almacenamiento. La ubicación se muestra en el Plano TAP-7-2

La estación de bombeo contará con dos bombas de eje vertical denominadas B-1 y B-2 cuyas características hidráulicas de funcionamiento se presentan en el cuadro 7.14

Cuadro 7.14 Características de los equipos de bombeo

Bombas	Características hidráulicas de las bombas		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia del motor (Hp)
B-1	135	76	270
B-2	135	76	270

Distribución

El agua captada por las galerías filtrantes (135 l/s) será conducido por impulsión hasta los reservorios Lishner Tudela (existente) y R-2 (proyectado).

El agua de la planta N°3 que se almacena en la cisterna de 60 m³ será conducido al reservorio existente de 550 m³

El sistema de distribución se presenta en el plano TAP 7-2 y el dimensionamiento de las líneas de conducción e impulsión en el anexo 7.4.2

ALTERNATIVA N° 2 ETAPA 2002

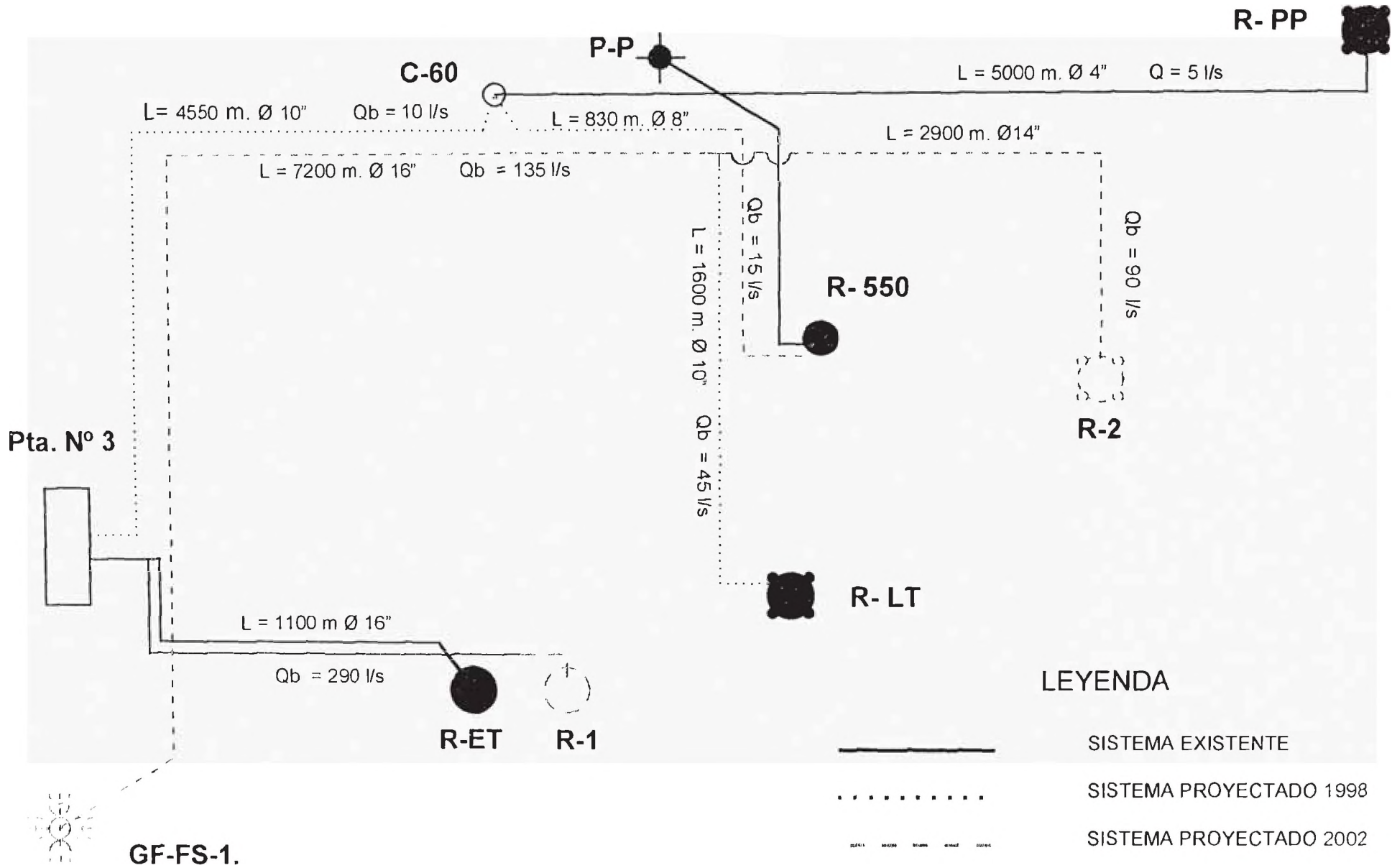


Figura 7.8

a) Estación de bombeo Cisterna de 60 m³

La cisterna de 60 m³ recibirá los aportes por gravedad de el Pozo Puerto Pizarro (5 l/s) y de La planta de tratamiento n° 3 (10 l/s). Estos 15 l/s serán conducidos mediante una línea de impulsión hasta el reservorio de 550 m³. Para esto se utilizará la línea existente de 830 m. y diámetro 8" y se proyectará para la continuación 1100 mt de tubería de diámetro 6" para abastecer a la zona N° III

b) Línea de conducción de Galería Filtrante N° 1 a reservorio Lishner Tudela (R-LT) y R-2

La línea de impulsión que lleva al R-2 tendrá dos tramos una de 7200 metros con capacidad para conducir 135 l/s y otra de 2900 metro con capacidad de conducción de 90 l/s, además la línea de 7200 metros empalmará a la tubería de Ø 12" que conduce hacia el reservorio Lishner Tudela (R-LT) las características hidráulicas de la tubería se presentan en el cuadro 7.15

Reservorio de almacenamiento (R-1)

Ubicado al lado de el reservorio El Tablazo con cota de terreno 40 m.s.n.m. y capacidad de 1450 m³ para abastecer a la zona N°I.

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 20% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

Para 24 horas de bombeo el volumen de regulación es el 18% del consumo máximo diario.

Para 20 horas de bombeo el volumen de regulación es el 20% del consumo máximo diario.

Para 18 horas de bombeo el volumen de regulación es el 22% del consumo máximo diario

Reservorio de almacenamiento R-2

Ubicado en la zona de expansión según se muestra en el plano TAP1-1, de tipo elevado sobre la cota de terreno 25 m.s.n.m. y capacidad de 1400 m³ para abastecer a la zona N° V.

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose éste porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

Cuadro 7.15 Líneas de conducción

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material Clase	Observaciones
EB.GF N° 1 a R-LT	400	7200 (*)	A.C; A-7.5	Proyectado
	300	1600	A.C; A-7.5	Proyectado 1998
EB.GF N° 1 a R-2	400	7200 (*)	A.C; A-7.5	Proyectado
	350	2900	A.C; A-7.5	Proyectado
EB.C-60 m ³ a R-550	200	830	A.C; A-7.5	Proyectado 1998
	150	1100	A.C; A-7.5	Proyectado

(*) Se trata de la misma línea para ambos casos

7.4.2.3 Etapa 2013 - 2025

Captación Mediante Galerías Filtrantes N° 2

La captación mediante galerías filtrantes será similar y se ubicara en la misma zona del Fundo Seminario.

La estación de bombeo contará con dos equipos de bombeo que trabajarán en forma independiente una de ellas impulsara hasta la cisterna de 60 metros cúbicos a la que llamaremos B-1 y la otra hasta los reservorios, R-4 y R-5 llamada B-2.

Las características hidráulicas de la estación de bombeo se presentan a continuación el desarrollo del cálculo se presenta en el anexo 7.4.2

Cuadro 7.16 Características de los equipos de bombeo de la GF N° 2

Bomba	Características hidráulicas de las bombas		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia del motor (Hp)
B - 1	53	28	34
B - 2	82	76	150

Distribución

a) **El sistema de conducción** según se muestra en la figura N° 7.9 esta compuesta por dos líneas de conducción que parten de la estación de bombeo de la galería. Y otra que sale de la estación de bombeo de la Planta N° 3

La primera que sale de la EB.GF-N° 2 hasta la cisterna de 60 metros cúbicos con una longitud de 1750 m. que empalmará a la tubería proyectada en 1998 de 10" de diámetro y 4550 m. de longitud.

La segunda línea sale de la estación de bombeo de la galería hasta los reservorios R-4 y R-5 , a continuación se presenta las características de Las tuberías.

La línea que sale de la estación de bombeo de la planta n° 3 abastece al R-3 y tiene una longitud de 2000 m.y conduce 28 l/s.

Cuadro 7.17 Líneas de conducción

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Material Clase	Observaciones
EB. GF N° 2 a R-5	350	8450	A.C; A-7.5	Proyectado
	250	2500	A.C; A-7.5	Proyectado
EB Pta N° 3 a R-3	200	2000	A.C; A-7.5	Proyectado
EB. GF N° 2 a R-4	350	8450	A.C; A-7.5	Proyectado
	200	280	A.C; A-7.5	
EB. GF N° 2 a C-60	300	1750	A.C; A-7.5	Proyectado
	250	4550	A.C; A-7.5	Proyectado 1998

ALTERNATIVA N° 2 ETAPA 2013

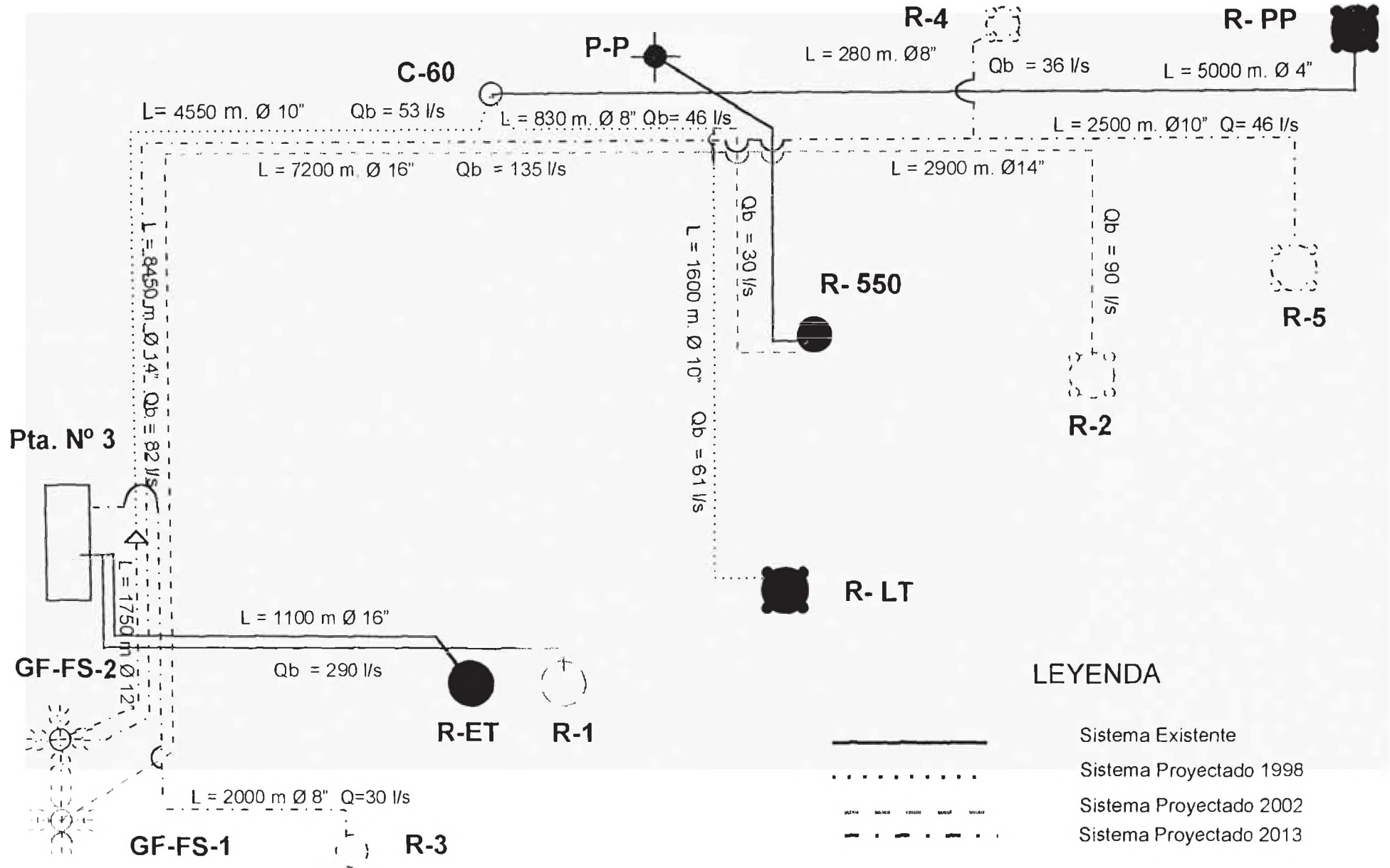


Figura 7.9

b) Estaciones de bombeo

Tenemos dos estaciones de bombeo las que se muestran en el cuadro 7.18 La estación de bombeo de la cisterna impulsa hasta los reservorios R-LT y R-550

cuadro 7.18 Estaciones de bombeo

Estación de Bombeo	Características hidráulicas de las bombas		
	Caudal (l/s)	Altura dinámica (m)	Potencia del motor (Hp)
EB-Pta N°3 a R-3	28	51	45
EB- C60m ³ .-R-550	46	64	75

c) Reservoirio de almacenamiento R-3

Ubicado en la zona de expansión al Noreste del centro de la ciudad según se muestra en el plano TAP1-1, de tipo apoyado sobre la cota de terreno 45 m.s.n.m. y capacidad de 650 m³ para abastecer a la zona N° I

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

d) Reservoirio de almacenamiento R-4

Ubicado en la zona de expansión al Norte del centro de la ciudad en la margen izquierda de la carretera Panamericana según se muestra en el plano TAP 7-2, de tipo elevado sobre la cota de terreno 15 m.s.n.m. y capacidad de 600 m³ para abastecer a la zona N° V

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento)

Reservoirio de almacenamiento R-5

Ubicado en la zona de expansión al Norte del centro de la ciudad según en la margen derecha de la carretera Panamericana como se muestra en el plano TAP-7-2, de tipo elevado sobre la cota de terreno 25 m.s.n.m. y capacidad de 1000 m³ para abastecer a la zona N° VI.

El volumen de almacenamiento se ha calculado como 18% del consumo máximo diario, determinándose este porcentaje en el capítulo 6 (demanda de almacenamiento).

7.4.3 Alternativa N°3: Pozos en la Zona de Expansión

7.4.3.1 Pozos

Esta alternativa propone abastecer a partir del año 2002 (fecha en la que se presenta el déficit) mediante pozos los que serán ubicados según se muestra en el plano TAP-7-3.

En base a la información proporcionada en el acápite 7.2.1 se dan a continuación:

Principales factores que deben tener en cuenta en la perforación del pozo:

La profundidad aproximada estará entre los 150 y 200 metros.

Para la perforación pueden utilizarse tanto el método de percusión o el de rotación o mixto.

El forro será de 24" por ¼" de espesor hasta una profundidad aproximada de 80m. y llevará interiormente en forma concéntrica un tubo de 21" hasta el fondo.

Este tubo contendrá otro tubo de 15" a partir de los 80 m. de profundidad conectado a los filtros prefabricados como tuberías filtrantes considerando granulometría del material a encontrarse.

El espacio entre los dos últimos tubos será una corona de 3" que debe estar ocupado por grava seleccionada y redondeada, limpia y uniforme

Durante la perforación se tomarán muestras de agua para controlar su calidad en especial la salinidad.

Se procederá a sellar las zonas salinas para aislarlas y evitar contaminaciones.

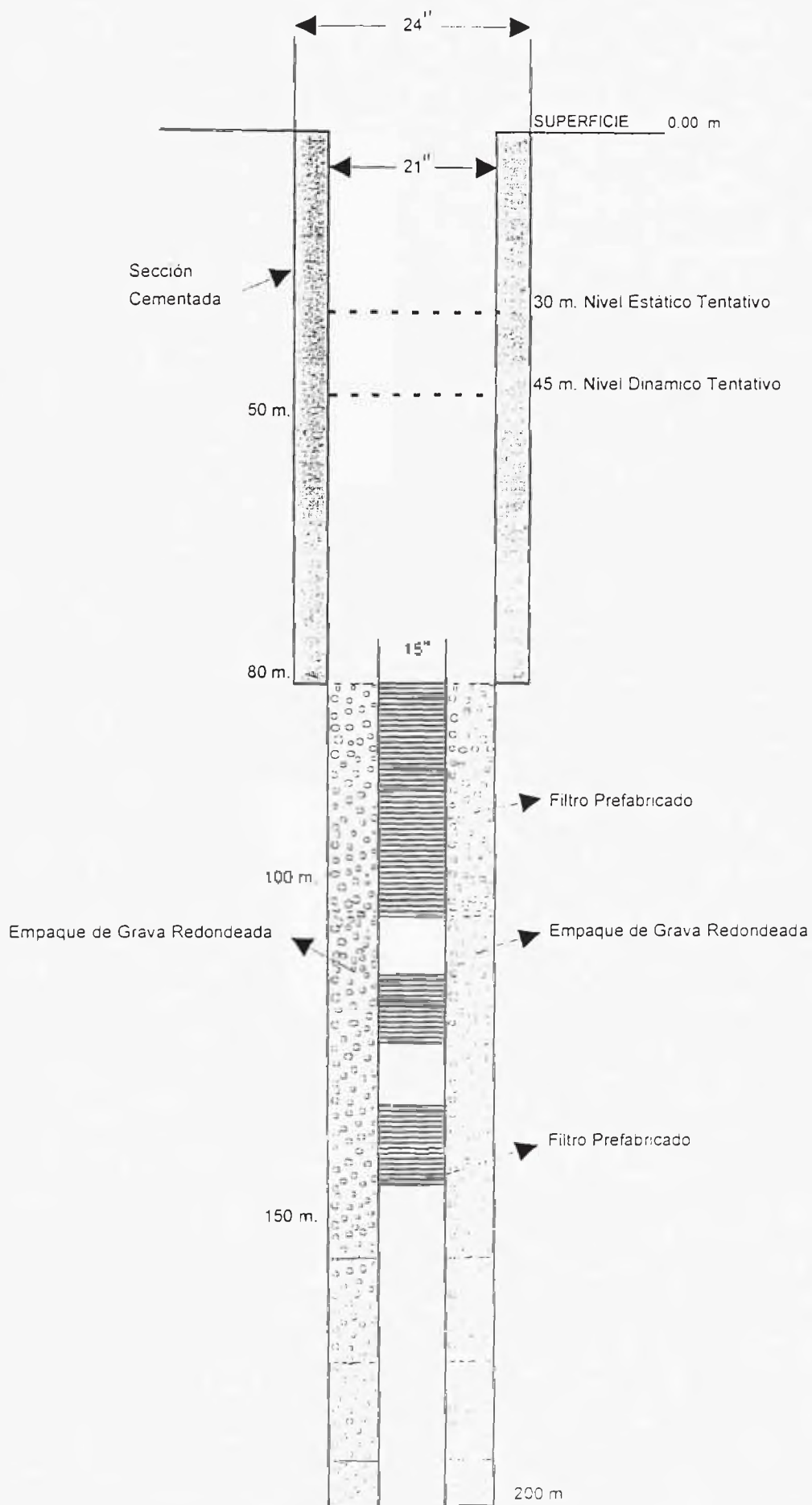
El paquete de grava es muy importante en el rendimiento del pozo, donde el acuífero contiene horizontes de granulometría fina mezclados mas gruesos la debida y correcta colocación de la grava al rededor del filtro.

De esta forma se espera obtener una regulación durante el desarrollo entre el tamaño de las aberturas del filtro.

La grava debe ser de composición silicea (cuarzosa) tamizada.

Debe practicarse un registro geofísico, por el método apropiado en el pozo, para asegurar la correcta colocación de los filtros.

DISEÑO TECNICO PRELIMINAR POZO ZONA DE TUMBES



Probable Radio de Influencia

Definido como la distancia desde el centro del pozo al límite del cono de depresión, dependiendo del valor de Transmisividad (T), del tiempo (t) y del coeficiente de almacenamiento.

Para efectos de cálculo consideramos los valores asumidos a continuación

$$T = 3.5 \times 10^{-2}$$

$$S = 5\%$$

$$t = 12, 15, 18 \text{ y } 24 \text{ horas}$$

Utilizando la formula R (radio de influencia en metros)

$$R = 1.5 \times (T \cdot t^{1/2}) / S$$

Tenemos:

Para 12 horas	=	260 metros
Para 15 horas	=	290 metros
Para 18 horas	=	320 metros
Para 24 horas	=	370 metros

Rendimiento Especifico

definido como la relación entre el caudal y la depresión en el pozo. Para este cálculo hemos tomado de manera referencial la información de una prueba de bombeo efectuada en el pozo Puerto Pizarro y que arroja lo siguiente:

Caudal (l/s)	Nivel Estático (m)	Nivel Dinámico (m)	Depresión (m)	Rendimiento Especifico (l.p.s/m)
75	16	35.40	19.40	3.87
65	16	31.90	15.90	4.08
55	16	30.10	14.10	3.90
40	16	26.80	10.80	3.70

Estudio de Factibilidad del Plan de Expansión de Mínimo Costo del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Tumbes

Como se puede observar la eficiencia estimada estaría en los 65 l/s, pero para el estudio en forma muy conservadora esta mos considerando 45 l/s. Por lo tanto se proyecta la perforación de tres en el año 2002 y de otros tres en el año 2013 que abastecerán de la siguiente manera:

Pozo N°1 Zona de abastecimiento IV

Pozo N°2 Zona de abastecimiento V

Pozo N°3 Zona de abastecimiento V

Pozo N°4 Zona de abastecimiento III y IV

Pozo N° 5 Zona de abastecimiento V

Pozo N°6 Zona de abastecimiento IV

En el anexo 7.4.3 se presenta el dimencionamiento de las líneas de impulsión mediante el método del diámetro económico.

De igual manera que en las alternativas anteriores se a proyectado en el año 1998 el tendido de líneas de conducción para abastecer a la zona N° IV que son de las mismas características

En las figuras 7.10,11 y 12 se presentan los sistemas de distribución proyectados. En los cuadros siguientes se presentan las características de las líneas de conducción, reservorios y estaciones de bombeo.

ALTERNATIVA N° 3 ETAPA 1998

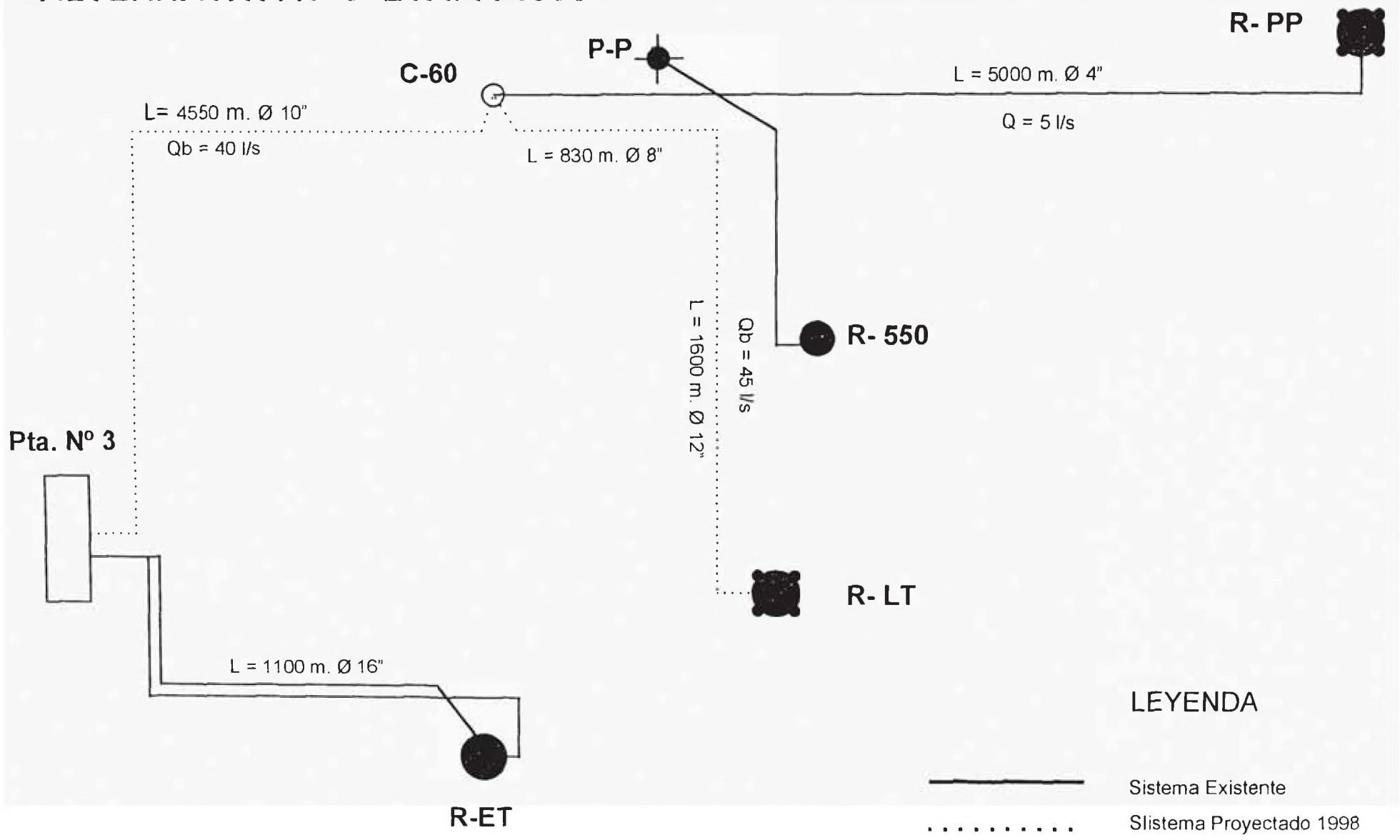


Figura 7 10

ALTERNATIVA N° 3 ETAPA 2002

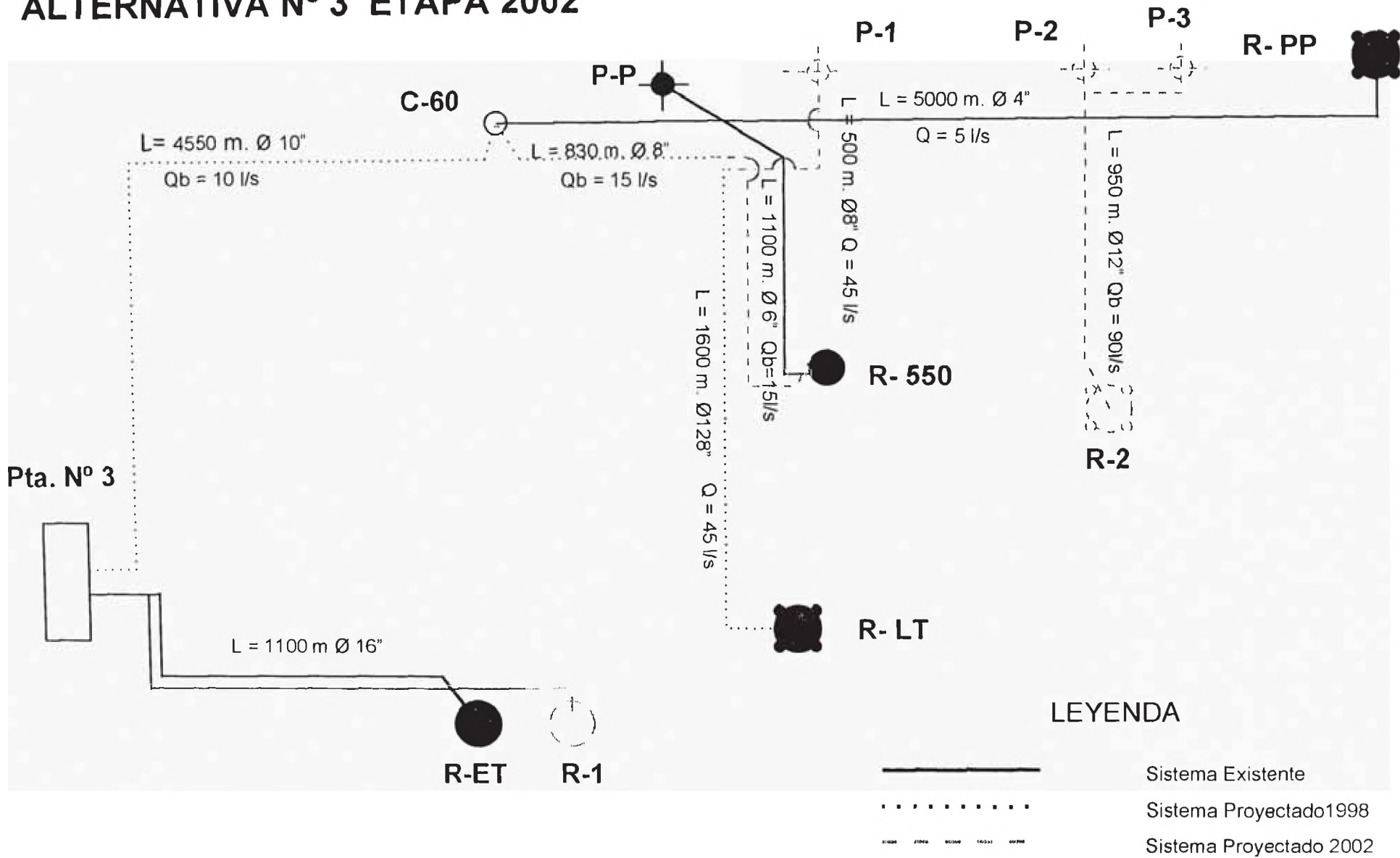


Figura 7.11

ALTERNATIVA N° 3 ETAPA 2013

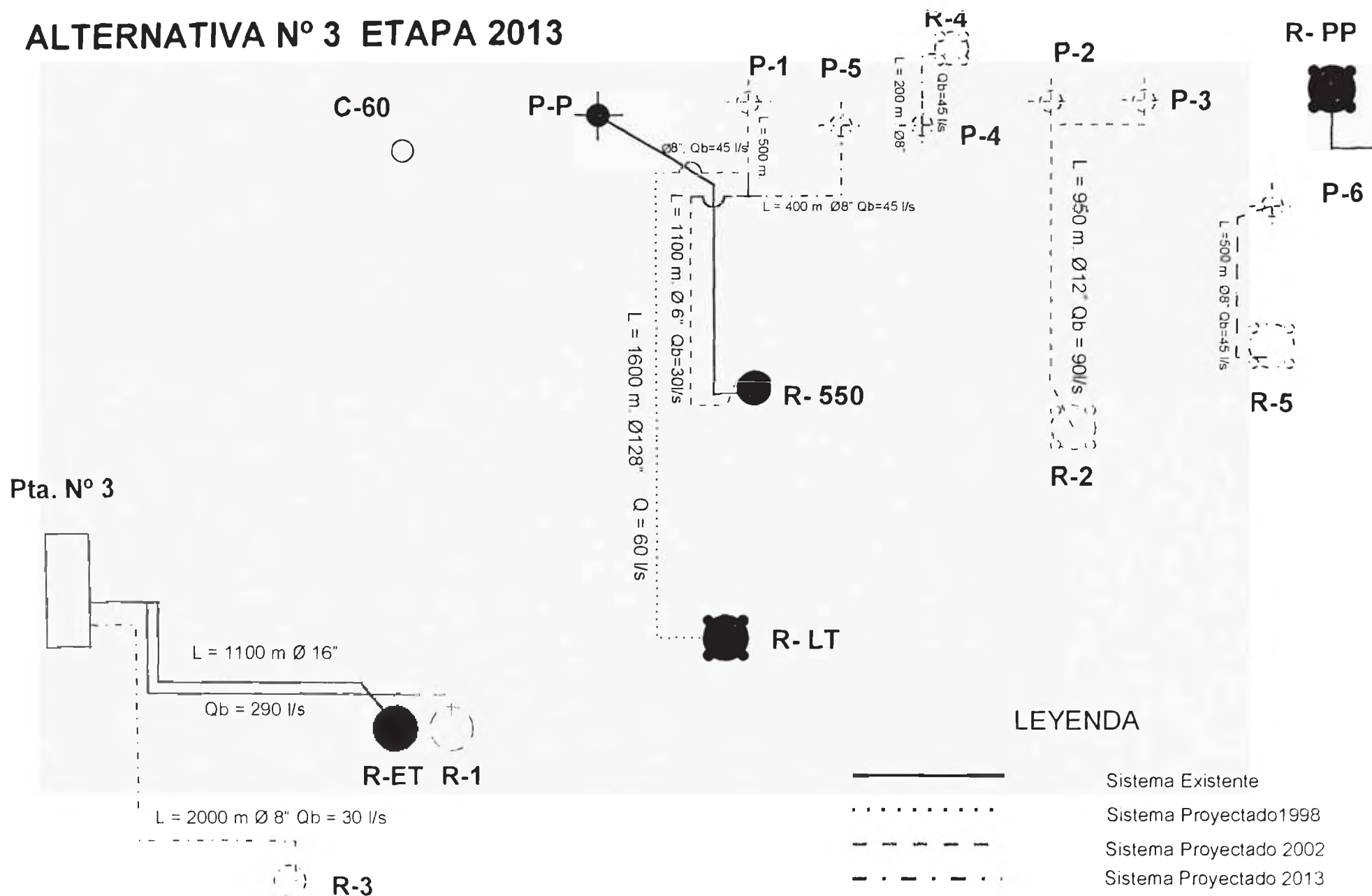


Figura 7 12

**CARACRERISTICAS DEL SISTEMA PROYECTADO
ALTERNATIVA N°3**

Año	Descripción	Diámetro (pulg.)	Longitud (m)	Q bom. (l/s)	hf (m)	Cota salida m.s.n.m.	Cota llegada m.s.n.m.	Altura Dinamica (m)	Potencia Motor (HP)	Horas de Trabajo	Kw/año	
1998 a 2001	EB.Pta. N°3 a R-ET y R-1 (tres equipos)	20	1100	260	3	9.5	45	41	90	20	1470366	
	EB.Pta. N°3 a C-60 m3	10	4550	40	12	9.5	4	9	9	20	46688	
	EB.C-60 m3 a R-LT	8	830	45	8.12							
		12	1600	45	2.17							
				45	10.29	4	55	63	75	18	367592	
2002 a 2012	EB.Pta. N°3 a R-ET y R-1 (dos equipos)	20	1100	260	3	9.5	45	41	160	20	1742656	
	EB. Pozo N° 1 a R-LT	8	500	45	5							
		12	1600	45	2							
				45	7	-30	55	94	125	18	612653	
	EB. Pozo N° 2 a R-2 (*)	8	400	45	4							
		12	950	90	5							
	EB. Pozo N° 3 a R-2 (*)			45	9	-25	51	87	125	18	612653	
		8	50	45	0							
	EB. Pozo N° 3 a R-2 (*)	12	950	90	5							
				45	5	-30	51	88	125	18	612653	
EB. C-60 m3 a R-550	8	830	15	1.1								
	6	1100	15	5.7								
			15	6.8	4	36	41	15	18	74963		
2013 a 2025	EB.Pta. N°3 a R-ET y R-1 (dos equipos)	20	1100	260	3	9.5	45	41	160	20	1742656	
	EB. Pta. N°3 a R-3	8	2000	30	9	10	49	51	45	20	245061	
	EB. Pozo N° 4 a R-LT (**)	8	630	45	6							
		12	1600	60	4							
	EB. Pozo N° 4 a R550 (**)			45	10	-30	55	97	125	18	612653	
		8	630	45	6							
	EB. Pozo N° 4 a R550 (**)	6	1100	30	21							
				45	27	-30	36	95	125	18	612653	
EB. Pozo N°5 a R-4	8	250	45	2	-25	46	75	100	18	490122		
EB. Pozo N°6 a R-5	8	500	45	5	-25	51	83	100	18	490122		

NOTA : (*) La Estación de Bombeo del Pozo N°2 es la misma para ambos casos, distribuye agua a dos reservorios partiendo de una sola línea
(**) La Estación de Bombeo del Pozo N°4 es la misma para ambos casos, distribuye agua a dos reservorios partiendo de una sola línea

Tumbes

7.5 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

7.5.1 Generalidades

El presente trabajo se basa en los documentos "Procedimientos para clasificar y evaluar impactos ambientales en las operaciones del Banco (BID, Washinton DC., Feb. 1990) y Directrices para la aplicación de los procedimientos ambientales en el sector de Saneamiento y el Desarrollo Urbano (BID, Washinton DC., Abr. 1991). Ampliando esta base informativa se utilizó además las publicaciones del Banco Mundial, " Libro de consulta para Evaluación Ambiental, Vol. I y II" (International Bank for Reconstrucción and Development, Washinton DC., Ene. 1994)

El BID define la función de las evaluaciones de los impactos ambientales como sigue: "Estudios de Impactos Ambientales de alternativas permiten la identificación de soluciones y maneras que logran sus objetivos técnicos con el mejor impacto ambiental posible".

El proyecto en estudio sobre planes de expansión de los sistemas de agua potable de la ciudad de Tumbes implica una serie de intervenciones en el marco de una cierta magnitud lo que resulta en la clasificación "Categoría III" del BID y "Categoría A" del BM, respectivamente.

Aspectos Metodológicos

La parte central del estudio consiste en un catálogo de los posibles impactos ambientales y sus medidas correctivas correspondientes.

Cada alternativa ha sido analizada cuidadosamente, estudiando las posibles alteraciones del medio ambiente.

El catálogo completo de los potenciales impactos ambientales y sus medidas de mitigación se encuentran al final del capítulo; la numeración de los resultados en forma abreviada de cada alternativa coincide con la numeración de los PIA en el catálogo .

Aspectos Legales

El marco legal para la presente evaluación está representado por las leyes siguientes:

- Ley General de Aguas DL. 17752 y sus Modificaciones DS. 007-83-AG. DS. 41-70-A.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (Río de Janeiro, 1992); R.L. 26181.
- R.M. 335-96-EM/SG. Reglamento de Participación Ciudadana mediante el procedimiento de audiencias públicas en el trámite de aprobación de Estudio de Impacto Ambiental.
(hasta la fecha: solamente para el sector energía y minas).
- Art. 66, 67, 68 . Constitución Política del Perú, Conservación de la Diversidad Biológica.
- Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales-CMA. D.L. 613.

- R.D. 0052-96/DCG. Lineamientos para el desarrollo de Estudios de Impacto ambiental relacionados con los efectos que pudiera causar la evacuación de residuos por tuberías a los cuerpos de agua.
- Código Sanitario D.L. 17505.
- Ley del Consejo Nacional del Ambiente. CONAM - Ley 26410.
- D.S. 34-F; Control de Emanaciones y Residuos Nocivos de las Actividades Industriales, D.S.68F.
- R.M. 153-85-VS-VC-9600. Seguridad laboral en la construcción civil.
- R.M. 042-87-DR. Cartilla Básica de Higiene y Seguridad Ocupacional.
- Ordenanzas Municipales.
- Ley 26505, Ley de Tierras.
- El código civil.
- Control de las Emanaciones y Residuos Nocivos de las Actividades Industriales, D.S. 68-F.
- Ley de Pesca, D.L. 25977 (apunta a infractores particulares).

Especial mención merece un comentario citado del "Informe Diagnóstico-Empresa SEDALORETO, Consorcio HAGROID, Lima 1994" : " La especialista Ing. Rosalinda Pastor, hace referencia al decreto supremo de 1983 D.S. 007-03 S.A., que modifica el anterior D.L. 17752 de 1969, indicando su orientación a la protección de la fauna acuática, estableciéndose límites bacteriológicos, de demanda química y bioquímica de oxígeno y de contenido de sustancias tóxicas para los cuerpos de agua. Sus conclusiones relatan, específicamente la ausencia de dispositivos legales para las descargas de desechos municipales y agrícolas. El tema legal ha sido discutido con el señor Enrique Ferrando, abogado y director de la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, quien mencionó un nuevo dispositivo legal emitido en Enero pasado, que presenta algunos avances. Durante la conversación identifiqué dos puntos de particular importancia, que limitan seriamente la eficacia protectora de la ley : El primero, es el carácter sectoriado de los estándares aprobados por los distintos ministerios, según su actividad . El segundo es la ausencia de estándares para el agente emisor. Así, el cuerpo receptor no existe regulación para el que emite el contaminante. En el caso de tener varios usuarios emitiendo al mismo cuerpo de agua la atribución de responsabilidades, en caso que este se sature, es difícil y toda sanción inviable".

En términos generales el presente estudio procura tratar los aspectos ambientales por igual, sin embargo enfoca con especial énfasis los efectos negativos en el ámbito humano en concordancia del espíritu del Código del Medio Ambiente, CMA. (D.L. 613) que tiene como preocupación central la calidad de vida de las personas (Art. I). El interés jurídico titulado está así definido en términos de "calidad de vida" y a ella se orientan todos los principios de política ambiental consagrados en el CMA.

Vectores de Contaminación

- Lugares de venta de combustibles y lubricantes flotantes.
(contaminación por derrames frecuentes).
- Talleres de motores marítimos flotantes.
(contaminación por cambio de aceites frecuentes).
- Aserraderos y laminadoras.
(contaminación por compuestos orgánicos y preservantes).
- Hospitales.
(no cuentan con sistemas operativos de pretratamiento de los desagües).
- Camales

Aspectos Técnicos

Las tres ciudades evaluadas muestran un índice de similitudes por la homogeneidad de los parámetros ambientales, de las costumbres de sus poblaciones y del grado de desarrollo urbano. Asimismo también existen vectores contaminantes que se encuentran por igual en los tres sitios:

- Lugares de venta de combustibles y lubricantes flotantes.
(contaminación por derrames frecuentes).
- Talleres de motores marítimos flotantes.
(contaminación por cambio de aceites frecuentes).
- Aserraderos y laminadoras.
(contaminación por compuestos orgánicos y preservantes).
- Hospitales.
(no cuentan con sistemas operativos de pretratamiento de los desagües).
- Camales
(no cuentan con sistemas operativos de pretratamiento de los desagües)

Vectores de Emisiones

- Olores

En su mayoría son causados por productos de reacciones químicas que contienen nitrógeno y/o azufre.

Mayormente son mezclas de sustancias diferentes.

El efecto negativo depende de la intensidad y de la duración de los olores.

Medidas de Mitigación

Según los estándares establecidos por el código sanitario de la República Federal de Alemania no se deben presentar los olores más del 4% de las horas de un año en zonas residenciales y no más del 6% de las horas de un año en zonas industriales.

- Ruidos

Son causados por maquinarias o las aguas mismas en el proceso de bombeo o tratamiento.

Medidas de Mitigación

Instalación de cubiertas protectoras.

Medidas constructivas.

- Aerosoles

Afectando sobre todo el personal técnico.

Medidas de Mitigación

Evitar la formación de aerosoles.

Evitar turbulencias.

Transporte de las aguas en tuberías.

Aumentar paredes de contenedores.

Instalación de cubiertas protectoras.

Aspectos Sociales

Una importancia central en el contexto de toda obra de saneamiento ambiental tienen las medidas colaterales de los proyectos, destinados a la participación de la población en el área. Dicha participación está consagrada en el Art. 6 del Código del Medio Ambiente, garantizando así una adecuada correspondencia entre las normas legales y los intereses de la población.

La sensibilización sobre temas como el uso ahorrativo del agua, la higiene personal y los peligros relacionados con el contacto con aguas servidas es un trabajo permanente para mejorar los hábitos de la población, especialmente de las zonas urbano-marginales.

Al mismo tiempo es sumamente importante de informar a la población sobre las obras por ejecutar antes, durante y después del término de las construcciones, con esta política participativa se facilita la colaboración de las personas y se evita en lo posible rechazos y/o enfrentamientos. Esta forma de participación ciudadana, en conformidad con el Art. 111 de la constitución, es un elemento central de evitar abusos o errores en el diseño y ejecución de la política ambiental estatal. Los estudios de Impacto Ambiental que acompañan a toda obra de saneamiento, tienen carácter público y deben ponerse a disposición de la ciudadanía, ampliando en esta forma la naturaleza de la legislación ambiental. (CMA; Art. 4, 11).

7.5.2 Sistema De Agua Potable De Tumbes

El 75% de la población tiene acceso a la red de agua potable (planta y pozos tubulares).

El sector marginal no cuenta con servicio de agua potable, ni de desagüe.

La principal fuente de abastecimiento de agua potable es el río Tumbes, sólo un 20% se capta mediante pozos profundos.

El caudal del río, también en época de estiaje asegura potencialmente el abastecimiento del agua. Sin embargo, el servicio de agua potable está restringido a solamente 6 horas/día.

En épocas de estiaje, los equipos de bombeo se deterioran frecuentemente por efectos de la cavitación.

La calidad de agua suministrado, según EMAPA Tumbes está de buena calidad.

Se observa una contaminación del río Tumbes con desechos sólidos que con el refluo son captados en la Planta de agua potable.

La población que vive cerca de los canales de riego (zona baja en el margen izquierdo de la Panamericana) usan estas aguas que vienen directamente del río.

Las enfermedades de origen hídrico afectan sobre todo a la población infantil de la zona baja.

El relleno sanitario (1.5 Km. del límite de la expansión urbana) no cuenta con los requisitos necesarios y contamina la napa freática hacia el río, hacia las quebradas.

7.5.2.1 ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA TAP-7-1: NUEVA PLANTA DE TRATAMIENTO EN EL CERRO “EL VENADITO”

Descripción

Construcción de una nueva planta de tratamiento en el cerro “ El Venadito ”

Potenciales impactos ambientales

01. Alteración cursos de agua.
02. Alteraciones equilibrio hidrológico.
12. Accidentes laborales, construcción.
13. Accidentes laborales, operación.
17. Accidentes, construcciones.
18. Desubicación, sitio de la planta
20. Alteraciones, corriente de agua.
22. Riesgo salud pública, aguas contaminadas.
25. Contaminación, aguas subterráneas y/o superficiales, lixiviaciones.
26. Contaminación, aguas receptoras, lixiviación
28. Alteración pesquerías fluviales.

Aspectos

- + Mejoramiento y continuidad en el abastecimiento de zonas urbanas y marginales.
- + Ubicación en zona no vulnerable.
- + Potencialmente reducción de consumo de energía eléctrica.
- Requiere áreas adicionales
- Mayor impacto por obras civiles durante la construcción de la tubería de abastecimiento.

ALTERNATIVA TAP-7-2: GALERIA DE FILTRACION EN LA ZONA DEL FUNDO SEMINARIO

Descripción

02 pozos con galerías de filtración en la zona del puerto "El Cura".

Potenciales impactos ambientales

12. Accidentes laborales, construcción.
13. Accidentes laborales, operación.
15. Peligros salud pública, potabilización del agua.
17. Accidentes, construcciones.
18. Desubicación, sitio de la planta.
21. Descenso de acuíferos.
25. Contaminación, aguas subterráneas, lixiviaciones.

Aspectos

- + Como tratamiento previo solamente requiere coloración.
- + Sistema no vulnerable (no es afectado por inundaciones o por cambio del curso del río).
- + Fuente con baja contaminación bacteriológica.
- Requiere áreas adicionales (01 ha.)

ALTERNATIVA T-AP-7-3: PERFORACION DE 06 POZOS AL SUR DEL AEROPUERTO

Descripción

Perforación pozos al sur del aeropuerto para cubrir el déficit de la ciudad y de zonas de expansión.

Potenciales Impactos Ambientales

12. Accidentes laborales, construcción.
13. Accidentes laborales, operación.

15. Peligros salud pública, potabilización del agua.
17. Accidentes, construcciones.
18. Desubicación, sitio de la planta.
21. Descenso de acuíferos.
25. Contaminación, aguas subterráneas, lixiviación

Aspectos

- + Cercanía a las zonas de expansión, bajo impacto por tendido de red primaria.
- + Mejoramiento en el abastecimiento de zonas marginales.
- Posible descenso de acuífero.

8. ANALISIS ECONOMICO DE MINIMO COSTO

En éste capítulo se selecciona la alternativa de mínimo costo de las alternativas desarrolladas a nivel de los diseños de ingeniería y concluye con la presentación del presupuesto de inversiones que incluye además de las obras comunes , los programas de inversión previos al programa de expansión

8.1 PRESUPUESTO DE ALTERNATIVAS

A continuación presentamos los presupuestos de las alternativas que han sido elaborados en base a los costos unitarios, que se realizaron para las diferentes partidas que se presentan.

Los costos unitarios para la ciudad de Tumbes han sido elaborados en base a los presentados por el PRONAP, que fueron realizados para la zona de Lima.

Los precios utilizados son de Abril de 1996 el tipo de cambio a *s/* 2.37, los costos son directos no se incluyen los correspondientes a gastos generales e IGV.

En los cuadros 8.1, 2 y 3 se presentan los presupuestos de las alternativas. Cada una presenta tres etapas de inversión las cuales se llevan a cabo un año antes de entrar en funcionamiento

8.2 VALOR ACTUAL DE COSTOS

Definiciones

La selección de la alternativa de mínimo costo, implica seleccionar la solución técnica (alternativa) que muestra el menor Valor Actual de los Costos atribuibles a la alternativa (Inversión + O & M) descontados a la tasa del 12 %.

La metodología está sustentado en dos indicadores básicos :

- **Valor Actual de Costos (VAC)**

Se define como la suma descontada (a una tasa de descuento relevante) de los costos totales (Costos de inversión + Costos de operación y mantenimiento) atribuibles a cada alternativa. Este valor se expresa a precios de cuenta.

Supuestos y Criterios

Por razones metodológicas, se han asumido los siguientes criterios:

1. Todos los valores monetarios están expresados en Nuevos Soles a precios de abril de 1996
2. En el análisis para la selección de la alternativa de mínimo costo se han considerado únicamente las obras no comunes

3. Los costos de operación y mantenimiento a precios de mercado están estructurados en función de la capacidad de operación (demanda del servicio) y de las características específicas de las obras a nivel de componentes.
4. El precio de la energía para la Ciudad de Tumbes : S/. 0.1512 por Kw/h.
5. Los costos de inversiones, operación y mantenimiento están justificados en análisis de Precios Unitarios.
6. La comparación de las alternativas se basan en los indicadores Valor Actual de Costos (V.A.C).
7. finalidad de calcular el indicador básico de mínimo costo: Valor Actual de Costos (V.A.C.)

Resultado

Valor Actual de Costos (V.A.C.): Corresponde a los valores descontados de la ultima columna para tasas de 12 %.

PRESENTACION DE ALTERNATIVAS

La evaluación de mínimo costo implica la comparación de costos atribuibles a cada una de las soluciones técnicas desarrolladas bajo criterios económicos consistentes. En este sentido se han clasificado los costos en costos a precios de mercado y costos a precios de cuenta.

Costos de Alternativas a Precios del Mercado (PM)

Los costos a precios de mercado son valores obtenidos en los mercados de insumos y factores que intervienen en los procesos constructivos y de operación y mantenimiento.

Las alternativas seleccionadas a nivel de ingeniería y valorados a precios de mercado, muestran los costos en los que se incurrirían - a precios de Abril 1996 -. Estos valores están dados con fines del planeamiento presupuestal, que indexados adecuadamente posibilitarán los planeamientos presupuestales y de ejecución de obras correspondientes a nivel de las unidades prestadoras de servicio.

Inversiones - Resumen (PM)

Este cuadro muestra el resumen de los costos de inversión a precios de mercado atribuible a cada alternativa

Costo de Operación y Mantenimiento (PM)

Los costos de operación y mantenimiento están sustentados en los Presupuesto Base a nivel de Componente . Con fines de facilitar su análisis se presenta un Cuadro Resumen de las proyecciones de estos costos.

Las proyecciones de los costos de operación y mantenimiento están basados en los presupuestos base y en el comportamiento futuro de operación y mantenimiento de los componentes, responden directamente a características particulares según sus capacidades de operación.

Determinado los costos de inversión y reinversión para las diferentes etapas se ha elaborado los costos de operación y mantenimiento de los diferentes componentes de las alternativas (ver anexo 8.2-1, 2 y 3) que a continuación se mencionan.

Alternativa N° 1 Nueva Planta de Tratamiento en El Cerro El Venadito.

Costos de operación y mantenimiento de La nueva planta de tratamiento.

Costos de operación y mantenimiento de la estación de bombeo de la captación proyectada.

Costos de operación y mantenimiento del sistema de distribución (proyectada)

Alternativa N° 2 Galerías Filtrantes en el Fundo Seminario

Costos de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de las galerías.

Costos de operación y mantenimiento del sistema de distribución (proyectado)

Alternativa N° 3 Pozos en la zona de expansión

Costos de operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo de los pozos.

Costos de operación y mantenimiento del sistema de distribución proyectado.

El valor actual de costos a precios de mercado obtenido para cada alternativa se presenta en los cuadros 8.4, 5 y 6 de ellos podemos decir que la alternativa de mínimo costo a precios de mercado es la N° 2 ya que existe una diferencia de 13% con respecto a la tercera alternativa .

Cabe indicar que para el estudio que se llevo a cabo se determino el valor actual de costos a precios de cuenta, obteniéndose como la alternativa de mínimo costo la alternativa N°2.

ALTERNATIVA	Valor actual de Costos
ALTERNATIVA N° 1 Nueva Planta de Trat. en El Cerro El Venadito	S/ 10,299,956
ALTERNATIVA N° 2 Galerías Filtrantes en el Fundo Seminario	S/ 7,752.308
ALTERNATIVA N° 3 Pozos en la zona de expansión	S/ 8.750.865

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE NUEVA PLANTA
EN EL CERRO EL VENADITO (ALTERNATIVA N° 1)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
1.00	Inversión año 1997					
1.01	Producción					
	Estacione de bombeo Pta N°3 a C-60m3					
	Electrobomba de eje horizontal Q=40 l/s; 9Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	6,090	12,180	12,180
	Estacione de bombeo C-60m3 a R-LT					
	Electrobomba de eje horizontal Q=45l/s; 100Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	19,411	38,823	51,003
1.02	Distribución					
	Líneas de conducción					
	Tubería de conducción ϕ 10" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	5,050	83	417,484	
	Tubería de conducción ϕ 8" A.C , A-7.6 incluye instalación	ml	1,930	61	118,020	535,503
	Costo de la inversión 1997					598,686
2.00	Inversión año 2001					
2.01	Captación					
	Captació de agua superficial tipo barraje	Glb	1	95,243	95,243	95,243
	Estación de bombeo					
	Caseta de bombeo	Glb	1	26,331	26,331	
	Electrobomba de eje vertical Q=130 l/s.; 200 HP incluye tablero motor electrico e instalación	Und	2	105,063	210,126	
	Arbol de descarga ϕ 14"	Glb	1	9,623	9,623	
	Alimentación electrica	Glb	1	14,595	14,595	
	Terreno tipo III	Ha	0.50	7,000	3,500	264,174
	Línea de impulsión					
	Tubería de conducción ϕ 16" A.C, A-7.5	ml	1,000	195	194,910	194,910
2.02	Producción					
	Planta de tratamiento el "Venadito" (100 l/s)					
	Presedimentador de concreto (área= 192 m2)	Und	1	200,000	200,000	
	Floculador hidráulico de pantalla de flujo vertical de 50 l/s	Und	2	38,530	77,060	
	Decantador laminar de 50 l/s	Und	2	54,240	108,480	
	Filtro rápido de lavado con tanque elevado de 45 l/s	Glb	3	112,065	336,195	
	Dosificadores volumétricos de sulfato de alúmina de 50kg/h	Glb	1	27,564	27,564	
	Dosificadores volumétricos de cal, capacidad 15 kg/h	Glb	1	14,890	14,890	
	Cloradores de inyección al vacio (balanzas, cilindros de cloro) de 100 lbs/24 hs, Q=100 l/s, D= 5 ppm,	Glb	1	14,130	14,130	
	Edificio de administración, depósitos de sustancias químicas depósitos de cloro, sala de cloración, laboratorio. Tres niveles	m2	725	290	210,250	
	Instalaciones hidráulicas ϕ 14"	Glb	1	55,538	55,538	
	Alimentación electrica	Glb	1	14,595	14,595	
	Cerco Perimetrico	ml	200	500	100,000	
	Terreno tpo III	Ha	1.00	7,000	7,000	1,165,702
	Estación de bombeo C-60m3 a R-550					
	Electrobomba de eje vertical Q=15 l/s.; 14 HP incluye tablero motor electrico e instalación	Und	2	7,850	15,700	15,700

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE NUEVA PLANTA
EN EL CERRO EL VENADITO (ALTERNATIVA N° 1)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
2.03	Estación de bombeo de Pta-3 a R-E.T y R-1					
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	62,079
	Reservorio de almacenamiento para Planta N°3					
	Reservorio enterrado de 1900 m3	Glb	1	478,208	478,208	
	Instalaciones hidráulicas φ 16"	Glb	1	61,578	61,578	539,787
	Distribución					
	Línea de conducción					
	Tubería de conducción φ 18" A.C., A-7.5 incluye instalación	ml	7,200	195	1,403,352	
	Tubería de conducción φ 12" A.C., A-7.5 incluye instalación	ml	1,600	83	132,272	1,535,624
	Reservorio					
Reservorio apoyado volumen 1450 m3 (R-1)	Glb	1	390,356	390,356		
Instalaciones hidráulicas φ 16"	Glb	1	61,578	61,578		
Caseta de válvulas	Glb	1	26,330	26,330		
Terreno tipo III	Ha	0.25	7,000	1,750		
Reservorio elevado volumen 900 m3 (R-2)	Glb	1	496,989	496,989		
Instalaciones hidráulicas φ 12"	Glb	1	97,038	97,038		
Caseta de válvulas	Glb	1	26,330	26,330		
Terreno tipo III	Ha	0.15	7,000	1,050	1,101,422	
			Costo de la inversión 2001			4,974,641
3.00	Inversión año 2012					
3.01	Captación					
	Estación de bombeo N° 2 Captación - Pta EV					
	Electrobomba de eje vertical Q=130 l/s.; 200 HP incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	2	105,063	210,126	
	Arbol de descarga φ 14"	Glb	1	9,623	9,623	219,749
	Línea de impulsión					
	Tubería de conducción φ 16" A.C., A-7.5	ml	1,000	195	194,910	194,910
	Producción					
	Estación de bombeo Pta N°3 C-60					
	Electrobomba de eje vertical Q=28 l/s.; 2.5 HP incl. inst	Und	2	62,737	125,474	
	Instalaciones hidráulicas φ 10"	Glb	1	55,538	55,538	181,012
	Estación de bombeo C-60 a R-550					
	Electrobomba de eje vertical Q=28 l/s.; 75 HP incl. inst	Und	2	62,737	125,474	
	Instalaciones hidráulicas φ 8"	Glb	1	55,538	55,538	181,012
	Planta de tratamiento el "Venadito" (100 l/s)					
	Presedimentador de concreto (área= 192 m2)	Und	1	200,000	200,000	
	Floculador hidráulico de pantalla de flujo vertical de 50 l/s	Und	2	38,530	77,060	

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE NUEVA PLANTA
EN EL CERRO EL VENADITO (ALTERNATIVA N° 1)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
	Decantador laminar de 50 l/s	Und	2	54,240	108,480	
	Filtro rápido de lavado con tanque elevado de 45 l/s	Glb	3	112,065	336,195	
	Dosificadores volumétricos de sulfato de alúmina de 50kg/h	Glb	1	27,564	27,564	
	Dosificadores volumétricos de cal, capacidad 15 kg/h	Glb	1	14,890	14,890	
	Cloradores de inyección al vacío (balanzas, cilindros de cloro) de 100 lbs/24 hs. Q=100 l/s, D= 5 ppm,	Glb	1	14,130	14,130	
	Edificio de administración, depósitos de sustancias químicas depósitos de cloro, sala de cloración, laboratorio. Tres niveles	m2	725	290	210,250	
	Instalaciones hidráulicas φ 14"	Glb	1	55,538	55,538	1,044,107
4.02	Distribución					
	Línea de conducción					
	Tubería de conducción φ 18" A.C , A-7.5	ml	1,100	241	265,078	
	Tubería de conducción φ 16" A.C , A-7.5	ml	7,250	195	1,413,098	
	Tubería de conducción φ 10" A.C , A-7.5	ml	2,500	83	206,675	
	Tubería de conducción φ 8" A.C , A-7.5	ml	400	61	24,460	
	Tubería de conducción φ 6" A.C , A-7.5	ml	1,230	43	53,259	1,962,570
	Reservorio					
	Reservorio apoyado volumen 650 m3 (R-3)	Glb	1	213,684	213,684	
	Instalaciones hidráulicas φ i 8"	Glb	1	30,409	30,409	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	
	Reservorio elevado volumen 400 m3 (R-4)	Glb	1	230,075	230,075	
	Instalaciones hidráulicas φ i 6"	Glb	1	37,454	37,454	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	
	Reservorio elevado volumen 700 m3 (R-5)	Glb	1	365,417	365,417	
	Instalaciones hidráulicas φ i 10"	Glb	1	73,753	73,753	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	2,098,186
	Costo de la inversión 2012					5,881,545
					total	10,941,928
	Reinversión año 2012					
	Electrobomba de eje vertical Q=130 l/s. ; 200 HP incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	2	105,063	210,126	
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	272,205
	Reinversión año 2022					
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	
	Electrobomba de eje vertical Q=130 l/s. ; 200 HP incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	4	105,063	420,252	
	Electrobomba de eje vertical Q=28 l/s. ; 2.5 HP incl. inst	Und	2	62,737	125,474	
	Electrobomba de eje vertical Q=28 l/s. ; 75 HP incl. inst	Und	2	62,737	125,474	
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	795,357

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE GALERIAS FILTRANTES
EN EL FUNDO SEMINARIO (ALTERNATIVA N° 2)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
1.00	Inversión año 1997					
1.01	Producción					
	Estacione de bombeo Pta N°3 a C-60m3					
	Electrobomba de eje horizontal Q=40 l/s; 9Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	6,090	12,180	12,180
	Estacione de bombeo C-60m3 a R-LT					
	Electrobomba de eje horizontal Q=45l/s; 100Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	19,411	38,823	51,003
1.02	Distribución					
	Líneas de conducción					
	Tubería de conducción ϕ 12" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	1,600	107	171,792	
	Tubería de conducción ϕ 10" A.C , A-7.6 incluye instalación	ml	4,550	83	376,149	
	Tubería de conducción ϕ 8" A.C , A-7.6 incluye instalación	ml	830	61	50,755	598,695
	Costo de la inversión 1997					661,878
2.00	Inversión año 2001					
2.01	Prodducción					
	Galerías de filtración en el Fundo Seminario					
	Captación mediante galenas filtrantes Q=135 l/s	Glb	1	264,740	264,740	
	Electrobomba de eje vertical Q=135 l/s, 270 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Und	1	134,218	134,218	
	Arbol de descarga ϕ 16"	Glb	1	27,259	27,259	
	Casete de bombeo (área = 45m2),comprende sala de maq. caseta de cloración y guardiana con baño.	Glb	1	36,930	36,930	
	Alimentación electrica	Glb	1	14,595	14,595	
	Terreno tipo III	Ha	0.5	7,000	3,500	481,242
	Estacione de bombeo C-60m3 a R-550					
	Electrobomba de eje horizontal Q=15l/s; 15 Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	7,850	15,700	15,700
	Estación de bombeo de Pta-3 a R-E.T y R-1					
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor electrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	62,079
	Reservorio de almacenamiento para Planta N°3					
	Reservorio enterrado de 1900 m3	Glb	1	478,208	478,208	
	Instalaciones hidraulicas ϕ 16"	Glb	1	61,578	61,578	539,787
2.02	Distribución					
	Línea de conducción					
	Tubería de conducción ϕ 16" A.C , A-7.5	ml	7,200	195	1,403,352	
	Tubería de conducción ϕ 14" A.C, A-7.5	ml	2,900	156	452,893	
	Tubería de conducción ϕ 6" A.C, A-7.5	ml	1,100	43	47,630	1,903,875
	Reservorio					
	Reservorio apoyado volumen 1450 m3 (R-1)	Glb	1	390,356	390,356	

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE GALERIAS FILTRANTES
EN EL FUNDO SEMINARIO (ALTERNATIVA N° 2)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
	Instalaciones hidráulicas φ 16"	Gib	1	61,578	61,578	
	Caseta de válvulas	Gib	1	26,330	26,330	
	Terreno tipo III	Ha	0.25	7,000	1,750	
	Reservorio elevado volumen 1400 m3 (R-2)	Gib	1	648,113	648,113	
	Instalaciones hidráulicas φ 12"	Gib	1	97,038	97,038	
	Caseta de válvulas	Gib	1	26,330	26,330	
	Terreno tipo III	Ha	0.15	7,000	1,050	1,252,545
	Costo de la inversión 2001					4,255,228
3.00	Inversión año 2012					
3.01	Producción					
	Galerías de filtración en el Fundo Seminario					
	Captación mediante galenas filtrantes Q=135 l/s	Gib	1	264,740	264,740	
	Electrobomba de eje vertical Q=82 l/s, 150 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Und	1	109,411	109,411	
	Arbol de descarga Ø 14"	Gib	1	24,460	24,460	
	Electrobomba de eje vertical Q=53 l/s, 34 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Gib	1	54,163	54,163	
	Arbol de descarga Ø 12"	Gib	1	19,475	19,475	
	Casete de bombeo (área = 45m2), comprende sala de maq. caseta de cloración y guardiana con baño.	Gib	1	27,259	27,259	
	Alimentación eléctrica	Gib	1	36,930	36,930	
	Terreno tipo III	Ha	0.5	7,000	3,500	554,532
	Estación de bombeo Pta N°3 a R-3					
	Electrobomba de eje horizontal Q=30 l/s; 45 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	2	13,388	26,776	
	Arbol de descarga Ø 8"	Gib.	1	18,769	18,769	45,545
	Estacione de bombeo C-60m3 a R-550					
	Electrobomba de eje horizontal Q=46l/s; 75 Hp incl. tablero, motor electrónico e instalación	Und	2	16,696	33,392	33,392
3.02	Distribución					
	Línea de conducción					
	Tubería de conducción φ 14" A.C., A-7.5 incluye instalación	ml	8,450	156	1,319,637	
	Tubería de conducción φ 12" A.C., A-7.5 incluye instalación	ml	1,750	107	187,898	
	Tubería de conducción φ 10" A.C., A-7.5 incluye instalación	ml	2,500	83	206,675	
	Tubería de conducción φ 8" A.C., A-7.5 incluye instalación	ml	2,280	61	139,422	1,853,631
	Reservorio					
	Reservorio apoyado volumen 650 m3 (R-3)	Gib	1	213,684	213,684	
	Instalaciones hidráulicas φ 8"	Gib	1	30,409	30,409	
	Caseta de válvulas	Gib	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	
	Reservorio elevado volumen 600 m3 (R-4)	Gib	1	337,544	337,544	
	Instalaciones hidráulicas φ 6"	Gib	1	37,454	37,454	
	Caseta de válvulas	Gib	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE GALERIAS FILTRANTES
EN EL FUNDO SEMINARIO (ALTERNATIVA N° 2)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
	Reservorio elevado volumen 1000 m3 (R-5)	Gib	1	490,734	490,734	
	Instalaciones hidráulicas ϕ 10"	Gib	1	73,753	73,753	
	Caseta de válvulas	Gib	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	1,263,410
				Costo de la inversión 20012		3,750,510
					Total	8,655,436
	Reinversión año 2011					
	Electrobomba de eje vertical Q=135 l/s, 270 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Und	1	134,218	134,218	134,218
	Reinversión año 2022					
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	
	Electrobomba de eje vertical Q=135 l/s, 270 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Und	1	134,218	134,218	
	Electrobomba de eje vertical Q=82 l/s, 150 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Und	1	109,411	109,411	
	Electrobomba de eje vertical Q=53 l/s, 34 HP equipada con motor eléctrico y tablero, incluye costos de instalación	Gib	1	54,163	54,163	
	Electrobomba de eje horizontal Q=30 l/s; 45 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	2	13,388	26,776	
	Electrobomba de eje horizontal Q=46 l/s; 75 Hp incl. tablero, motor eléctrico e instalación	Und	2	16,696	33,392	420,038

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE POZOS
EN LA ZONZ DEL AEROPUERTO (ALTERNATIVA N° 3)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
1.00	Inversión año 1997					
1.01	Producción					
	Estacione de bombeo Pta N°3 a C-60m3					
	Electrobomba de eje horizontal Q=40 l/s; 9Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	6,090	12,180	12,180
	Estacione de bombeo C-60m3 a R-LT					
	Electrobomba de eje horizontal Q=45l/s; 100Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	19,411	38,823	51,003
1.02	Distribución					
	Líneas de conducción					
	Tubería de conducción ϕ 12" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	1,600	107	171,792	
	Tubería de conducción ϕ 10" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	4,550	83	376,149	
	Tubería de conducción ϕ 8" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	830	61	50,755	598,695
	Costo de la inversión 1997					661,878
2.00	Inversión año 2001					
2.01	Prodducción					
	Pozos					
	Perforación de pozo (P-1)	ml	150	1,240	185,946	
	Perforación de pozo (P-2)	ml	150	1,240	185,946	
	Perforación de pozo (P-3)	ml	150	1,240	185,946	
	Columna de descarga exterior e interior para Q=45 l/s	ml	450	2,243	1,009,296	
	Arbol de descarga ϕ 8" para P-1	Glb	1	18,769	18,769	
	Arbol de descarga ϕ 8" para P-2	Glb	1	18,769	18,769	
	Arbol de descarga ϕ 8" para P-3	Glb	1	18,769	18,769	
	Electrobomba sumergible Q=45; 125 HP incl.tabl. elect. e inst.	Und.	3	78,498	235,495	
	Caseta de bombeo de P-1 (area 45 m2)	Glb	1	36,930	36,930	
	Caseta de bombeo de P-2 (área 45 m2)	Glb	1	36,930	36,930	
	Caseta de bombeo de P-3 (área 45 m2)	Glb	1	36,930	36,930	
	Alimentación electrica	Glb	3	14,595	43,785	
	Terreno tipo III	Ha	0.05	7,000	350	2,013,861
	Estacione de bombeo C-60m3 a R-550					
	Electrobomba de eje horizontal Q=15l/s; 15 Hp incl. tablero, motor electrico e instalación	Und	2	7,850	15,700	15,700
	Estación de bombeo de Pta-3 a R-E.T y R-1					
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor electrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	62,079
	Reservorio de almacenamiento para Planta N°3					
	Reservono enterrado de 1900 m3	Glb	1	478,208	478,208	
	Instalaciones hidraulicas ϕ 16"	Glb	1	61,578	61,578	539,787

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE POZOS
EN LA ZONZ DEL AEROPUERTO (ALTERNATIVA N° 3)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
2.02	Distribución					
	Línea de conducción					
	Tubería de conducción Ø 12" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	950	107	102,002	
	Tubería de conducción Ø 8" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	950	61	58,093	
	Tubería de conducción Ø 6" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	1,100	43	47,630	207,724
	Reservorio					
	Reservorio apoyado volumen 1450 m3 (R-1)	Glb	1	390,356	390,356	
	Instalaciones hidráulicas ϕ i 16"	Glb	1	61,578	61,578	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,330	26,330	
	Terreno tipo III	Ha	0.25	7,000	1,750	
	Reservorio elevado volumen 1400 m3 (R-2)	Glb	1	648,113	648,113	
	Instalaciones hidráulicas ϕ i 12"	Glb	1	97,038	97,038	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,330	26,330	
	Terreno tipo III	Ha	0.15	7,000	1,050	1,252,545
						Costo de la Inversión 2001
						4,091,696
3.00	Inversión año 2012					
3.01	Producción					
	Pozos					
	Perforación de pozo (P-4)	ml	150	1,240	185,946	
	Perforación de pozo (P-5)	ml	150	1,240	185,946	
	Perforación de pozo (P-6)	ml	150	1,240	185,946	
	Columna de descarga exterior e interior para Q=45 l/s	ml	450	2,243	1,009,296	
	Arbol de descarga Ø 8" para P-1	Glb	1	18,769	18,769	
	Arbol de descarga Ø 8" para P-2	Glb	1	18,769	18,769	
	Arbol de descarga Ø 8" para P-3	Glb	1	18,769	18,769	
	Electrobomba sumergible Q=45, 125 HP incl.tabl. elect. e inst.	Und.	3	78,498	235,495	
	Caseta de bombeo de P-3 (área 45 m2)	Glb	1	36,930	36,930	
	Caseta de bombeo de P-4 (área 45 m2)	Glb	1	36,930	36,930	
	Caseta de bombeo de P-6 (área 45 m2)	Glb	1	36,930	36,930	
	Alimentación eléctrica	Glb	3	14,595	43,785	
	Terreno tipo III	Ha	0.05	7,000	350	2,013,861
	Estación de bombeo Pta N°3 a R-3					
	Electrobomba de eje horizontal Q=30 l/s; 45 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	2	13,388	26,776	
	Arbol de descarga Ø 8"	Glb.	1	18,769	18,769	45,545
3.02	Distribución					
	Línea de conducción					
	Tubería de conducción ϕ 8" A.C , A-7.5 incluye instalación	ml	3,330	61	203,630	203,630
	Reservorio					
	Reservorio apoyado volumen 650 m3 (R-3)	Glb	1	213,684	213,684	
	Instalaciones hidráulicas ϕ i 8"	Glb	1	30,409	30,409	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	
	Reservorio elevado volumen 600 m3 (R-4)	Glb	1	337,544	337,544	
	Instalaciones hidráulicas ϕ i 6"	Glb	1	37,454	37,454	

**PRESUPUESTO DE ALTERNATIVA DE ABASTECIMIENTO MEDIANTE POZOS
EN LA ZONZ DEL AEROPUERTO (ALTERNATIVA N° 3)**

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.Unitario	P.Parcial	P.Total
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	
	Reservorio elevado volumen 1000 m3 (R-5)	Glb	1	490,734	490,734	
	Instalaciones hidráulicas φ1 10"	Glb	1	73,753	73,753	
	Caseta de válvulas	Glb	1	26,331	26,331	
	Terreno tipo III	Ha	0.04	7,000	280	1,263,410
				Costo de la inversión 2012		3,526,445
	Reinversión año 2011					
	Electrobomba sumergible Q=45; 125 HP incl. tabl. elect. e inst.	Und.	3	78,498	235,495	
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	297,574
	Reinversión año 2022					
	Electrobomba sumergible Q=45; 125 HP incl. tabl. elect. e inst.	Und.	3	78,498	235,495	
	Electrobomba sumergible Q=45; 125 HP incl. tabl. elect. e inst.	Und.	3	78,498	235,495	
	Electrobomba de eje horizontal Q=30 l/s; 45 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	2	13,388	26,776	
	Electrobomba de eje horizontal Q=145 l/s; 160 Hp incluye tablero motor eléctrico e instalación	Und	3	20,693	62,079	559,844

**TUMBES : COSTOS DE INVERSION Y OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA LA ALTERNATIVA
GALERIAS FILTRANTES EN EL FUNDO SEMINARIO
ALTERNATIVA - 02 : A PRECIOS DE MERCADO (Nuevos Soles Abril 1996)**

AÑO	Producción m3/año	Inversiones Sub total (I)	COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO								Sub total (II)	TOTAL
			Mano de Obra		Materiales	Equipos	Insumos	Energia				
			Calificada	No Calificada				KW - H Anual	Costo Unitario	Costo		
1998												
1999												
2000												
2001		4255228										4255228
2002	264,113		111,600	76,500	38,974	23,577	304	116,404	0.1512	17,600	268,555	268555
2003	644,465		111,600	76,500	38,974	23,577	741	271,609	1.1512	41,067	292,460	292460
2004	941,333		111,600	76,500	38,974	23,577	1,083	403,534	2.1512	61,014	312,748	312748
2005	903,955		111,600	76,500	38,974	23,577	1,040	388,013	3.1512	58,668	310,358	310358
2006	1,334,519		111,600	76,500	38,974	23,577	1,535	582,020	4.1512	88,001	340,187	340187
2007	1,709,210		111,600	76,500	38,974	23,577	1,966	737,225	5.1512	111,468	364,085	364085
2008	1,798,675		111,600	76,500	38,974	23,577	2,068	776,027	6.1512	117,335	370,055	370055
2009	2,139,487		111,600	76,500	38,974	23,577	2,460	931,232	7.1512	140,802	393,914	393914
2010	2,423,586		111,600	76,500	38,974	23,577	2,787	1,047,636	8.1512	158,403	411,841	411841
2011	2,831,245		111,600	76,500	38,974	23,577	3,256	1,202,841	9.1512	181,870	435,777	435777
2012	3,289,058	3,884,728	111,600	76,500	38,974	23,577	3,782	1,396,848	10.1512	211,203	465,637	4350365
2013	3,568,332		153,000	81,000	48,474	23,577	4,104	1,510,883	11.1512	228,445	538,600	538600
2014	4,004,424		153,000	81,000	48,474	23,577	4,605	1,703,446	12.1512	257,561	568,217	568217
2015	4,402,849		153,000	81,000	48,474	23,577	5,063	1,851,572	13.1512	279,958	591,072	591072
2016	4,102,047		153,000	81,000	48,474	23,577	4,717	1,747,884	14.1512	264,280	575,049	575049
2017	4,502,003		153,000	81,000	48,474	23,577	5,177	1,925,635	15.1512	291,156	602,384	602384
2018	4,701,881		174,600	117,000	137,542	28,408	5,407	1,999,698	16.1512	302,354	765,312	765312
2019	5,076,895		174,600	117,000	137,542	28,408	5,838	2,147,824	17.1512	324,751	788,140	788140
2020	5,259,939		174,600	117,000	137,542	28,408	6,049	2,221,886	18.1512	335,949	799,548	799548
2021	5,644,460		174,600	117,000	137,542	28,408	6,491	2,370,012	19.1512	358,346	822,387	822387
2022	5,901,540	420,038	174,600	117,000	137,542	28,408	6,787	2,518,138	20.1512	380,742	845,079	1265117
2023	5,719,321		174,600	117,000	137,542	28,408	6,577	2,444,075	21.1512	369,544	833,672	833672
2024	6,167,353		174,600	117,000	137,542	28,408	7,092	2,592,201	22.1512	391,941	856,583	856583
2025	6,325,567		174,600	117,000	137,542	28,408	7,274	2,666,264	23.1512	403,139	867,964	867964
VAC = SI											7,752,308	

**TUMBES :COSTOS DE INVERSION Y OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA LA ALTERNATIVA
POZOS EN LA ZONA DE EXPANSION
ALTERNATIVA N° 3**

AÑO	Producción m3/año	INVERSION Sub total (I)	COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO								TOTAL	
			Mano de Obra		materiales	Equipos	Insumos	Energia				Sub total (II)
			Calificada	No Calificada				KW-H Anual	Costo Unitario	Costo		
1998												
1999												
2000												
2001		4091696										4091696
2002	264,113		194,400	85,500	42,974	23,577	304	159,290	0.1512	24,085	370,839	370839
2003	644,465		194,400	85,500	42,974	23,577	741	371,676	1.1512	56,197	403,390	403390
2004	941,333		194,400	85,500	42,974	23,577	1,083	552,204	2.1512	83,493	431,027	431027
2005	903,955		194,400	85,500	42,974	23,577	1,040	530,966	3.1512	80,282	427,773	427773
2006	1,334,519		194,400	85,500	42,974	23,577	1,535	796,448	4.1512	120,423	468,409	468409
2007	1,709,210		194,400	85,500	42,974	23,577	1,966	1,008,834	5.1512	152,536	500,953	500953
2008	1,798,675		194,400	85,500	42,974	23,577	2,068	1,061,931	6.1512	160,564	509,084	509084
2009	2,139,487		194,400	85,500	42,974	23,577	2,460	1,274,317	7.1512	192,677	541,588	541588
2010	2,423,586		194,400	85,500	42,974	23,577	2,787	1,433,607	8.1512	216,761	566,000	566000
2011	2,831,245		194,400	85,500	42,974	23,577	3,256	1,645,993	9.1512	248,874	598,581	598581
2012	3,289,058	3,824,019	194,400	85,500	42,974	23,577	3,782	1,911,476	10.1512	289,015	639,249	4463268
2013	3,568,332		318,600	99,000	54,974	23,577	4,104	1,985,811	11.1512	300,255	800,509	800509
2014	4,004,424		318,600	99,000	54,974	23,577	4,605	2,238,905	12.1512	338,522	839,279	839279
2015	4,402,849		318,600	99,000	54,974	23,577	5,063	2,433,592	13.1512	367,959	869,174	869174
2016	4,102,047		318,600	99,000	54,974	23,577	4,717	2,297,311	14.1512	347,353	848,222	848222
2017	4,502,003		318,600	99,000	54,974	23,577	5,177	2,530,936	15.1512	382,677	884,006	884006
2018	4,701,881		340,200	135,000	144,042	28,408	5,407	2,628,279	16.1512	397,396	1,050,453	1050453
2019	5,076,895		340,200	135,000	144,042	28,408	5,838	2,822,967	17.1512	426,833	1,080,321	1080321
2020	5,259,939		340,200	135,000	144,042	28,408	6,049	2,920,310	18.1512	441,551	1,095,250	1095250
2021	5,644,460		340,200	135,000	144,042	28,408	6,491	3,114,998	19.1512	470,988	1,125,129	1125129
2022	5,901,540	559,844	340,200	135,000	144,042	28,408	6,787	3,309,685	20.1512	500,424	1,154,861	1714705
2023	5,719,321		340,200	135,000	144,042	28,408	6,577	3,212,341	21.1512	485,706	1,139,933	1139933
2024	6,167,353		340,200	135,000	144,042	28,408	7,092	3,407,029	22.1512	515,143	1,169,885	1169885
2025	6,325,567		340,200	135,000	144,042	28,408	7,274	3,504,372	23.1512	529,861	1,184,786	1184786
VAC = S/											8,750,865	

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos y alcances planteados al iniciar éste estudio y luego de su desarrollo, podemos decir que estos objetivos han sido alcanzados, dejando una base referencial bastante representativa.

Del desarrollo del estudio en mención presentamos las conclusiones finales a que se llegó en cada uno de los aspectos tratados.

Conclusiones del diagnostico y evaluación del sistema existente de agua potable.

- En la unidad de captación necesita una protección para las tuberías de succión para que en épocas de crecida del río las bombas no sufran atascamientos debido a que succionan los materiales que trae el río.
- En épocas de lluvia cuando la turbidez es elevada el rendimiento de los presedimentadores disminuye por la elevada acumulación de fangos.
- La perdida de agua en la planta de tratamiento esta al rededor del 10%
- La planta de tratamiento opera 17 horas diarias debido a que de las 17 a 24 horas ocurre el máximo consumo de energía eléctrica y por lo tanto la tarifa en ese periodo de tiempo es mas alto.
- El servicio de abastecimiento a la zona denominada Tumbes antiguo y Tumbes intermedio se lleva a cabo mediante el reservorio El Tablazo y bombeo directo a la red. La zona de Nuevo Tumbes es abastecido mediante el Pozo Puyango.
- El porcentaje de pérdidas físicas en la red es de 33%, para la proyección de la demanda total se ha considerado que a partir del año 2000 las pérdidas deben reducirse hasta el 25 %, para ello EMAPA TUMBES debe llevar a cabo un programa de detección y cambio de tuberías que presentan fugas. Para el horizonte 2025 se debe llegar con 20% de fugas en la red.

Conclusiones del estudio de desarrollo urbano.

- La opción general de expansión de la ciudad está en el sector norte, a ambos lados de la carretera panamericana en su trazo actual, en el espacio comprendido entre nuevo Tumbes y el aeropuerto.

- La zona de Puerto Pizarro no ha sido tomada en cuenta como opción que permita albergar parte de la expansión por ser un área sujeta a un sinnúmero de restricciones y dificultades para la habilitación.

Conclusiones de la Oferta, Demanda y Déficit.

- Determinado los valores de oferta y demanda de los componentes se puede decir que el déficit en la producción empieza a partir del año 2002 llegando al 2025 con 200 l/s.
- El déficit de almacenamiento existe a la fecha para la zona de abastecimiento N°1 (Tumbes antiguo).
- Existe déficit en la distribución actualmente debido a que la zona denominada Lishner Tudela no cuenta con fuente de abastecimiento pero si con redes ya que el pozo que los abastece se encuentra inoperativo.

Conclusiones de las Alternativas.

- Se cuenta con dos fuentes importantes para el abastecimiento de agua, que son El agua subterránea y superficial
- Para la utilización del agua subterránea se tiene dos posibilidades de captación que es mediante la perforación de pozos y la construcción de galerías filtrantes.
- Del estudio hidrogeológico se obtiene que a profundidades de 150 a 200 metros se puede obtener rendimientos aproximados a 45 l/s.
- Del estudio geoeléctrico se concluye que en la zona del Fundo Seminario existe un acuífero superficial.
- En cuanto a la captación de agua superficial se cuenta con el río Tumbes que tiene un caudal importante que asegura un abastecimiento continuo durante todos los meses del año. De los registros estadísticos se encuentra que el caudal mínimo entre 1963 y 1995 es 11.8 m³/seg.
- Como se presenta tres tipos de captación para el abastecimiento de agua potable se plantea tres alternativas las que son:
Alternativa N° 1 Nueva Planta de Tratamiento en el Cerro El Venadito.
Alternativa N° 2 Galería filtrante en el Fundo Seminario.
Alternativa N° 3 Pozos en la zona de expansión.
- Del análisis económico se obtiene que la alternativa de mínimo costo es la N°2, diferenciándose en un 13 % de la alternativa N°3. Los costos de inversión de la alternativa N°3 son menores pero los costos de operación y mantenimiento son mayores debido a que la potencia de los equipos de bombeo es mayor.

9.2 RECOMENDACIONES

- Las principales recomendaciones están dirigidas a las medidas de optimización indicadas en el capítulo 5 estas deben de llevarse a cabo para cada una de los componentes, por que es el punto de partida de las alternativas.
- Antes del diseño definitivo de la alternativa seleccionada se recomienda realizar un sondeo mecánico en la zona del fundo Seminario y los resultados deberán de correlacionarse con los resultados obtenidos en el levantamiento geoelectrico.
- Para realizar el diseño definitivo de la alternativa seleccionada se recomienda determinar los períodos óptimos de diseño ya que para el estudio de factibilidad se ha considerado periodos recomendables.