

**MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO
PROYECTO ESPECIAL BINACIONAL LAGO TITICACA
PELT**

ESTUDIO INTEGRAL DE FACTIBILIDAD

**CONDUCCION, TRATAMIENTO Y MANEJO INTEGRAL
DE LAS AGUAS SERVIDAS - CIUDAD DE PUNO
(SISTEMA SALCEDO - CANCHARANI)**

INFORME FINAL

***ATA* - ASESORES TECNICOS ASOCIADOS S.A.**

LIMA, OCTUBRE DE 1997

RECONOCIMIENTO :

Un reconocimiento especial, a Don ***LUIS MALNATI FANO***, uno de los más prestigiados especialistas en saneamiento y manejo ambiental del país, quien se desempeñó como Director del presente estudio y falleció el 25 de octubre de 1997 en momento que se editaba la versión del Informe Final.

CONTENIDO

	Pág. N°
1.0 INTRODUCCION	
1.1 Presentación	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Antecedentes	5
1.4 Ubicación del Proyecto	5
1.5 Clima	6
1.6 Enfoque del Estudio	7
2.0 RESEÑA DE ESTUDIOS BASICOS	
2.1 Topografía del Trazo de la Línea de Impulsión	17
2.2 Geología y Geotecnia	18
2.3 Estudio Socioeconómico de la Ciudad de Puno	22
3.0 PROYECCION DEL VOLUMEN DE LAS AGUAS SERVIDAS	
3.1 Generalidades	28
3.2 Cálculo de la Población Futura	28
3.3 Abastecimiento de Agua para la Población de Acuerdo a la Demanda de Diseño y Coeficientes de Máximo Diario y Máximo Horario	31
3.4 Cálculo del Volumen de Desagües	35
4.0 PLANTEAMIENTO DEL ESQUEMA HIDROSANITARIO	
4.1 Generalidades	38
4.2 Sustento Técnico del Sistema Propuesto	40
4.3 Estudio de Alternativas	41
4.4 Diseño de los Componentes del Sistema	47
4.5 Diseño de la Tubería de Impulsión	49

4.6	Diseño del Canal de Conducción a la Planta	50
4.7	Equipos de Bombeo, Características, Potencia, Capacidad y Número de Bombas	51
4.8	Plantas de Tratamiento para las Alternativas del Proyecto	52
4.9	Areas de Riego	55
4.10	Fotografías	
5.0	ESQUEMA ENERGETICO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO	
5.1	Generalidades	56
5.2	Alcances del Proyecto Eléctrico	56
5.3	Descripción del Proyecto Eléctrico	57
5.4	Bases de Cálculo	58
5.5	Esquemas Referenciales	58
6.0	COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS	
6.1	Base de Datos	59
6.2	Inversiones	59
6.3	Costos Anuales de Operación y Mantenimiento	60
7.0	ANALISIS ECONOMICO-SOCIAL Y FINANCIERO	
7.1	Aspectos Conceptuales	61
7.2	Análisis Económico de Alternativas	63
7.3	Análisis Económico-social	68
7.4	Análisis Económico de Alternativa Seleccionada	82
7.5	Impacto Socioeconómico	89
7.6	Análisis Financiero del Proyecto	91
7.7	Conclusiones y Recomendaciones	95
8.0	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
8.1	Introduccion	98
8.2	Aspectos Legales	100
8.3	Aspectos de Diagnóstico Ambiental	103

8.4	Descripción del Proyecto Propuesto	120
8.5	Identificación de Impactos Ambientales y Medidas de Mitigación de la Alternativa Propuesta	120
8.6	Vulnerabilidad del Sistema	126
8.7	Plan de Manejo Ambiental del Sistema de Impulsión y Tratamiento de Aguas Servidas	127
9.0	BIBLIOGRAFIA	130

ANEXOS

- Nº 1 Detalle de Presupuestos
- Nº 2 Análisis de Alternativas
- Nº 3 Desarrollo del Modelo para el Cálculo de la DA P
- Nº 4 Información de Análisis Económico y Financiero

PLANOS

PLANO N° 01 TRAZO DE CANAL ALTERNATIVA 2

PLANO N° 02 GEOLOGIA DE SUPERFICIE - TRAZO CANAL
ALTERNATIVA 2

PLANO N° 03 LINEA DE IMPULSION PLANTA Y PERFIL

PLANO N° 04 GEOLOGIA DE SUPERFICIE - PLANTA Y PERFIL

PLANO N° 05 PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL - COLECTOR SUR

PLANO N° 06 PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS

PLANO N° 07 CAMARA DE BOMBEO SECUNDARIA

1.0 INTRODUCCION

1.1 PRESENTACION

El Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca - **PELT**, como parte de sus objetivos y propósitos de desarrollo local y regional, viene realizando un conjunto de acciones orientadas a contribuir al saneamiento de la ciudad de Puno y a la descontaminación y desarrollo de la Bahía Interior.

El Proyecto tiene como objetivo propender hacia la recuperación del ecosistema del Lago Titicaca, dando preferencia en el aspecto sanitario a descontaminar la Bahía Interior de Puno, fomentando el bienestar social de la población y complementariamente generar empleo, resultante de la ejecución de programas de manejo y control de la contaminación y de obras de desarrollo económico, ecológico y turístico en las áreas circunlacustres de la Bahía.

Durante 1996 con el apoyo de la OEA y en coordinación con la Autoridad Autónoma del Sistema TDPS - ALT, el **PELT** llevó a efecto diversos estudios ⁽¹⁾ de impacto ambiental y alternativas integrales para el manejo de la microcuenca de Puno y la descontaminación del Lago, definiendo como prioritarias las siguientes áreas de acción (proyectos prioritarios) :

- Proyecto para Conducción, Tratamiento y Manejo Integral de las Aguas Servidas de la Ciudad de Puno.
- Proyecto para Protección de Manejo Ambiental en la Microcuenca
- Proyecto para el Control y Evacuación de Aguas Pluviales.
- Proyecto para Desarrollo Económico, Ecológico y Turístico de la Bahía Interior de Puno.
- Otras Acciones para Descontaminar y Preservar en buenas Condiciones Ambientales la Bahía.

En virtud del Contrato por Servicios de Consultoría, de fecha 07 de abril de 1967, el PELT encargó a la empresa Asesores Técnicos Asociados S.A. -

¹ La relación de estudios se incluye en la Bibliografía, al final de este documento.

ATA la realización del primero de los proyectos antes mencionados, y en virtud de sus alcances se presenta el Informe Final del “ Estudio de Factibilidad de la Conducción, Tratamiento y Manejo Integral de las Aguas Servidas de la Ciudad de Puno (Sistema Salcedo - Cancharani)”.

El presente documento está compuesto por los siguientes capítulos generales :

- Introducción, en el que se indica la ubicación del proyecto, sus objetivos y el enfoque del estudio.
- Reseña de estudios básicos de topografía, hidrología, geología, geotecnia, socioeconomía. En Anexo se incluye el detalle de cada uno de estos estudios.
- Proyecciones sobre el volumen de las aguas servidas, que será necesario considerar en los sistemas de evacuación.
- Planteamiento del esquema hidrosanitario, que considera la conducción, bombeo, tratamiento de las aguas residuales y el uso de las aguas tratadas en la agricultura.
- Esquema energético para el sistema de bombeo, incluyendo equipos de emergencia para disminuir los riesgos o vulnerabilidad del sistema por falta de energía.
- Costos y presupuestos de las distintas obras y equipos previstos como parte del proyecto.
- Análisis económico-social y financiero del proyecto.
- Estudio de impacto ambiental.

Conviene señalar que el presente estudio tiene íntima relación con el estudio de “Descontaminación de la Bahía Interior de Puno” que el PELT contrató con la Asociación ATA-D&MA, por lo cual el análisis económico y financiero debe ser entendido desde una óptica integral de descontaminación y desarrollo de la Bahía Interior de Puno.

1.2 OBJETIVOS

El proyecto en mención consiste en desarrollar, dentro del contexto del manejo integral, la alternativa de evacuación más adecuada mediante el bombeo de la totalidad de las aguas servidas. Los objetivos del proyecto en mención son los siguientes :

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

En el entendido que la disposición final de las aguas servidas de la ciudad de Puno en la Bahía no es la más adecuada, y que se vienen presentando problemas de eutroficación en el Lago Titicaca, afectando el ecosistema de la Bahía Interior, el PELT ha planteado los siguientes objetivos generales para el estudio:

- Eliminación definitiva de la evacuación de aguas servidas a la Bahía Interior de Puno.
- Tratamiento de las aguas servidas y su disposición final en lugares que no impliquen contaminación para la ciudad ni para el Lago.
- Incorporar aproximadamente 300 hectáreas de terreno a la actividad agropecuaria, mediante el riego con aguas tratadas (aprovechando los nutrientes de los efluentes del proceso).
- Recuperación y mejoramiento de las condiciones ambientales del ecosistema de la Bahía Interior de Puno.
- Restituir la calidad paisajista de la Bahía y su aprovechamiento ecoturístico, como consecuencia del mejoramiento sanitario de la misma.
- Fomentar el empleo y bienestar social de la población, como resultado inmediato de las acciones tomadas y del potencial turístico que se genere en la ciudad.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos del estudio contratado, cuyo desarrollo es materia del presente informe, están relacionados a los Términos de Referencia del Contrato, y son los siguientes :

- Plantear la alternativa más viable que permita evacuar las aguas servidas de toda la ciudad de Puno desde el punto más conveniente, de manera que se puedan captar también los desagües de las zonas de Salcedo, Aziruni o Jayllihuaya
- Evacuar, por bombeo, las aguas servidas de la población futura (con proyección de 25 años), a una zona que permita utilizar el efluente en actividades agrícolas. Lo cual comprende los siguientes diseños de factibilidad :
 - Diseño de la Cámara de Reunión.
 - Diseño de la Línea de Impulsión, desde la Cámara de Reunión hasta la Cámara de Descarga en la falda del Cerro Negro Peque.
 - Diseño de las Plantas de Bombeo. Las que resulten de las necesidades del proyecto, enmarcadas dentro de las posibilidades del mercado de equipos.
 - Diseño de la línea de conducción por gravedad, desde la Cámara de Descarga hasta la Planta de Tratamiento de Desagües.
 - Diseño de la Planta de Tratamiento hasta nivel secundario, que garantice la calidad para el reuso agrícola inmediato, en cultivos adecuados al grado de calidad del efluente.
- Estudio e identificación de un área potencial aproximada de 200 ha, ó más, para el desarrollo agrícola mediante riego con las aguas tratadas.
- Diseño del sistema de conducción por canales, para regar las áreas seleccionadas con los efluentes tratados.

1.3 ANTECEDENTES

Las aguas servidas de la ciudad de Puno, a partir del año 1972 son sometidas a un tratamiento biológico por medio de una Laguna de Oxidación primaria de 23 Ha de extensión, cuyo efluente es descargado en la Bahía Interior de Puno.

Los problemas derivados de su ubicación generaron diversos reclamos de la población, incluidas las autoridades del Cuartel Militar Manco Capac en el año 1976. Luego, en el período de lluvias de los años 1985-1986 la laguna fue inundada por la creciente del Lago Titicaca y debido a ello tuvo que ser inhabilitada, teniendo que descargar los desagües crudos en la Bahía Interior, con la consiguiente contaminación.

Para entonces la Bahía ya sufría un proceso de eutroficación (muerte de algas ocasionada por el crecimiento acelerado de varios tipos de algas), el cual se agravó con el aumento de residuos nitrogenados y fosforados del desagüe crudo, así como por el incremento de la presencia de detergentes, cuyos fosfatos son alimento para las algas. Este fenómeno ha sido observado en varios estudios y han sido confirmados por el PELT a través del Estudio "Las Aguas Residuales y los Problemas Ambientales en la Ciudad de Puno", realizado en 1995.

En el mismo año de 1995, EMSAPUNO construyó un dique divisorio dentro de la Laguna con el fin de resolver el problema, habilitando dos lagunas, una para tratamiento primario y otra para el tratamiento secundario. Sin embargo, el problema de eutroficación persiste.

Como comentario adicional, amerita indicar que diversos estudios, uno de los cuales es el del Río San Joaquín en la ciudad de Stockton, Missouri (EE.UU.) revelan que mientras exista la descarga del efluente de una laguna de oxidación en un cuerpo de agua dulce habrá un conflicto en el crecimiento de más de un tipo de algas.

1.4 UBICACION DEL PROYECTO

La zona del estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Puno, distrito, provincia y departamento del mismo nombre. Geográficamente se sitúa a 15°51'11" de Latitud Sur y a 70°02'08" de Longitud Oeste, a una altura de 3 812 m.s.n.m. La ciudad se desarrolla a lo largo del Lago Titicaca, en la Bahía de Puno, sobre un terreno accidentado, con zonas bajas, y rodeado de cerros y quebradas. Sus cotas van de los 3,810 a 4,050 m.s.n.m.

El ámbito está definido por toda la ciudad de Puno, pero en especial por la zona donde se desarrollan los principales colectores. Cubre las faldas del Cerro Cancharani y las áreas disponibles para el tratamiento y la disposición final, en la otras cuencas generadas por los Cerros Negro Peque, Cancharani y Quiviani.

En el plano adjunto se observa la ubicación del Proyecto en estudio.

1.5 CLIMA

La clasificación climática que corresponde al área de estudio según la metodología de Thornthwaite es: semilluvioso y frío, con otoño, invierno y primavera secos. La fuente de información con la que se ha trabajado, corresponde al PELT, cuyos datos provienen del SENAMHI, con período de registro 1964-1996, en las estaciones meteorológicas Puno y Granja Salcedo.

La temperatura media anual en Puno es de 8.5°C y las medias mensuales fluctúan entre 6 y 10°C. Las temperaturas muestran una marcada oscilación a lo largo del día, hasta 20°C en verano y 25°C en invierno, con mínimas que llegan a -7°C.

La ocurrencia de heladas casi diarias es un fenómeno normal en los meses de invierno, durante la noche y, sobre todo en la madrugada.

La precipitación media en Puno es de 717 mm/año. Alrededor del 75% de dicha precipitación se concentra en los meses de Diciembre a Marzo. Cabe mencionar que parte de la precipitación se presenta en forma de nieve y granizo.

Las direcciones predominantes de los vientos en Puno son la de Este y Sureste; y sus velocidades son en general bajas, inferiores a 5 m/s, inclusive calmos. Sin embargo, en las tardes pueden duplicarse causando malestar en la población por el arrastre de polvo, ya que existen muchas vías públicas que no tienen pavimentación, y además por los papeles arrojados a las calles.

La radiación solar global media anual, medida en la estación de Puno, es de 462 calorías/cm²/día, con fluctuaciones medias mensuales entre 390 (mayo) y 599 (noviembre) calorías/cm²/día.

La radiación solar en Puno es relativamente alta, debido a dos factores fundamentales. Uno, es la ubicación a 3,810 m.s.n.m. y la otra, es por estar

dentro de la trayectoria del sol, alcanzando sus máximos valores en los meses de agosto a octubre .

La insolación media anual oscila entre 6,0 (enero) y 9,6 (julio) horas de sol, con fluctuaciones mensuales. En los meses de verano la insolación es menor debido a la presencia de nubes, por corresponder a la estación de lluvias.

1.6 ENFOQUE DEL ESTUDIO

1.6.1 OBJETIVOS Y PROPOSITOS DE DESARROLLO

Como hemos mencionado anteriormente, el **PELT**, como parte de sus objetivos y de los propósitos de desarrollo local y regional, viene realizando un conjunto de acciones orientadas a contribuir al saneamiento de la ciudad de Puno y a la descontaminación y desarrollo de la Bahía Interior.

El presente Estudio tiene como objetivo propender hacia la recuperación del ecosistema del Lago Titicaca, dando preferencia a descontaminar la Bahía Interior de Puno.

El enfoque conceptual del proyecto integral para la descontaminación y desarrollo de la Bahía Interior de Puno puede apreciarse de manera gráfica en la Figura N° i-1 y en la Tabla N°1.1 que se adjuntan a continuación.

1.6.2 ALCANCES

El presente estudio considera el planteamiento de las tuberías troncales necesarias para coleccionar las aguas servidas de los distintos sectores de la ciudad de Puno, en una cámara de reunión y luego, mediante un sistema de cámaras y equipos de bombeo impulsarlas a un punto tal que permita su conducción a una planta de tratamiento fuera de la microcuenca. El agua tratada será usada en la siembra de pastos y forestales en una superficie aproximada de 200 a 250 hectáreas en una primera etapa, llegando a duplicarse hacia el final del período de diseño. Este Proyecto descarta las lagunas de tratamiento ubicadas en Espinar y no considera ninguna descarga de los efluentes hacia el Lago. Con ello, no sólo se hace posible evitar la contaminación del Lago sino que se permite

darle otro uso a las áreas inundables de la Bahía, con planteamientos de desarrollo económico, ecológico y turístico.

El desarrollo económico y ecoturístico de la Bahía Interior se sustenta en la construcción del proyecto propuesto en el presente estudio, para el adecuado tratamiento de las aguas servidas, y en la construcción de obras complementarias propuestas en otros estudios, para controlar las aguas pluviales, evitando que se constituyan en otra fuente de contaminación del Lago.

Con este planteamiento, no sólo se evita la contaminación del Lago sino que se desarrolla un gran eje turístico que tanta falta hace en Puno, que es parte del circuito turístico Arequipa-Cusco-Puno-La Paz y que además es considerada como la Capital del Folklore Nacional.

Los impactos del presente estudio, como parte del gran Proyecto Integral pueden resumirse en lo siguiente : [

- Mejores condiciones de saneamiento en la ciudad y mejor calidad de vida para los puneños.
- Reuso de aguas tratadas en otras actividades económicas, sin contaminar el Lago.
- Preservación del medio ambiente para beneficio de ésta y de las futuras generaciones. Y como consecuencia :
- Mayores ingresos por el desarrollo turístico de la ciudad de Puno, con la consiguiente generación de empleo.

El Estudio contempla como horizonte de proyección el año 2025 y presupone el mejoramiento de la fuente de agua (mayor capacidad) y una mayor cobertura de los servicios de agua y desagüe, con disminución de las pérdidas de agua potable, ya sea que éstas provengan de fugas en la red y conexiones, o de la mala micromedición

Las coberturas en los servicios de agua y desagüe alcanzarían al final del período de diseño el 80%, y las pérdidas bajarían del actual 57% a un futuro 35%, basado en un mejor mantenimiento de las redes y conexiones domiciliarias de agua.

1.6.3 EL PROYECTO EN RELACION A LA BAHIA

El Proyecto abarca la microcuenca de Puno, incluyendo la ciudad de Puno y la Bahía Interior del Lago Titicaca, dentro de la provincia de Puno y departamento del mismo nombre.

La ciudad de Puno, presenta el lugar más crítico de contaminación, debido al vertimiento de aguas servidas crudas de nueve colectores, que representan aproximadamente el 40% del total de aguas servidas, que en promedio están entre 9 000 y 12 000 m³ por día. Por otro lado el inadecuado manejo de residuos sólidos (basuras que son vertidas a los canales por donde discurren las aguas pluviales y que llegan hasta la Bahía), y el hecho de que sólo el 54% de la población puneña (aproximadamente 9,000 familias), utiliza el sistema de alcantarillado para verter sus desechos, aumenta el peligro de contaminación en la Bahía por las descargas domésticas en los desagües pluviales.

1.6.4 DECISIONES INSTITUCIONALES RESPECTO AL PROYECTO

El enfoque del Proyecto responde en primera instancia a los objetivos de desarrollo en esta importante región del país, y de la ciudad de Puno, en particular, los cuales se traducen en los propósitos del Gobierno y que se llevan a la práctica a través de las instituciones públicas en el departamento de Puno. Este es el caso del **PELT** del INADE.

El **PELT**, ha recibido el encargo del Gobierno de realizar las diferentes acciones orientadas al desarrollo y manejo integral de la Cuenca del Lago Titicaca, dentro del marco previsto para el tratamiento binacional del Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salar de Coipasa, denominado **Sistema TDPS**, que forma parte de los acuerdos suscritos entre Perú y Bolivia. Una de las acciones principales se refiere a la descontaminación y desarrollo de la Bahía de Puno.

Por su parte la Autoridad Binacional Autónoma de la Cuenca del Sistema TDPS - **ALT**, está llevando adelante los diversos acuerdos suscritos entre los Gobiernos de Perú y Bolivia para el manejo y desarrollo del Sistema TDPS y las propuestas incluidas con tal fin en el Plan Director Binacional .

Entre 1991 y 1993, con la cooperación de la Comunidad Europea, se preparó el "Plan Director Global Binacional de Protección-Prevención de Inundaciones y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar de Coipasa (Sistema TDPS)", en el que se incluye el Diagnóstico Ambiental del Lago Titicaca.

El Lago Titicaca, con un espejo de 8400 km² y una cuenca de 56 300 km² representa el principal componente del Sistema TDPS. El estudio mencionado

indica los problemas generados en las áreas inundables circunlacustres y la contaminación de la Bahía Interior de Puno (eutroficación), así como la concentración humana y la excesiva parcelación en las áreas circunlacustres, en las cuales se “requiere de un conjunto de medidas de regulación y de protección local”. Señala también, que los ejes del programa de desarrollo deben considerar, entre otros, “contrarrestar la degradación ambiental, el uso del drenaje, el uso de técnicas conservacionistas, aprovechar el potencial de la pesca lacustre y recuperar el potencial íctico”.

“El Sistema TDPS sufre un proceso de degradación ambiental por una serie de factores. En el Lago Titicaca, hay reducción de la vegetación acuática, disminución de peces nativos y contaminación biológica de la Bahía de Puno”. Por estas consideraciones, el Plan Director incluye una serie de obras y medidas para la protección ambiental y descontaminación de las aguas del Titicaca, con el monitoreo de la calidad de las aguas y la biomasa del Lago.

1.6.5 SITUACION DEL SISTEMA DE DESAGUE Y DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS SERVIDAS

En la actualidad las aguas servidas de la ciudad de Puno, son descargadas en lagunas de estabilización que ocupan un área aproximada de 23 ha. Estas lagunas se encuentran situadas en las cercanías de la Isla Espinar en la zona Sur-Este de la ciudad de Puno y sus efluentes son dispuestos, a través de un sistema de emisores, en el extremo Sur de la Bahía dando lugar a un proceso de eutroficación en las aguas del Lago Titicaca. Esto, a su vez, origina la proliferación y desarrollo de una alga macroscópica denominada “Lemna” que, a manera de un manto verde, se extiende por acción del viento en toda el área de la Bahía, causando molestias sobre todo en la navegación de lanchas de poco calado.

Si bien la *Lemna sp*, denominada Lenteja de Agua, es un excelente alimento para el ganado, su uso en este sentido tiene restricciones por cuanto no puede ser consumido directamente por el ganado y su recolección resulta muy dificultosa por el continuo desplazamiento debido a los vientos, concentrándose principalmente en la zona portuaria y en la zona aledaña a la Isla Esteves.

Se debe indicar igualmente, que al lago llegan nueve descargas de desagües crudos que contienen residuos de detergentes, cuyos fosfatos contribuyen indirectamente a aumentar la eutroficación. Por esta razón, una medida inmediata debe estar orientada a centralizar todas estas descargas en una cámara de reunión y, considerando que están en un nivel bajo, bombearlas a

las redes colectoras más cercanas, lo cual que será materia del proyecto definitivo.

En las lagunas de estabilización es posible apreciar la división realizada en el año 1978 en la Laguna Primaria (diseño original) que se dividió en Primaria y Secundaria para minimizar los malos olores que, por acción de los vientos dominantes, llegaban al sector Sur de la ciudad justamente donde se encuentra el Cuartel de la Comandancia General del Ejército en las Avenidas. Bolívar y el Sol. Con la nueva división, donde la Laguna Primaria esta cerca a la zona antes mencionada y la Secundaria apoyada en la Isla Espinar, se ha logrado disminuir los malos olores, aunque el tratamiento biológico no es del todo perfecto por cuanto la reducción de la DBO no alcanza al porcentaje esperado ($\pm 50\%$) y la reducción bacteriana no llega a la tercera potencia (10^3) de Colifecales, según la información de calidad de agua disponible en el PELT y EMSAPUNO.

En cuanto se refiere al sistema de desagüe, la actual cámara de bombeo presenta problemas estructurales y falta de capacidad, por lo que se ha descartado su uso dentro del nuevo esquema.

Para el área de expansión urbana en el sector Sur-Este se viene construyendo una nueva Cámara de Reunión, la misma que se encuentra en la fase final de montaje de los equipos de bombeo e instalación del sistema eléctrico (alternadores y alimentación de la red pública). Está ubicada en la Urbanización Salcedo, al Sur de la ciudad de Puno y sus desagües serán impulsados por bombas hasta un colector primario ubicado a lo largo de la Avda. Bolívar, el cual descarga al Emisor que los conduce por gravedad a las Lagunas de Estabilización de la Isla Espinar.

Esta última parte tendrá que ser modificada para que los desagües, tanto de los sectores de Salcedo como Aziruni, descarguen a la nueva Cámara de Reunión de Cañete y se integren, por lo tanto, al esquema de disposición final que se plantea en el presente Estudio. Ver en el Anexo el plano de este esquema que hemos denominado Colector Sur .

1.6.6 EL CONCEPTO DE CALIDAD AMBIENTAL EN LA BAHIA

La calidad ambiental (cuerpos de aguas limpias) es esencialmente un bien público, donde su mejora trae beneficios a toda la comunidad. En vista que la calidad ambiental no es un bien transable en el mercado, cualquier precio y cantidad de equilibrio de mercado que se asuman para una evaluación, no son representativos de la eficiencia económica desde una perspectiva social, siendo

la razón principal la existencia de externalidades (efectos positivos o negativos que afectan la actividad económica, pero que no dependen del proceso de producción) que no son controladas por las empresas. Al enfrentar los beneficios externos de los bienes públicos y los recursos de propiedad común, no se puede depender de los mercados para suministrar niveles eficientes de calidad ambiental. Hay que implementar políticas públicas ambientales para rectificar estas fallas de mercados.

En la actualidad, en la Bahía de Puno se presenta un problema de externalidad, ocasionado por la creciente contaminación de la Bahía derivada especialmente por los vertimientos de las aguas servidas originada por las actividades económicas y formas de vida inherentes al comportamiento de los habitantes de la ciudad. En la situación actual, las familias no están de acuerdo con la disposición de las aguas servidas y sus inconveniencias asociadas con las inundaciones en épocas de lluvias y peligros sobre la salud principalmente para la población infantil. Por otro lado, el tener la Bahía contaminada afecta negativamente el bienestar de los habitantes de la ciudad ocasionando olores fétidos, haciendo de las orillas un lugar no adecuado para la recreación y diversión, presentando una mala imagen de la ciudad y afectando las diversas actividades económicas, principalmente el turismo.

La economía ambiental tiene que desempeñar un papel importante en el diseño de políticas públicas para el mejoramiento de la calidad ambiental, existiendo un enorme rango de variedades de programas y políticas de carácter público dedicado a los asuntos ambientales en todos los niveles de gobierno: locales, estatales, regionales, federales e internacionales. Estos difieren enormemente en su eficiencia y efectividad, algunos han sido apropiadamente diseñados y no se duda de sus impactos benéficos, en tanto que otros no han sido adecuadamente diseñados. Al no lograr costos eficientes (bajo costo económico y mayor bienestar), acaban por ocasionar gastos enormes de dinero en los presupuestos de los gobiernos sin cumplir sus objetivos.

Dado las consideraciones arriba mencionadas, se plantean las siguientes interrogantes como problemas a resolver: ¿ Es posible la implementación de un proyecto integral de Descontaminación para frenar la creciente contaminación de la Bahía?, y si es posible, ¿Cuál es la mejor alternativa ?, ¿Cuál es la disponibilidad a pagar mensualmente por familia por la implementación del proyecto que permita un cambio en la calidad ambiental de la Bahía ?. Dar respuestas a éstas interrogantes es el objetivo fundamental del presente estudio.

1.6.7 CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA

La población representa una de las variables fundamentales en la implementación de políticas públicas y proyectos ambientales, más que nada en los problemas derivados de la contaminación por el vertimiento de aguas servidas. Muchos proyectos sociales, como es el caso de la descontaminación, pueden fracasar si no se tiene la participación de la población, dado que estos problemas son ocasionados por el comportamiento de las familias.

Los problemas ambientales generados por los vertimientos de aguas servidas, requieren de una política pública adecuada, ya que los costos son muy elevados y que estos proyectos deben ser duraderos en el largo plazo, siendo en muchos casos difícil la estimación de los beneficios o daños derivados de estos proyectos, porque generalmente la calidad ambiental es un bien público que no tiene un mercado.

En este sentido se enfoca el análisis de los componentes principales de la población de la ciudad de Puno.

1.6.8 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONTAMINACION DE LA BAHIA

Diversos estudios realizados en el ámbito de la cuenca, en la ciudad de Puno y, específicamente, en la Bahía Interior, advierten sobre los altos niveles de contaminación en la Bahía Interior, los cuales se explican por los siguientes factores principales :

- Deficiencias en el sistema de evacuación de agua pluviales, muchos de los cuales sirven como colectores de aguas servidas y de basura.
- Deficiencias en los sistemas de conducción y tratamiento de aguas servidas, derivados de la mala operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado. Agravadas por el déficit de conexiones y colectores y el vertimiento de las aguas tratadas directamente al Lago, generando el proceso de eutroficación.
- Problemas derivados de las inundaciones periódicas a la Bahía.
- Escasa participación de los pobladores en los problemas que ocasionan la contaminación ambiental, aún cuando ellos reconocen la importancia de no contaminar el Lago.
- Falta de un plan integral para el manejo y conservación de la Bahía, aún cuando no han faltado ofrecimientos al respecto.

2.0 RESEÑA DE ESTUDIOS BASICOS

2.1 TOPOGRAFIA DEL TRAZO DE LA LINEA DE IMPULSION

El levantamiento topográfico se ha realizado a escala 1/2000 con intervalo de curvas cada 1m, con el mayor detalle posible, los planos digitalizados en Auto-Cad se han dibujado en papel a color.

Las coordenadas utilizadas son las UTM y el nivel de referencia el nivel medio del mar.

Para el control vertical se utilizo como punto de partida el BM de primer orden establecido por el IGN, denominado CF-1, de la línea de nivelación Juliaca-Desaguadero y ubicado en la Unidad Escolar San Carlos de Puno.

Se ha realizado el levantamiento del trazo de la línea de impulsión (1 520m) como del canal de conducción (5 471m) desde la cámara de llegada hasta el sitio elegido para el tratamiento de las aguas servidas ; la escala de los levantamientos 1/1 000 con curvas de nivel cada metro.

También se ha efectuado el levantamiento topográfico de una superficie de 2 ha donde se diseñarán las lagunas de estabilización para el tratamiento de los desagües en el abra de los cerros Negro Peque y Cancharani, tomando como puntos de referencia el PI-18, el A y el B, que tienen las siguientes coordenadas :

Nº	COORDENADAS		COTA
	ESTE	NORTE	
PI - 18	390 234,037	8 245 257,631	4 086,484
A	390 251,236	8 245 194,929	4 076,778
B	390 305,987	8 245 145,666	4 074,650

2.2 GEOLOGIA Y GEOTECNIA

2.2.1 GENERALIDADES

Dentro del contexto integral del Proyecto, la planta de bombeo, línea de impulsión (tubería y canal de conducción) y planta de tratamiento, se ubican dentro de la microcuenca de Puno.

Geológicamente, la zona de estudio se encuentra en la unidad típica denominada Altiplano, que se desarrolla sobre los 3,810m snm; interrumpido por la fase tectónica que ocupa el Lago Titicaca y las cumbres que flanquean la microcuenca y meseta que se elevan hasta los 4,350m s.n.m, caso de los cerros Cancharani y Negropeque.

El objetivo de las investigaciones ingeniero-geológicas, está orientado a determinar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo con fines de proyectar obras del sistema de impulsión y evacuación de las aguas servidas; así como efectuar la evaluación de los procesos geodinámicos susceptibles de ocurrir dentro del ámbito del Estudio.

Dentro del estudio geológico y geotécnico y sobre la base de los resultados de las investigaciones efectuadas se ha evaluado la aptitud del subsuelo de cimentación en los sitios donde se proyectan cimentar las obras, formulando las recomendaciones pertinentes para la utilización de los bancos de materiales más adecuados.

2.2.2 ASPECTOS DE GEOLOGIA REGIONAL

El área de estudio está ubicada aproximadamente en el eje central de la fosa tectónica del Titicaca, entre las cordilleras Oriental y Occidental, en este marco la microcuenca de Puno se encuentra al borde Nor Oriental de la zona de actividad volcánica desarrollada en la parte central del altiplano, siendo la actual situación tectónica y volcánica de un período de calma, por lo que el área mantiene una relativa estabilidad.

Dentro del contexto geomorfológico a nivel regional, el área se localiza en la sub-unidad identificada como "Depresión Central del Lago Titicaca" que forma parte de la unidad geomorfológica regional denominada "Altiplano".

El sistema lacustre actual del Altiplano es el resultado de la evolución de un sistema más antiguo que comienza desde el Pleistoceno Inferior con la transición al final del Plioceno. Constituye una actividad neotectónica que se extiende en dirección NO - SE que caracteriza todo el Cuaternario. Es en el Pleistoceno inferior que se crea la fosa tectónica que va a ser ocupada por el Lago Titicaca actual.

El relieve del terreno se encuentra disectada por quebradas de pendiente pronunciada y cauces angostos que drenan sus aguas al Lago Titicaca ; en general las quebradas siguen un alineamiento rectilíneo, posiblemente influenciado por un control estructural (fracturas y diaclasas).

En el área del Proyecto de la microcuenca Puno se han reconocido rocas cuyo rango en edad van desde el Mesozoico hasta el reciente. Su distribución está controlada por la depresión altiplánica entre la Cordillera Occidental Volcánica al Oeste de Puno y la Oriental metamórfica - sedimentaria, al Este bordeando la orilla circunlacustre donde se ha emplazado el Lago Titicaca.

Las Formaciones geológicas sedimentarias que afloran en toda su extensión en la microcuenca y sobre la cual se asientan las zonas de expansión urbana de la ciudad de Puno, corresponden las siguientes unidades litoestratigráficas: Formación Muni, Formación Ayavacas, Formación Angostura, Formación Muñani y grupo Puno.

En el área de estudio se reconocen tres fases importantes de vulcanismo, identificándose por consiguiente, tres unidades ígneas, que son la Formación Granodiorítica, el Grupo Tacaza y el Grupo Sillapaca.

Del mismo modo se identifican dos sistemas de Unidades Cuaternarias recientes cuyo origen y formación difiere entre ambos en tiempo y ubicación, reconociéndose cinco unidades lacustres y una fluvio aluvial; que se han formado desde la última glaciación y que continúan formándose actualmente, otras en cambio, están siendo erosionadas.

Cabe destacar que las formaciones fluvio aluviales recientes evolucionaron en condiciones climáticas más lluviosas respecto a las condiciones actuales de precipitación, por lo que tiene una amplitud mayor; casos concretos de los fondos rellenados en los valles de Jayllihuaya y Salcedo.

2.2.3 ASPECTOS DE GEOLOGIA LOCAL

El área de estudio se localiza al sur de la Ciudad de Puno, entre los sectores de Espinar y Santuario. Geológicamente se encuentra en la Unidad denominada como Altiplano, que se desarrolla sobre los 3 800m s.n.m y se halla interrumpida por la fosa tectónica que ocupa el Lago Titicaca y las cumbres que flanquean la Microcuenca de Puno (Cerros de Cancharani y Negro Peque), que se elevan hasta los 4 350m s.n.m.

A nivel local, la evolución geomorfológica del área está relacionada con las siguientes sub-unidades geomorfológicas:

- Llanura lacustre del Titicaca
- Laderas de cerros
- Cauces de quebradas
- Terrazas y acumulaciones aluviales de quebradas
- Conos de los depósitos coluviales

Sub-unidades que están limitadas por escarpas o discontinuidades bien definidas; el relieve del terreno está relacionado con los afloramientos rocosos y se observan gradientes variables entre 20° a 45° .

En cuanto a la litología y estratigrafía, se han reconocido rocas cuyo rango en edad van desde el Mesozoico hasta el reciente; la distribución está controlada por la Depresión Altiplánica entre la Cordillera Occidental Volcánica y la Oriental (Metamórfico - sedimentaria), donde se ha emplazado el Lago Titicaca. Los mayores afloramientos corresponden a rocas sedimentarias (areniscas y conglomerados) y volcánicas (andesitas y dacitas).

No se han detectado estructuras geológicas de importancia, como fallas activas que puedan afectar la seguridad de las obras proyectadas; las más importantes corresponden a fracturas que coinciden con el alineamiento de cárcavas y pequeñas quebradas, que disectan en relieve.

En relación con procesos geodinámicos, los principales y que vienen ocurriendo se tienen:

- Procesos de Inundación, que afecta a la parte baja de la llanura lagunar, está influenciado por los cambios de nivel de las aguas del Lago Titicaca.
- Desprendimientos Rocosos que se originan en las partes altas y próximas a los afloramientos rocosos; los de mayor longitud se originan de los conglomerados del Grupo Puno y en las laderas empinadas.

En los sectores con afloramientos de volcánicos predominan laderas suaves, con suelos superficiales medios a profundos, así como afloramientos líticos; por lo que no es notoria su distribución.

- Factores tectónicos, desarrollados antes de la efusión volcánica y de la última glaciación, habiéndose formado la fosa tectónica del lago con fallamientos en bloques y movimientos epirogenéticos en la microcuenca de Puno. Actualmente presenta una calma tectónica por lo que las estructuras existentes son controladores pasivos en los procesos actuales.
- Factores volcánicos. El modelado actual de la microcuenca se debe también a la efusión volcánica circunlacustre, que han formado conos y planicies lávicas. Actualmente también existe calma volcánica al igual que la tectónica.
- Factores Antrópicos, por el desarrollo de la infraestructura urbana, carreteras y diversas construcciones, que están contribuyendo a las modificaciones del modelado natural, acelerando y/o reteniendo los procesos de desgaste.

2.2.4 CONDICIONES GEOTECNICAS

A lo largo del trazo de la línea de impulsión se presentan básicamente dos condiciones: 1) Zonas donde afloran rocas de tipo sedimentarias y/o volcánicas que no representan ningún problema desde el punto de vista de cimentación para las estructuras, salvo aquellas donde los diaclasamientos o fracturas significan un riesgo potencial de estabilidad por desprendimiento de bloques y 2) depósitos conformados por suelos coluviales, mezcla de arenas, arcillas y limos con fragmentos de rocas de origen volcánico y sedimentario.

Se ha establecido como capacidad admisible de carga para el caso de las arenas limosas 2 kg/cm^2 y tratándose de los suelos arenosos con predominio de gravas mal gradadas, 3 kg/cm^2 .

En el sector de la bahía donde se tiene un predominio de suelos cohesivos conformado por arcillas y limos orgánicos donde la resistencia a los esfuerzos cortantes es prácticamente nula asignándose una capacidad portante entre $0,5 \text{ kg/cm}^2$ a nada.

Para la construcción de las obras habrá necesidad de practicar cortes temporales en el terreno natural para posibilitar su ejecución.

De la evaluación de campo, se estima que la estabilidad de los taludes naturales en las zonas con desarrollo en roca, está garantizada, las rocas presentan un aceptable grado de sostenimiento aún en las zona meteorizadas y fracturadas; los buzamientos y orientación de los estratos se muestran favorables y son garantía de estabilidad; no se prevén desplomes o derrumbes de gran rango que afecten la seguridad de las obras.

2.2.5 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Se refieren básicamente a los materiales para la fabricación de concretos. El área de préstamo investigada se puede considerar como puntual y está enmarcada dentro la Microcuenca de Puno.

Se han verificado áreas para explotación de agregados (Finos y gruesos) en la zona de Cutimbo. Las áreas prospectadas, corresponden a depósitos aluviales de textura granular media a gruesa, dichos materiales de acuerdo con los resultados de laboratorio obtenidos, si bien poseen una buena gradación, tienen pesos específicos bajos tanto las arenas como las gravas.

2.3 ESTUDIO SOCIOECONOMICO DE LA CIUDAD DE PUNO

2.3.1 GENERALIDADES

El objetivo fundamental de esta parte del estudio es la formulación de alternativas para la implementación de un proyecto integral para frenar la creciente contaminación de la Bahía interior de Puno derivada especialmente por los vertimientos de las aguas servidas, producto de las actividades económicas y formas de vida inherentes al comportamiento de los habitantes de la ciudad.

2.3.2 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

El Departamento de Puno tiene una superficie territorial de 71 999 km² que representa el 5,6% del territorio nacional. Según el IX Censo de Población y IV de Vivienda de 1993, presenta una población total de 1'103,689 habitantes

(4,9% de la población nacional). Puno es el quinto departamento más poblado, después de Lima, Piura, Cajamarca y La Libertad. La población urbana conforma el 39,2% de la población departamental, mientras que la población empadronada en los centros poblados rurales significa el 60,8% de la población censada.

El departamento de Puno está conformado por 13 provincias. Su capital es la ciudad de Puno, ubicada en la provincia del mismo nombre. La provincia de Puno presenta, según Censo de 1993, una población de 201 205 habitantes y cuenta con una superficie de 6 492,60 kms². El distrito de Puno, según la información del indicado Censo tiene 100 168 habitantes, entre población urbana y rural.

La ciudad de Puno situada a 3810 m.s.n.m., concentra 91 877 habitantes. Esta población, concentrada en 29 944 viviendas, ocupa el 30% (5,7 Km².) del espacio físico del entorno de la ciudad, el cual es de 19,14Km².

La densidad territorial del área que ocupa el distrito de Puno, alcanza el coeficiente de 52 hab/ha', mientras que en la ciudad de Puno la densidad aumenta a 161 hab/ha , indicador que muestra un cierto grado de hacinamiento urbano.

En cuanto a la dinámica de la población asentada en la ciudad de Puno, en los últimos años ha experimentado un crecimiento constante, debido en gran parte a los flujos migratorios del exterior a la ciudad.

Por otro lado, la dinámica de las migraciones internas en el departamento de Puno, por los sucesos coyunturales de tipo natural, motivan el desplazamiento mayor de población hacia la ciudad de Puno.

La característica de Puno, de ser una ciudad político-administrativa, eminentemente comercial, genera circuitos y procesos de interrelación social de su población con la población regional externa; lo que motiva la incidencia de patrones culturales exógenos al interior de las familias, creándose en consecuencia hábitos de uso y consumo que están terminando por contaminar Bahía de Puno, y por alterar el orden social de la seguridad ciudadana.

Históricamente, el crecimiento vegetativo de la población de Puno, ha sido uno de los más altos del país, compatible con el proceso de crecimiento demográfico de toda la sierra sur.

En el período de 1961 a 1972, la tasa de crecimiento poblacional alcanzó el 4.6%, posteriormente entre 1972 a 1981, se elevó a 5.8%, descendiendo en

1993 a 2.6%.

La tendencia del crecimiento demográfico para los próximos años, proyecta un moderado incremento debido a los procesos cíclicos productivos recesivos que soporta el área.

La población de la ciudad de Puno, de acuerdo a la tasa de crecimiento censal de 2,6%, tendrá un crecimiento moderado para los próximos 4 años, sin considerar el probable incremento que obtenga el sector turismo. Así para el año 2000 se tendrá una población cercana a los 110 000 habitantes.

La población flotante estimada en 16 000 habitantes considera la proveniente de la migración temporal y, la del turismo receptivo nacional con pernoctación estacional.

De este volumen, la proveniente de la migración, gravita sobre los indicadores de soportabilidad poblacional, incidiendo en la saturación de los servicios sociales, trasladando además los problemas que ha estado padeciendo, hacia la nueva residencia.

Según datos del MITINCI, durante 1995 ingresaron a Puno 63 752 turistas (57% nacionales y 43% extranjeros); lo que da un movimiento mensual 3,028 nacionales y 2,284 extranjeros. Esta movilización, si bien trae ingresos económicos para un sector de la población, por otro lado significa presión sobre los bienes y servicios.

2.3.3 SERVICIOS SOCIALES

En el distrito de Puno el tipo de abastecimiento de agua predominante es el de red pública dentro de la vivienda (11 591 conexiones), seguido por el abastecimiento a través de pozo (4 458 viviendas). De otro lado, el tipo de vivienda más afectado por la carencia de red pública dentro o fuera de ella es la choza o cabaña (ausencia total). Esta se abastece de agua de río, acequia o manantial (266 viviendas) o de pozo (101 viviendas) u otro no especificado (74 viviendas).

A nivel distrital, son 4 458 viviendas que se abastecen de agua de pozo, lo que plantea un déficit del servicio y, sobre todo un indicador de necesidad básica insatisfecha.

Los servicios de agua potable en la ciudad de Puno, alcanzan a satisfacer

la demanda de 50 860 pobladores (62%), lo que da un margen deficitario de 41021 (38%) sin servicio. Además 3 100 pobladores se proveen de piletas, 11900 de manantiales y 3 000 de pozos; estos últimos consumen agua no tratada.

Los servicios de alcantarillado, atienden la demanda de 38 272 pobladores, con un déficit de 35 233 habitantes por atender.

Por otro lado la demanda total de agua para consumo humano alcanzó el total de 19 343 metros cúbicos/día. Este consumo total incluye también a los establecimientos en general. Frente a la producción diaria de agua, que actualmente es de 11 939 metros cúbicos/día, se tiene un déficit de 7 404 metros cúbicos.

Esta realidad deficitaria, confronta otro hecho negativo, tal es la situación de una mala administración de EMSA-Puno en el control y abastecimiento del agua, sumándose a ello la escasa capacidad de autofinanciación de la citada empresa, y el hecho de que la fuente principal del abastecimiento de agua es el Lago Titicaca, el que por su altitud genera costos elevados y además que el alto nivel de contaminación de sus aguas encarece el servicio.

En la ciudad de Puno, los servicios de recolección y erradicación de desechos sólidos son deficientes sobre todo en los barrios periféricos de las partes altas.

La ciudad de Puno produce 55,6 tm/día de basura, la mayor cantidad es producida por la población con el 60%, le siguen los establecimientos comerciales y de servicios con el 36% y los mercados con el 4%.

El recojo de basura se realiza una vez por semana en cada sector de la ciudad y cada 15 días en puntos críticos; quedando un déficit de recojo de 31,2 tm/día (56%).

La ciudad de Puno, es atendida con 18,3 Mw generados por la hidroeléctrica Macchu Picchu, y por 10 Mw generado por la central térmica de Puno. Esta capacidad energética, permite atender solamente al 63% de las conexiones domiciliarias (14 792), ya que la demanda total asciende a 23 502 conexiones. La demanda energética se estima en 23 890 kw, de la cual se atiende 8 431 Kw, por lo que existe un déficit de 15 659 kw.

Electro Sur - Este S.A., tiene planeado la construcción de otro centro de distribución en Charcani. Con la construcción del Proyecto San Gabán se espera una mayor disponibilidad de energía en todo el departamento de Puno y

disminución de las tarifas que pagan los usuarios de la energía eléctrica.

2.3.4 ASPECTOS ECONOMICOS Y CALIDAD DE VIDA

Según el estudio de “Estratificación Socioeconómica de Hogares en la Ciudad de Puno”, efectuado en 1995 por INADUR, predomina la población con bajos ingresos, siendo los niveles de ingreso familiar los siguientes :

ESTRATO	Nº de Hogares	%	Ingreso Medio (Nuevos Soles)
Alto	484	2	2 228
Medio	7 495	31	958
Bajo	16 200	67	226
TOTAL	24 179	100	---

Ingreso Mínimo Legal S/. 135,00 por mes.

Fuente : Plan Director Ciudad de Puno - INADUR.

La calidad de vida en Puno está determinada por el mayor o menor acceso al control de la producción, siendo esta situación el reflejo de la estructura socioeconómica vigente en el ámbito del distrito, la polarización entre quienes son propietarios de los medios de producción y los que no poseen recursos, relega a estos últimos a una economía de subsistencia.

Aproximadamente el 3,5% de la población urbana de Puno, localizados en el sector comercio y agropecuario, controlan el mayor volumen de las transacciones económicas. En promedio, estos grupos de altos ingresos obtienen ganancias mensuales que superan los 22 Ingresos Mínimos Legales.

Esta desigual distribución de los ingresos económicos, repercute en la salud de población, ya que un 58% padecen de desnutrición crónica. El déficit alimentario en el consumo de proteínas y calorías, determina la existencia de indicadores alarmantes como una tasa de mortalidad infantil de 89,9%.

La situación señalada anteriormente, tiende a agravarse si tenemos en consideración que la mayoría de familias del entorno rural y urbano de la ciudad de Puno, soporta la insatisfacción de necesidades básicas. El área rural presenta el mayor porcentaje de hogares con necesidades insatisfechas (82,8%, el 69,3% se ven afectados por tener 1 ó 2 necesidades básicas insatisfechas. En el área urbana el 47,4% presenta necesidades básicas insatisfechas, el 44,4% de los hogares urbanos tiene 1 ó 2 necesidades básicas no cubiertas.

Estudios de salud y epidemiología realizadas en la ciudad de Puno, revelan que la población se encuentra en constante peligro de sufrir de enfermedades infecto contagiosas provenientes de la contaminación por efectos de las aguas residuales y el acarreo de la basura.

La pobreza es uno de los problemas sociales críticos de Puno, afectando no sólo a la población rural sino también a la urbana; teniendo como consecuencia que las familias tienen que dedicar todos sus esfuerzos a satisfacer necesidades básicas de comida, vivienda y vestido, y sus recursos son insuficientes para mejorar sus condiciones de vida.

Estos indicadores globales, permiten definir que la calidad de vida de la población se encuentra sumamente deteriorada, máxime si examinamos otros indicadores sociales deficitarios como son:

- Déficit en 33% en camas para atención hospitalaria
- Déficit en 34% de aulas para educación inicial
- Déficit en 60% de producción de agua potable
- Déficit en 42% de conexiones domiciliarias en agua potable
- Déficit en 46% de conexiones domiciliarias de servicios de alcantarillado
- Déficit en 65% de potencia instalada de energía eléctrica
- Déficit en 37% de conexiones domiciliarias de energía eléctrica
- Déficit en 72% de áreas deportivas
- Déficit en 89% de áreas para parques.

3.0 PROYECCION DEL VOLUMEN DE LAS AGUAS SERVIDAS

3.1 GENERALIDADES

Con del fin de estructurar y dimensionar el esquema para la solución de la disposición final de las aguas servidas de la ciudad de Puno, es preciso estimar las proyecciones de los volúmenes de los desagües durante la vida útil de Proyecto. El cálculo respectivo se basa en la estimación de la población futura y los consumos de agua.

3.2 CALCULO DE LA POBLACION FUTURA

Como se mencionó en el Estudio Socioeconómico, el Proyecto se sustenta en la tendencia de crecimiento de la población, la misma que deberá disponer de servicios de abastecimiento de agua y sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

Diversos estudios de población, realizados por otros consultores como SANIPLAN, HIDROSERVICE y el organismo INADUR (Instituto Nacional de Desarrollo Urbano), estiman las siguientes proyecciones.

En la Fig. N^oiii-1, el Gráfico “Diversos Estudios de Población” muestra las curvas de los datos mostrados y sus tendencias hacia el año de 2025. De su análisis es posible deducir diferentes tasas de crecimiento, que van de 5,2% a 2,5%.

De acuerdo a los resultados del último Censo de 1993, llevado a cabo a nivel nacional, la ciudad de Puno arrojó una población de 89 745 habitantes, con una tasa de crecimiento a nivel departamental de 3,4 % y a nivel provincial de 2,6% .

En razón de ello, para la ciudad de Puno se va a considerar un crecimiento inicial de 2,6% , desde el año del Censo hasta 1995, para aplicar a continuación un crecimiento decreciente de 0,1 % cada cinco años, atendiendo a

lo indicado en el Censo de 1993 y lo precisado por el INEI, en el sentido de que la situación socio-económica y la grave crisis del agro probablemente repercutan en el crecimiento poblacional futuro. Los resultados pueden observarse en el Cuadro N° iii-2.

Cuadro N°iii-1
ESTIMADOS DE LA POBLACION DE PUNO AL AÑO 2025
(Número de Habitantes)

AÑOS	SANIPLAN	HIDROSERVICE	INADUR
1993	89 745		
1994	94 700		
1995		109 094	
1998	105 000		
2000		123 302	113 214
2003	118 400		
2005		137 584	135 088
2010		151 485	166 795
2013	146 700		
2015		164 759	195 000
2020		177 104	
2025		188 332	

Cuadro N°iii-2
ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA CON
TASAS DE CRECIMIENTO DECRECIENTES

AÑOS	TASAS DE CRECIMIENTO		
	3,4 % ⁽¹⁾	2,6 % ⁽²⁾	2,6 % ⁽³⁾
1993	91 877	91 877	91 877
1994	95 000	94 266	94 266
1995	98 230	96 717	96 717
2000	115 544	109 961	109 426
2005	135 253	125 019	123 203
2010	157 558	142 139	138 038
2015	182 653	161 603	153 905
2020	210 719	183 733	170 758
2025	241 918	208 893	188 531

- (1) Cálculo con 1% de decrecimiento quinquenal
(2) Tasa fija de crecimiento poblacional
(3) Estimación con 1% de decrecimiento quinquenal

A título comparativo, en el mismo Cuadro se presentan los resultados de aplicar otras tasas de crecimiento. En la segunda columna, el cálculo se inicia con el índice de crecimiento departamental, es decir 3,4 %, el cual es reducido en 0,1 % quinquenal. Un segundo análisis figura en la tercera columna, teniendo como tasa de crecimiento el índice provincial, es decir 2,6 %, en forma constante. Y, por último se muestran las poblaciones obtenidas bajo el supuesto enunciado líneas arriba. Esto es, un inicio con tasa de 2,6 % hasta 1995 y luego la tasa decrece a razón de 0,1 % cada cinco años.

Resulta evidente que la ciudad de Puno no tendrá el índice de crecimiento de la magnitud del departamento, a menos que ocurriera un fenómeno no previsible en estos momentos. Por el contrario, lo probable es lo observado por los sociólogos y economistas, en el sentido de que se prevé un decrecimiento futuro. En ese sentido la tercera columna del Cuadro N°ii-2 muestra los resultados obtenidos según este razonamiento y en consecuencia, para el presente estudio, se adoptan los resultados de esta última columna, que da para el año 2025, 188 531 habitantes.

En la Figura N°iii-2 “Proyecciones Comparadas con el Presente Estudio”, se ha superpuesto la curva de la proyección que considera una tasa inicial de crecimiento de 2,6% y disminución quinquenal de 0,1% (tercera columna del Cuadro N°iii-2), pudiéndose observar casi plena coincidencia con la población del 2025 hallada por HIDROSERVICE, en estudios realizados para el PRONAP.

El criterio adoptado resulta coherente con la realidad imperante en la ciudad de Puno, donde no es posible suponer un mayor crecimiento, no sólo por causales socio-económicas sino también por razones de topografía. En efecto, lo accidentado de la topografía, impide el desarrollo físico de la ciudad, desconociéndose por dónde y en que forma crecerá la población. Siendo así, no sería conveniente prever diseños con demasiada antelación, sino por el contrario establecer que éstos se vayan adecuando al tipo de crecimiento que se suscite en el futuro, de manera que oportunamente se decida si el sistema se amplía en alguna estructura o equipo, o si se requiere crear un subsistema adicional al sistema principal. En cualquiera de los dos casos se ampliaría también la planta de tratamiento.

Las localidades de Salcedo y Aziruni, que son asentamientos en pleno crecimiento si se han tomado en cuenta en el diseño de las estructuras hidráulicas.

3.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LA POBLACION DE ACUERDO A LA DEMANDA DE DISEÑO Y COEFICIENTES DE MAXIMO DIARIO Y MAXIMO HORARIO

3.3.1 CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DE LA DOTACION POR HABITANTE

Uno de los parámetros que intervienen en el cálculo del consumo de agua potable para una población determinada, es la dotación “per cápita”, expresada en l.p.p.d. (litros por persona y por día). Para su determinación se requiere un análisis de los factores que pueden afectar el consumo, tales como :

- Características de la población
- Condiciones climáticas
- Condiciones futuras de la fuente de agua

La ciudad de Puno mantendrá un consumo esencialmente doméstico, a juzgar por los volúmenes de este consumo respecto a los de las demás clases de consumidores de agua. Ver Cuadro N°iii-3 siguiente.

Cuadro N° iii-3
CONSUMO POR CLASE DE CONSUMIDOR

CLASE	Nº Conexiones	CONSUMO m ³ /mes/conex	CONSUMO m ³ /mes	Nº hab/conex	l/hab/día
Doméstico	11 114	9,89	109 862	5.4	61,00
Comercial	810	39,79	32 230	-----	17,89
Industrial	24	31,56	757	-----	0,44
Estatat	65	130,18	8 462	-----	4,67
TOTALES	12 013		151 311		84,00

Datos tomados del Diagnóstico de SEDAPUNO - Volumen I - Memoria Descriptiva
FUENTE : SANIPLAN -AMSA

Las condiciones climáticas, por otro lado, no contribuyen a una condición de consumo similar a la Costa. Las temperaturas oscilan entre -7° C mínimo y 20° C como máximo.

La producción de las fuentes de agua actuales, que suman 189 l/s , ya resultan insuficientes para satisfacer la demanda, en especial por el alto porcentaje de pérdidas. Pero es de suponer que esta situación revierta en los

próximos años, aplicándose las medidas necesarias para aumentar la explotación de la fuente y paralelamente reducir el índice de pérdidas, mediante programas de detección de fugas y de instalación de medidores, a la vez que mantenimiento o renovación de los ya existentes.

Se asumirá entonces que en el año 2025 las pérdidas se han reducido a un límite aceptable de 35%.

3.3.2 CALCULOS EN OTROS ESTUDIOS

SANIPLAN ha desarrollado el Cuadro N° iii-4, en el se contemplan dotaciones crecientes, el mismo que es mostrado en el estudio de “Las Aguas Residuales y los Problemas Ambientales en la Ciudad de Puno”, elaborado en la Dirección de Estudios - Sub Programa Manejo Ambiental del PELT (Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca).

Cuadro N°iii-4
DOTACION Y CAUDALES DE DEMANDA DE AGUA POTABLE
PARA LA POBLACION DE PUNO

AÑO	POBLACION TOTAL	PROMEDIO ANUAL (m ³)	CAUDAL (l/s)	DOTACION (l/hab/día)
1993	90 000	4 264 962	135	130
1994	94 700	4 264 962	135	123
1995	105 000	4 264 962	135	111
2003	118 400	4 307 468	137	100
2010	146 700	4 947 480	157	98
2013	146 700	5 116 040	162	96
PROMEDIO				110

Fuente : SANIPLAN - AMSA

EMSAPUNO ha estimado la dotación en base a una función de consumo y capacidad de pago, que se expresa de la siguiente manera :

$$Q = 13,4 + 0,538 N - 0,18 P + 0,01 Y$$

donde :

Q = Consumo domiciliario mensual en m³

N = Número de personas por vivienda

P = Precio marginal por m³, adicional a la tarifa fija, que para efectos de estimación del consumo se considera cero.

Y = Ingreso por vivienda a Noviembre de 1993 por mes
Reemplazando se obtiene :

$$Q = 21,50 \text{ m}^3/\text{mes}/\text{vivienda}$$

Cifra de la cual se deduce el consumo por habitante y por día, teniendo en cuenta que la densidad es de 6 habitantes por vivienda.

$$(21,50 \times 1000) / (30 \times 6) = 119,4 \text{ l/hab/día}$$

3.3.3 DOTACION ACTUAL

Volviendo al Cuadro N°iii-1, pueden observarse las clases de consumo y sus valores actuales basados en las lecturas de 12 013 medidores instalados, lo cuales representan a una población aportante de 66 684 habitantes (equivalente al 72,6 % de la población).

Asumiendo que la micromedición tiene un error promedio hacia abajo de 10 %, el consumo neto de la población en general será 75,62/0,90 es decir 84 l/s. Más adelante se establecen otras consideraciones, entre ellas a las pérdidas.

3.3.4 CONSUMO NETO

Los valores del consumo que se incluye en la Situación Actual del Cuadro N°iii-5 (deducidos del Cuadro N° iii-3), se refieren al consumo de la población con deficiencias de abastecimiento, pues hay sectores que tienen entre 4 y 8 horas de servicio, y otros en su mayoría, de 12 a 18 horas. Entonces, en la suposición que en el futuro esta situación mejore, y como consecuencia los consumos aumenten en un 55 % hacia el año 2025, se obtienen los resultados que se muestran en la Situación Futura del Cuadro N°iii-5 siguiente :

Cuadro N°iii-5

CONSUMO FUTURO NETO

Clase de consumo	Situación actual l/hab/día	Situación futura l/hab/día
Doméstico	61,00	85,40
Comercial	17,89	25,05
Industrial	0,44	0,62
Estatal	4,67	6,54
TOTALES	84,00	117,61

Entonces el consumo futuro neto será en cifras redondas, 120 l/hab/día.

3.3.5 PERDIDAS

El volumen de producción total anual, según el Diagnóstico de SEDAPUNO, fue en 1993 de 4 264 692 m³, de los cuales se ha inferido en el mismo lapso, a través de conexiones domiciliarias, un consumo de 1 815 731 m³, mediante las mediciones efectuadas en 3 431 medidores operativos. Es decir que, por diferencia las pérdidas son del orden de 2 488 961 m³/año, esto es el 57% de la producción total.

Sin embargo se debe esperar que esta situación mejorará en el futuro y que se llegarán a límites aceptables, por lo cual es pertinente suponer que las pérdidas bajarán hasta 35%.

3.3.6 DOTACION FUTURA

La dotación estará dada por el consumo neto más las pérdidas, tal como se resume este concepto en el Cuadro N°iii-6.

Cuadro N°iii-6

CUADRO DE DOTACIONES PRESENTES Y FUTURAS

AÑO	CONSUMO NETO l/hab/día	PORCENTAJE PERDIDAS %	PERDIDAS PER CAPITA l/hab/día	DOTACION FINAL l/hab/día
1995	84	57	111	195
2000	90	53	103	193
2005	96	50	95	191
2010	102	46	87	189
2015	108	42	79	187
2020	114	39	72	186
2025	120	35	65	185

Es decir que la ciudad de Puno en 1995 utilizó una dotación de 195 l/hab/día.

Si la población en 1995 fue de 96 717 habitantes, la población servida con agua potable resultó entonces de 67 702 habitantes, si se asume una cobertura del 70%, y la producción anual sería la siguiente :

$$\begin{aligned}\text{Producción del año 1995} &= (195 \times 365 \times 67\,702) / 1000 \\ &= 4\,818\,690 \text{ m}^3/\text{año}\end{aligned}$$

Cifra ligeramente superior al consumo registrado en 1993, que fue de 4264 692 m³. debido al crecimiento poblacional. Luego, se acepta como correcta la dotación estimada para 1995.

3.4 CALCULO DEL VOLUMEN DE DESAGUES

3.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Dentro del Estudio, para determinar el máximo caudal de desagües a considerar en los cálculos para el proyecto del nuevo sistema de disposición final planteado, se tienen que considerar además de los desagües generados en la ciudad de Puno, los del sector Sur constituidos por las zonas denominadas Salcedo y Aziruni. La primera con una área de 194,6 ha y la segunda con un área de 197,02 ha, cuyos desagües serán conducidos por bombeo a la Cámara de Reunión y Bombeo de Cañete.

3.4.2 PRODUCCION DE DESAGUES EN EL SECTOR SALCEDO

La tubería troncal de impulsión del sector Salcedo es 10 pulgadas, que equivale a una capacidad de 37 l/s. Sin embargo, se estima que la producción de desagües alcance solamente 30 l/s.

Los desagües de este sector son conducidos por gravedad a la Cámara de Bombeo Salcedo, recientemente terminada y en etapa de instalación de los equipos de Bombeo que, mediante su tubería de Impulsión, conducirá los desagües a un buzón ubicado en la cota mas alta de la nueva pista que unirá la Avda. Bolivar con la carretera que conduce al Sur de Puno, o sea hacia las poblaciones de Chucuito, llave, Juli, Pomata, Yunguyo y Desaguadero, en el límite internacional con la República de Bolivia.

De este buzón clave, se diseñará un nuevo colector que descargará por gravedad a la nueva Cámara de Bombeo de Cañete, que será denominada Cámara de Bombeo N° 1 en el nuevo sistema en diseño. Este colector interceptará los desagües que conduce el Emisor de 36" de diámetro, que

descarga en las lagunas de Estabilización de la Isla Espinar, y otros colectores que también descargan a estas lagunas de tratamiento biológico.

3.4.3 PRODUCCION DE DESAGUES EN EL SECTOR AZIRUNI

Este sector de características muy similares al anterior sector, no dispone aún de redes de alcantarillado que puedan integrarse al nuevo sistema propuesto, ni menos a la cámara de Reunión y Bombeo para evacuar las aguas servidas al esquema planeado para el Sector Salcedo, o sea su descarga al buzón ubicado en la parte alta de la Carretera al Sur, que sirve como línea divisoria entre este sector y la ciudad de Puno, en lo que a pendiente se refiere.

Los desagües que se esperan captar en este sector también son del orden de 30 l/s.

3.4.4 GENERACION TOTAL DE DESAGUES

En la proyección realizada para el cálculo de la población se encuentran incluidas los habitantes censados de Salcedo y Aziruni, de allí que en adelante para las estimaciones de consumo de agua y generación de desagües, sólo se manejarán cifras globales para la totalidad de la población de Puno.

En la segunda columna del Cuadro N°iii-7 pueden observarse las poblaciones halladas para el período de diseño y en la tercera columna, los porcentajes de cobertura de la población con servicio de desagüe, iniciándose en 58% y terminando en 80% al final del año 2025.

En base a dicha cobertura se ha determinado la masa de población con desagüe, la que sirve de base a su vez para encontrar los valores de consumo de agua potable promedio (columna 6) aplicando el de consumo por habitante y por día. El consumo actual es de 84 l/s ; si se considera que un 57% se pierde en las redes, pero se espera que esta situación revierta en el futuro y que al final se cuente con una dotación per cápita de 120 lts, perdiéndose sólo el 35%.

A partir del consumo de agua potable se hallan los caudales que se generan los desagües, estimando que sólo el 80% alcanzan las redes del alcantarillado, lo cual figura en la séptima columna.

3.4.5 INFILTRACION

La infiltración es un valor fijo por longitud de red y es función del estado de las redes y de las características de los terrenos que atraviesan. Como en la ciudad de Puno las tuberías de desagüe son antiguas y existen otros aportes irregulares, se asume una infiltración de 0,7 l/km , lo que equivale a un total de 44 l/s para una longitud de 54,8 km. de colectores. Y esperando que la infiltración se reduzca en el futuro a límites aceptables, se adopta 0,3 litros por kilómetro, la infiltración futura.

La longitud de redes de desagüe podría crecer un 60% debido a que el crecimiento poblacional será del 95%. En ese caso la infiltración futura será 26 l/s.

Cuadro N°iii-7

**CAUDALES DE DESAGUE CALCULADOS PARA
EL PERIODO DE DISEÑO**

Año	Población total hab	Cobert. desag. %	Poblac. C/desagüe hab	Consumo neto lb/día	Cons.Prom agua l/s	Generac 80% dsgüe l/seg	Infiltrac.terr saturado l/seg	Desagüe emisores l/seg
1995	96,717	58	56,096	84	55	44	38	82
2000	109,426	62	67,479	90	70	56	36	93
2005	123,203	65	80,493	96	89	72	34	106
2010	138,038	69	95,246	102	112	90	32	122
2015	153,905	73	111,838	108	140	112	30	142
2020	170,758	76	130,345	114	172	138	28	166
2025	188,531	80	150,825	120	209	168	26	194

Como se podrá apreciar, el volumen de desagües de 1995 concuerda aproximadamente con los valores hallados en los aforos realizados durante los meses de mayo, junio y julio de 1995 para el Estudio de “Las Aguas Residuales y los Problemas Ambientales en la Ciudad de Puno”, llevado a cabo por la Dirección de Estudios - Sub Programa Manejo Ambiental, del PELT, y que arrojaron un promedio alrededor de 83 l/s.

Como resultado de todos los factores observados, y de una mayor cobertura del servicio de desagüe, que alcanzaría un 80%, se tiene que el caudal promedio de emisión de desagües en el año 2025 será de 194 l/s, y el máximo maximorum (máximo horario del día de máximo consumo) será el siguiente :

$$Q \text{ máx.maxim.} = Dsge.\text{generado} \times 1,3 \times 1,8 + \text{infiltrac.}$$

$$= 168 \times 1,3 \times 1,8 + 26 = 419 \text{ l/s}$$

Ambas cifras se utilizaran como parámetros de diseño para los distintos elementos del sistema.

4.0 PLANTEAMIENTO DEL ESQUEMA HIDROSANITARIO

4.1 GENERALIDADES

Tal como se ha señalado en el numeral 1.1 de este estudio, el Proyecto consiste en dar solución al problema de disposición final de la totalidad de las aguas servidas de la ciudad de Puno, incluyendo las que corresponden a las zonas de Salcedo, Aziruni y Jayllihuaya. Considerando además, que los efluentes puedan utilizarse en actividades agrícolas para un área comprendida entre 200 y 300 ha.

En consecuencia se han completado los aspectos que servirán para establecer los lineamientos o criterios que deben tomarse en cuenta para la selección de la alternativa más adecuada. Y estos son :

- El proyecto que se elija debe contemplar que las aguas servidas deben ser extraídas de la Microcuenca de la Bahía de Puno, a fin de evitar su contaminación.
- La Planta de Tratamiento que se contemple deberá estar ubicada a sotavento de la ciudad y a no menos de 500 m. de ésta.
- La Planta que se elija debe ser lo menos sofisticada posible y de fácil mantenimiento. Se evitará el uso de equipos motorizados que consuman combustible o energía eléctrica.
- En el caso último de requerir energía deberá contemplar su factibilidad, eligiéndose la de mínimo costo.
- El lugar que se elija para su ubicación debe tener suficiente área para la construcción de la Planta y para las áreas de regadío.
- El potencial de áreas agrícolas debe permitir el uso de la totalidad de aguas residuales que se generen en el horizonte de diseño del proyecto.
- El riego deberá ser factible por gravedad.
- Las áreas de riego deben ser aptas para la agricultura, en lo que se refiere a cultivos con aguas servidas tratadas.

- El sistema que se diseñe debe ser técnica y económicamente factible.
- El proyecto debe favorecer de alguna manera el empleo y debe tener un impacto ambiental positivo.

4.1.1 ESQUEMA PLANTEADO

Existe en la parte alta, entre los cerros que circundan la ciudad, dos abras por las que se pueden conducir las aguas a la otra subcuenca ; una corresponde a los cerros Cancharani - Negro Peque y la otra a Cancharani - Quiviani.

En la primera existe una casa que pertenece a una congregación religiosa donde se llega por un camino afirmado. En el otro lado de la cuenca las áreas vecinas son de una suave pendiente de bajada y presentan muy buenas condiciones para el uso agrícola con los desagües tratados, ya sea en forestación (por ejemplo el eucalipto) o en productos agrícolas que requieren sólo tratamiento primario (tales como plantas de tallo alto, avena, o algún tipo de forraje para alimento de ganado). Los tipos de cultivos han de ser estudiados y definidos mediante un plan de desarrollo agro-forestal, en su momento oportuno.

El abra Cancharani - Quiviani es más baja comparada con la Cancharani - Negro Peque, colinda con la Carretera Puno - Moquegua que conduce a la zona donde se efectúa la disposición final de los residuos sólidos (basuras) de la ciudad de Puno, alejada más al Sur de la anterior abra, pero sus terrenos son más accidentados y requieren de acondicionamiento para su posterior uso.

Como solución a lo previsto por el PELT, se plantea un nuevo trazo partiendo de la actual Cámara de Reunión y Bombeo, ubicada en la Avda. Bolívar, se cruza la Avda. El Sol, la Avda. Circunvalación y se llega a la Avda. Circunvalación después de voltear a su izquierda y seguir en línea recta por la quebrada de aguas pluviales de ese sector, hasta el camino afirmado aludido en el punto anterior.

Una variante de este trazo llega a la segunda Estación, aledaña a los Postes de Alta Tensión, donde se efectuó una lectura altimétrica, obteniéndose una diferencia de nivel de 283.08m.

Comparativamente con otros trazos, esta alternativa demanda una mayor altura de bombeo, la cual puede disminuirse abriendo una zanja o rajo, dependiendo del tipo de terreno, pudiendo alcanzar una profundidad de 15m o más. La ventaja está en la menor longitud de la tubería de impulsión, que incluso

(como se puede apreciar en los esquemas que se adjuntan) puede acortarse si se combina con un tramo de conducción a gravedad en tubería de menor clase o conducto rectangular cubierto con tapa de concreto. Además, las condiciones son más aparentes para la planta de tratamiento, la cual abarcará aproximadamente 2 ha.

En cuanto a los desagües del sector sur (Salcedo y aziruni) se requiere diseñar un nuevo colector que conduzca las aguas desde el último buzón, que recibe de la tubería de impulsión, hasta la nueva Cámara de Bombeo Principal en Cañete.

4.2 SUSTENTO TECNICO DEL SISTEMA PROPUESTO

Para la disposición final de las aguas servidas de la ciudad de Puno, dentro del contexto del manejo integral, existen dos enfoques:

- Continuar descargando en forma directa a la Bahía Interior los desagües tratados.
- Descartar cualquier tipo de descarga en la Bahía y proyectar un nuevo sistema de tratamiento y disposición final de las aguas en un lugar estratégico fuera del Lago Titicaca.

Siendo el objetivo principal la descontaminación de la Bahía Interior de Puno, la primera de las opciones no contribuye precisamente al logro de ese objetivo, pues como ya se ha mencionado, el sistema actual desde su inicio en el año 1972, ha creado problemas de contaminación y contribuido a la “eutroficación” de las aguas del Titicaca debido a que la descarga del efluente de las lagunas de estabilización contienen nutrientes como los compuestos nitrogenados provenientes de las reacciones de oxidación y reducción de la materia orgánica así como los fosfatos provenientes de los detergentes que se vierten a los desagües, todos los cuales sirven al desarrollo de las algas.

El problema se agrava debido a la diferencia cualitativa de algas entre las existentes en el efluente de la laguna de tratamiento (predominantemente de géneros *chlorella* y *vertella*), y las naturales del cuerpo receptor del Lago (del tipo filamentosas), suscitándose una lucha por la supervivencia. El resultado es la muerte de algas, disminución de oxígeno disuelto para la vida de los peces, malos olores y el aumento de material orgánico en el Lago, que luego sedimenta contribuyendo a agotar el oxígeno en las capas más profundas del cuerpo de

agua. A lo que se añade la baja penetración de la luz más allá de los dos metros, perjudicándose la fotosíntesis y contribuyendo al proceso de eutroficación.

Igualmente, la descarga de los efluentes de la laguna de tratamiento mediante un emisor subacuático en el Lago, conllevaría biológicamente a la formación de una zona anaeróbica con ausencia de oxígeno disuelto, tal como se describió anteriormente, teniéndose por lo tanto el mismo resultado.

Debido a la mala ubicación de la laguna de tratamiento (a sotavento de la ciudad y a menos de 500 m de ésta) a lo que se añade el choque biológico de algas de diferente género, están generando no sólo la “eutroficación” del Lago y desaparición de la vida acuática sino también la no menos molesta presencia de malos olores. Todo lo cual puede impedir el desarrollo del “Proyecto de Descontaminación de la Bahía Interior de Puno” y su consiguiente potencial turístico.

Estos hechos resultan en una justificación técnica consistente, que sirven para descartar como solución cualquier otra alternativa que plantee la disposición final en el Lago Titicaca y, por lo tanto, se opte por la segunda de las opciones de enfoque propuestas.

4.3 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

4.3.1 PLANTEAMIENTO

Es obvio que una alternativa para la conducción, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, es el esquema proyectado por el PELT cuyo trazo de la tubería de impulsión se desarrolla por áreas no pobladas circundando la ciudad.

Sin embargo, la misma se ha dejado de lado en base a un análisis económico simple, comparativo con las dos alternativas que a continuación se describen, siempre considerando como lugar de disposición final de las aguas servidas, el sector del cerro Cancharani.

En efecto, se han estudiado dos alternativas básicas para llevar los desagües a la otra subcuenca, cada una de ellas coincidente con el abra por la cual deberá atravesar. En ambos casos, y en todas sus variantes, se considera el inicio en una misma cámara de bombeo ubicada en la Av. Bolívar, que se describe más adelante. Los desagües serán impulsados hasta la falda del Cerro

Cancharani a través de una tubería de 24", descargando a un canal de conducción mediante una pequeña cámara de recepción y descarga.

4.3.2 ALTERNATIVA I

La Alternativa I consiste en conducir los desagües mediante dos o tres cámaras de bombeo (seún sea la variante final que prevalezca) hacia una caja de descarga en la cota 4 102,84, y luego mediante un canal cubierto de concreto armado de 1 672m de longitud, llegar al abra conformada por los cerros Negro Peque y Cancharani y descargar los desagües al sistema de tratamiento proyectado en esa área, para finalmente el efluente ser utilizado para el riego agrícola mediante dos canales de regadío trazados en las faldas de los cerros Cancharani y Negro Peque, con una longitud de 2km en cada margen.

La definición por una de las variantes (de dos o tres cámaras de bombeo) está supeditada a conseguir en el mercado internacional, proveedores de bombas para la potencia requerida.

El sistema de tratamiento seleccionado para esta área es mediante laguna Anaeróbica, como tratamiento primario y lagunas Aeróbicas como tratamiento secundario, por contar con la suficiente área disponible para este sistema de tratamiento en una primera etapa.

La laguna Anaeróbica tendrá una extensión de 1,3 ha y una profundidad de 4,00m, para tratar un caudal de 210 l/s con una DBO de 200 p.p.m, como suele tener un desagüe en etapa séptica, a tenor del oxígeno disuelto que esta en su límite de degradación (0,4 p.p.m). El período de detención es de 4 días, alcanzando una reducción del 35% de la DBO.

El tratamiento secundario será mediante dos lagunas facultativas de 1,25ha cada una y 1,50m de profundidad. En la primera etapa se construirá una laguna para un caudal de 105 l/s, con un período de retención de 3 días, y a los 5 años (2005) la otra laguna, previo acondicionamiento del área disponible. (Ver Fig. N° iv-1 y Plano N° iv-1)

a) Componentes

- i. **Colector Sur** .- Con el fin de coleccionar todos los desagües en un punto, que será la Cámara de Bombeo Principal, será necesario contemplar la construcción de una tubería que capte las aguas

residuales provenientes de los Sectores Salcedo y Aziruni, y a la vez sirva para interceptar los desagües de los colectores de 21" y 36". Su desarrollo será por la Av. Simón Bolívar en una longitud de 1,350m desde el buzón hacia donde llega la impulsión de la cámara de bombeo de Salcedo, hasta la Cámara de Bombeo Principal. Todo el tramo funcionando por gravedad.

- ii. **Cámara de bombeo principal.-** Esta cámara estaría ubicada en el subsuelo de la berma central de la Av. Bolívar, esquina con la calle Cañete, y en ella se reunirían todos los desagües de los Sectores Norte y Sur de la ciudad de Puno. La cota de fondo de la cámara es la 3 803,73m s.n.m. y tendrá capacidad para un caudal promedio de 194 l/s.
- iii. **Tubería de impulsión.-** Esta línea será de 24" de diámetro, de fierro dúctil para una larga duración. Comprenderá dos tramos, caso de contemplarse dos etapas de bombeo. Uno de 1 218 m entre ambas cámaras de bombeo y otro, de 551 m entre la segunda cámara y la cámara de descarga de la cota 4 102,84m s.n.m.
- iv. **Cámaras de bombeo secundarias.-** En el caso de una cámara de bombeo secundaria, esta estructura ubicada en la cota 3 950,68m s.n.m, de 153 m³ de capacidad, tendrá 7,00m de diámetro y 4,00m de altura líquida para recepcionar los desagües de la primera etapa, y una cámara seca de 3,00m por 4,00m y 2,50m de altura para alojar los equipos que servirán para impulsarlos por intermedio de la línea de 24" hasta la cota 4 102,84m s.n.m. en la cámara de descarga, cuya cota de fondo es 4 101,44m s.n.m.

En la variable de tres cámaras de bombeo, la segunda cámara estaría ubicada en la cota 3 901,29m s.n.m. y la tercera en la 4000,07m s.n.m.

- v. **Cámara de descarga.-** Esta es una estructura de concreto, de forma rectangular de 1,20m de ancho por 1,00m de largo y 1,40m de altura, hacia donde desembocan las descargas de la tubería de impulsión, mediante un codo de 90° , permitiendo el ingreso de las aguas hacia el canal de conducción.
- vi. **Canal de conducción.-** Es el que permite llevar los desagües por gravedad hacia la Planta de Tratamiento, por las faldas del Cerro

Negro Peque, con una sección líquida de 0,50m por 0,60m, que conducirán el caudal máximo para el período de diseño, de 420 l/s.

Esta estructura tendrá una longitud de 1 672 m y una pendiente de 5 por mil, con lo cual se llega a la cota 4 093,08m s.n.m. que da inicio a la Laguna de Estabilización Anaeróbica, proyectada para el tratamiento de los desagües en las faldas del Cerro Cancharani.

El canal será cubierto con una losa de 0,10 m de espesor, y enterrado en todo su recorrido, con un enterramiento promedio de 0.80m de material selecto de la propia excavación. Dispondrá de ductos de ventilación aproximadamente cada 100 m., cuyo dimensionamiento será materia del estudio definitivo.

- vii. **Planta de Tratamiento.-** Consistente en Lagunas de Estabilización, conformadas por una laguna primaria de tipo anaeróbico y dos lagunas secundarias de tipo aeróbico para cada una de las etapas del proyecto, ya que por razones financieras se ha previsto que se ejecutaría en dos etapas.

Otra alternativa es emplear Plantas de Tratamiento con aireación extendida o con filtros percoladores que ocupan menos espacio, pero que en el caso del presente estudio, se ha descartado porque comparativamente los costos iniciales, de operación y mantenimiento son superiores a la planteada, en razón de que requieren equipo electromecánico para su funcionamiento.

- viii. **Canales de Regadío.-** El efluente de la cámara de tratamiento se distribuye en dos canales de regadío de 0,50 x 0,65m de sección y 0,1% de pendiente, los cuales irrigarán la faldas de la margen izquierda del Cº Cancharani y la margen derecha del Cº Negro Peque, creando un área agrícola de 200 ha. Ambos ramales tendrán un longitud total de aproximadamente 4 000m. en la primera etapa.

b) Costo de Inversión

El costo total de esta alternativa asciende a **U.S.\$ 4,29** millones en su variante **I** y **U.S.\$ 4,84** en su variante **IA** ,incluidos la utilidad, gastos generales e impuestos.

c) Costos de Operación y Mantenimiento

El costo principal de la operación y mantenimiento lo constituye el gasto en energía.

El costo de Operación y Mantenimiento se resume en el Cuadro N° 2 del Anexo N° 1, que se adjunta.

4.3.3 ALTERNATIVA II

Esta segunda alternativa consiste en el transvase mediante bombeo hacia la cuenca vecina por el abra formada por los cerros Quiavini y Cancharani. Básicamente el desarrollo de la línea de impulsión es la misma que la Alternativa I, sólo que en este caso la altura de bombeo es menor por cuanto el abra se halla en una cota más baja (4 015,90m s.n.m.) pero el canal en conducto cubierto tiene un mayor desarrollo (4 770m contra 1 672m de la Alternativa I). El sistema de tratamiento a construirse será similar al considerado en la Alternativa I.

También al igual que en la Alternativa I, se tienen dos variantes dependiendo de que el número de cámaras de bombeo sean dos o tres. (Ver Fig.N° iv-2 y Plano N° iv-2)

a) Componentes

Los componentes de esta segunda alternativa serían los siguientes :

- i. **Colector Sur** .- Con el fin de coleccionar todos los desagües en un punto, que será la Cámara de Bombeo Principal, será necesario contemplar la construcción de una tubería que capte las aguas residuales provenientes de los Sectores Salcedo y Aziruni, y a la vez sirva para interceptar los desagües de los colectores de 21" y 36". Su desarrollo será por la Av. Simón Bolívar en una longitud de 1,350m desde el buzón hacia donde llega la impulsión de la cámara de bombeo de Salcedo, hasta la Cámara de Bombeo Principal. Todo el tramo funcionando por gravedad.

- ii. **Cámara de bombeo principal.-** Estructura ubicada en la Av. Bolívar esquina Cañete, de las mismas características que la de la Alternativa N° 1.
- iii. **Tubería de impulsión.-** Esta línea será de 24", igual a la de Alternativa N° 1, pero más corta. Tendrá una longitud en el primer tramo de 985m, conectando a la Cámara de Bombeo N° 2 , y luego en su tramo final tendrá 540m. para conectar con la cámara de descarga.
- iv. **Cámaras de Bombeo Secundarias.-** Tratándose de dos cámaras de bombeo, la principal y una secundaria, esta última estará ubicada en la cota 3 910,37m s.n.m. y tendrá las mismas características que la cámara de bombeo N° 2 de la Alternativa N° 1 . En el caso de la variante con tres cámaras, la cota de la C.B. N°2 será la 3 874,42m s.n.m. y la CN N°3, 3 946,32m s.n.m.
- v. **Cámara de descarga.-** Esta estructura de concreto estará ubicada en la falda del Cerro Negro Peque, con una cota de fondo de 4020,67m s.n.m., de similares características a la cámara de descarga de la Alternativa N° 1, pero con una altura de 1,55m, por tener un canal de salida de mayores dimensiones.
- vi. **Canal de conducción.-** Este canal será sección rectangular de 0,65m por 0,80m con una pendiente de uno por mil, con lo que se llega a la cota 4 015,90m s.n.m. después de un recorrido de 4 770m por las faldas de los Cerros Negro Peque y Cancharani. Tendrá una cubierta de concreto de 0,10 m y quedará enterrado bajo una capa de material selecto de la propia excavación, con un espesor promedio de 0,80 m.
- vii. **Planta de Tratamiento.-** Consistente en Lagunas de Estabilización, conformadas por una laguna primaria de tipo anaeróbico y dos lagunas secundarias de tipo aeróbico para cada una de las etapas del proyecto, ya que por razones financieras se ha previsto que se ejecutaría en dos etapas. Tal y conforme se ha señalado en la Alternativa I.
- viii. **Canales de Regadío.-** El efluente de la cámara de tratamiento es conducido mediante un canal de 0.30 x 0.55m de sección líquida, a las áreas de riego a implementar en las faldas de los cerros Cancharani y Quiviani.

b) Costo de Inversión

El costo total de esta alternativa asciende a **U.S.\$ 4,52** millones en su variante **II** y **U.S.\$ 4,89** millones en su variante **IIA**, incluidos la utilidad, gastos generales e impuestos.

c) Costo de Operación y Mantenimiento

El costo principal de la Operación y Mantenimiento lo constituye el gasto en energía.

El costo de Operación y Mantenimiento se resume en el Cuadro N° 2 del Anexo N° 1 , que se adjunta.

4.4 DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

4.4.1 COLECTOR SUR

Este nuevo colector, que será necesario para llevar los desagües de los Sectores Salcedo y Aziruni a la Cámara de Bombeo Principal que se describe más adelante, servirá también para interceptar los desagües de los Colectores de 21" y 36", con el mismo propósito. El colector tendrá dos tramos, uno de 809 m con tubería de 14" y pendiente de 0.17%; y otro tramo de 541 m con tubería de 24" y pendiente de 0.11%. En total 1,350 m. con 15 buzones. Ver Plano de planta perfil longitudinal.

4.4.2 CAMARA DE BOMBEO PRINCIPAL

Para la nueva disposición final de los desagües domésticos de la ciudad de Puno, se tendrá en cuenta la ubicación estratégica de la actual Cámara de Bombeo en la esquina de la Av. Bolívar y la calle Cañete, punto donde concurrirán los diferentes colectores de desagüe, tanto de la zona Norte, como de la zona Sur.

Sin embargo por razones de capacidad de la actual cámara húmeda de la Cámara de Cañete, calculada en 43,9 m³, muy inferior al volumen requerido de 151,32 m³ para la población de Puno, se está descartando su uso futuro. La

nueva Cámara deberá construirse en la berma central de la Av. Bolívar, por no haber área suficiente en el terreno del cruce indicado, donde se ubica la actual cámara.

La cota del nivel superior de la nueva cámara húmeda será la que tiene el fondo de la tubería del colector de la Av. Bolívar, es decir 3 806,52 m.s.n.m., que también es la de la actual cámara de bombeo. La cota de fondo será 3803,73m s.n.m., con lo que la altura de agua será de 2,80 m (Ver Figura N° iv-3).

Los parámetros para diseñar la nueva Cámara de Reunión y Bombeo serán :

- Caudal de diseño de 194 l/s, equivalente al caudal promedio.
- Período de retención de 13 minutos, tiempo mínimo para evitar la septicidad del desagüe en dicha cámara húmeda.

Con los datos indicados anteriormente se determina el volumen de la Cámara Húmeda, que será de 151,32 m³. Dicha cámara estará separada de la cámara seca mediante un tabique, que acondiciona los dos ambientes, dejando espacio suficiente para la instalación de los equipos. El diámetro de la cámara que será de 10,00m, da origen mediante el tabique dos espacios de 6,53 y 3,17m para las cámaras húmeda y seca, respectivamente.

Al ubicarse la Cámara de Bombeo N° 1 en la berma central de la Av. Bolívar, ocupará parte de la vía pública, pero en forma subterránea a 1,50m por debajo de la calzada, de manera que sólo será visible una parte de la caseta de operación (aproximadamente 1,00m), quedando parcialmente enterrada, conforme puede apreciarse en el plano adjunto.

Para la realización de esta obra será necesario eliminar el corte de la berma central, a la altura del Jr. Cañete, pudiéndose realizar otro corte vehicular algunos metros aguas abajo de la Av. Bolívar. De no ser factible esta modificación de la berma, habría que emplear un codo en la línea de impulsión que sale de la cámara.

Se entiende que al eliminarse el uso de la actual cámara de bombeo, las líneas de alimentación y de impulsión serán cortadas para adecuarse al diseño del nuevo sistema.

4.4.3 CAMARA DE BOMBEO SECUNDARIAS

El número de cámaras de bombeo secundarias dependerá de la potencia de equipos que finalmente se hallen disponibles en el mercado, lo que determinará que sean dos o tres estaciones de bombeo. En cualquier caso las dimensiones de estas estaciones serán las mismas, variando solamente su cota de ubicación. Para simplificar, vamos a describir la correspondiente a la Alternativa I , cuya Cámara de Bombeo N° 2, estará ubicada en la falda de la quebrada que conduce aguas fluviales numerada con el número 26 y denominada Pichacani, muy cerca al camino que conduce al cerro Cancharani, cuya cota de terreno es aproximadamente 3 954.68 m.s.n.m. Teniendo en cuenta que la altura de bombeo total es de 296.32m corresponderá a cada etapa una altura estática de bombeo de 148,16m.

Esta Cámara de Bombeo N° 2 será de estructura circular de tipo apoyada, con la misma capacidad líquida que la Cámara de Bombeo N° 1, es decir de 151,32 m³, y cuyas dimensiones serán las siguientes.

$$\begin{aligned} \text{Diámetro} &= 7,00 \text{ m} \\ \text{Altura total} &= 4,00 + (0,50 \text{ borde libre}) = 4,50 \text{ m.} \end{aligned}$$

La cámara seca para los equipos de bombeo, anexa a la cámara húmeda será rectangular y de 4,00m de ancho, 3,00m de largo y 2,50m de altura.

La tubería de impulsión descarga los desagües en el nivel máximo, que corresponde a la altura de agua de esta cámara, cuya cota es 3 954.68 y su cota de fondo será 3 951.18 m s.n.m..

En la variante con tres etapas de bombeo, el nivel de agua de la C.B. N°2 estará en la cota 3905,29 y el de la C.B.N° 3 en la cota 4 004,07 m s.n.m.

En la Alternativa II, las cotas cambian bajo los mismos conceptos, siendo las que se aprecian en las Fig. iv - 2

4.5 DISEÑO DE LA TUBERIA DE IMPULSION

La tubería de impulsión se calcula para el máximo caudal. En este caso es de 420 l/s y está constituido por dos tramos de acuerdo a la ubicación de las dos Cámaras de Reunión y Bombeo. El primero con una longitud de 1 219,00 m y el segundo tramo con una longitud de 531,00 m, teniendo la misma altura estática

de bombeo de 149,55m en ambos tramos, para uniformizar el diseño de los equipos.

Para el cálculo del diámetro de la tubería de impulsión se hará uso de la fórmula de Bresse que, de acuerdo a la factibilidad y costos consiguientes, se expresa en la siguiente forma :

$$d = 0.952 \sqrt[3]{Q} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Reemplazando el valor del caudal máximo previsible al año 2025 se tiene

$$d = 0,54 \text{ m} \quad \text{ó sea comercialmente} \quad d = 24''$$

Utilizando el abaco de Hazen-Williams para una tubería de 24", un gasto de 420 l/s y un coeficiente de rugosidad "C" de 135, se tiene una velocidad de 1,44 m/s y una pérdida de carga de 0,27m por 100m. Por lo que, para la longitud total de 1 769m, la pérdida de carga total será de 4,78 m.

El cálculo es válido para cualquiera de las alternativas propuestas, por cuanto el volumen futuro de impulsión será el mismo.

La tubería de impulsión será enterrada en todo su recorrido, a una profundidad de 1,00m mínimo, sobre la clave. Su trazo se indica en el Plano de planta y perfil que se acompaña en el Anexo.

4.6 DISEÑO DEL CANAL DE CONDUCCION A LA PLANTA

La tubería de impulsión de 24" de diámetro culmina en una Caja de Descarga de forma rectangular, de 1,20m de ancho, 1,00m de largo y 1,40m de profundidad, desde donde se inicia el canal de conducción por gravedad a la Planta de Tratamiento, con una longitud de 1 672,00 m.

El canal de conducción, con pendiente de 0,5%, tendrá una sección rectangular líquida de 0,50x0,60, con paredes de concreto armado de 0,15m de espesor.

Para el caso de la Alternativa II la pendiente será de 0,1% y la sección de 0,65 x 0,80m, con características similares al anterior canal. En cualquier caso el canal tendrá ductos de ventilación aproximadamente cada 100 m, cuyo diseño será materia del estudio definitivo.

Se ha preferido el diseño de un canal por tener un costo inferior a la compra, transporte e instalación de una tubería.

4.7 EQUIPOS DE BOMBEO, CARACTERISTICAS POTENCIA - CAPACIDAD Y NUMERO DE BOMBAS

Los equipos de bombeo a utilizar en el nuevo sistema, serán eléctricos, y las bombas de tipo centrífugo, autocebantes para anular la cavitación, pudiendo ser de eje vertical u horizontal, para manejar el caudal promedio de diseño de 194 l/s y a la vez poder atender la demanda máxima futura de 420 l/s. En ese sentido la implementación de equipos puede ser paulatina, ya que en el período de diseño (30 años) puede haber más de un cambio de equipos.

En las alternativas analizadas se tienen dos alturas totales de impulsión, una de 296,32m y otra de 215,70m., y dos longitudes totales de 1,769m y 1,520m, respectivamente. Ver Cuadro N°iv-1.

**Cuadro N°iv-1
DESNIVELES, LONGITUDES Y ALTURAS DE BOMBEO**

COTA LLEGADA (msnm)	DIF NIVEL (m)	N° DE ETAPAS	ALTURA GEOM C/ETAPA (m)	DISTANCIAS ENTRE ETAPAS			LONGITUD TOTAL (m)
				D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	
4,102.84	296.32	2	148.16	1,218	551	----	1,769
4,102.84	296.32	3	98.77	925	520	324	1,769
4,022.22	215.70	2	107.85	985	535	----	1,520
4,022.22	215.70	3	71.90	770	425	325	1,520

Para la primera alternativa la altura geométrica de bombeo de cada cámara es de 148,16m y las longitudes de las tuberías de impulsión son 1218m para la CB N° 1 y de 551m para la CB N° 2.

Para la segunda alternativa la altura geométrica de bombeo de cada cámara es de 107,85m y las longitudes de la tubería de impulsión son 985m y 540m para las CB N° 1 y CB N° 2, respectivamente.

La potencia de los equipos de bombeo se ha estimado en función del caudal y de la altura manométrica de bombeo.

La potencia de los equipos de bombeo para las C.B. N° 1 y N° 2 de la primera alternativa son, de 724 HP para cada bomba si se instalan 2 equipos. En caso de instalar 3 equipos, la potencia de cada equipo será de 498 HP, por las pérdidas que se producen. En todo caso, los caballajes finales del proyecto serán los que resulten de las posibilidades técnicas del mercado.

La potencia de los equipos de bombeo de la segunda alternativa tanto para la CB N° 1 y CB N° 2, serán de 539 HP si se instalan 2 equipos, y de 375 HP si se instalan 3 equipos.

4.8 PLANTAS DE TRATAMIENTO PARA LAS ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

4.8.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Los desagües de la población de Puno, son principalmente domésticos, procedentes de viviendas, edificios de oficinas, e instituciones públicas, con alto contenido de material orgánico (2%) y recolectados por el sistema de alcantarillado de la ciudad, conformado por colectores primarios, secundarios y emisores, hasta su disposición final. Para el caso particular de Puno, los desagües se descargan directa ó indirectamente al Lago Titicaca (planta de tratamiento), produciendo una contaminación bacteriológica en el primer caso y una contaminación biológica en el segundo caso.

Parte de los desagües domésticos (80%) son conducidos a tratamiento biológico mediante Lagunas de Estabilización (Primaria y Secundaria), que en conjunto tienen una extensión de 23 ha. La eficiencia de este proceso biológico no es bueno por no contar con una adecuada operación y mantenimiento, teniendo en cuenta que los sistemas de entrada y salida entre la laguna primaria y la laguna secundaria no son eficientes para retener las algas unicelulares dentro de éstas, sino que se vierten a las aguas dulces del Lago Titicaca, donde predominan las algas filamentosas, que son antagónicas con las algas unicelulares del efluente del tratamiento biológico. Esto es lo que se denomina “contaminación biológica”, además de los procesos de “eutroficación” y la presencia de fosfatos provenientes de los detergentes, que aceleran el crecimiento de las algas alterando las características físico-químicos de las aguas al producirse la muerte de ellas (con producción de fenol). Este fenómeno ya se está presentando en la Bahía Interior del Lago Titicaca, y se agrava por la falta

de corrientes superficiales o de fondo, por la naturaleza casi estanca de sus aguas.

En estas consideraciones se base el presente proyecto de plantear una nueva disposición final de las aguas servidas con miras a su aprovechamiento en riego agrícola, cuyo uso está autorizado por el Reglamento del Título III de la Ley de Aguas, en el capítulo intitulado "Uso de las aguas servidas en riego agrícola" y cuya aprobación es responsabilidad de los Ministerios de Salud y Agricultura.

Las soluciones planteadas en las dos alternativas del estudio, están basadas en la descarga de los desagües a procesos de tratamiento, cuyos efluentes se utilizarán en agricultura.

4.8.2 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

a) Primera Alternativa : Tratamiento por Lagunas

La primera alternativa consiste en un sistema de tratamiento mediante Laguna Anaeróbica como tratamiento primario, seguida de Lagunas Aeróbicas como tratamiento secundario.

La Laguna Anaeróbica en cualquiera de las alternativas, para el 50% del caudal del caudal futuro (210 l/s), tendrá una extensión de 1,3 ha y una profundidad de 4,00 m, para tratar una DBO de 200 p.p.m. que normalmente tiene un desagüe en la etapa séptica, a tenor del oxígeno disuelto que está en su límite de degradación (0,4 p.p.mn.). El período de detención será de 4 días para alcanzar una reducción del 35% de la DBO.

El tratamiento secundario será mediante dos lagunas facultativas de 1,25 ha cada una y 1,50m de profundidad. En la primera etapa se construirá una laguna para un caudal de 105.1 l/s, con un período de retención de 3 días, y a los 5 años (año 2 005) la otra laguna, previo acondicionamiento del área disponible.

Ventajas :

- Bajo costo inicial
- Bajo costo de mantenimiento
- No requiere equipos
- Se atiende con mínimo de personal entrenado

Desventajas :

Requiere alrededor de 10 ha para el tratamiento de todo el caudal futuro del Proyecto.

b) Segunda Alternativa : Planta compacta con Aereación Extendida

Existen en el mercado plantas de tratamiento compactas de patente registrada. Para el caso que nos ocupa hemos hecho una selección para efectuar la evaluación correspondiente. La que vamos a presentar realiza la depuración biológica utilizando como principio la aereación prolongada. El modelo sería de tipo MAR-500 de la firma Degremont.

Se construirían 4 módulos de 52 l/s capacidad para cubrir las necesidades de tratamiento hasta el año 2005, en una primera etapa, y el efluente sería utilizado en riego agrícola.

La unidad compacta que se propone consta de lo siguiente :

- Un depósito de aereación de fangos activadas., equipado con dos aereadores.
- Un clarificador rectangular de flujo longitudinal.
- Un sistema de recirculación de lodos decantados por raspado de fondo y air-lift tipo móvil con la finalidad de retomar los lodos al depósito de aereación

La Cámara de Aereación sería de 34,50 x 14,00m y 3,00m de altura de agua y un clarificador de 34,50m de largo, 7,00m de ancho y 3,00m de profundidad y sus respectivos lechos de secado de 250m² para cada módulo. El área requerida para la construcción de estos módulos, formados por dos estructuras, es una extensión de 1 000 m², la que se ubicaría en la margen derecha de la carretera a Moquegua.

Ventajas :

Menor área de tratamiento. Requiere entre 20 y 30% menos de terrenos que una planta de lagunas.

Desventajas :

- Mayor costo de inversión, en una proporción de 3 a 1 con relación a una planta convencional.
- Requiere equipos para su funcionamiento (aereadores, motores, compresores, etc.).
- Requiere fuente de alimentación eléctrica

- Requiere de obras civiles.

Conclusión :

Por el análisis de las ventajas y desventajas de estas dos alternativas, hemos decidido seleccionar la primera como la más conveniente desde el punto de vista económico, no sólo en su etapa inicial sino también en la de operación y mantenimiento, no siendo de mayor importancia el aspecto del área empleada.

4.8.3 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para la ubicación de la planta de tratamiento se han tenido en cuenta los siguientes factores :

- Que la Planta de Tratamiento se ubique lo más cerca posible a la línea divisoria de las aguas (cumbre) a fin de que la línea de conducción que la alimenta sea lo más corta posible.
- Que su ubicación permita el dominio más amplio de áreas de riego.
- Que el terreno donde se ubique sea terreno natural, no de relleno, para garantizar una resistencia mínima a la carga hidrostática de las lagunas y a la estabilidad de los taludes.
- Que no esté ubicada en zona de falla geológica, en un área sujeta a afloramientos, inundaciones o a caída de desprendimientos rocosos o huaycos.
- Que las áreas a ser irrigadas lo sean mediante canales de pendiente adecuada, es decir que eviten la erosión de las estructuras.
- Que las áreas sean terrenos eriazos, pero que permitan la agricultura de plantas que acepten el riego con aguas servidas.

4.9 AREAS DE RIEGO

En el caso de la Alternativa I, el área de riego se ubica en las faldas de la margen izquierda del Cº Cancharani y la margen derecha del Cº Negro Peque, creando un área agrícola de 200 ha.

En la Alternativa II, por las características topográficas el terreno susceptible de utilizarse se encuentra a ambos lados de la carretera Puno-Moquegua entre los kilómetros 6 y 8, para lo cual el canal de conducción de los desagües que inicialmente llega a la cota 4 015,90m s.n.m. (con un desarrollo de 4 770m y con una pendiente de 1%) continuará paralelo a dicha carretera hasta

llegar a la pampa baja del cerro Cancharani donde se ubicará el sistema de tratamiento en base a lagunas de estabilización.

5.0 ESQUEMA ENERGETICO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO

5.1 GENERALIDADES

El presente numeral se refiere a la provisión de energía al sistema de bombeo del Proyecto, ubicado a una altura de 3 900m s.n.m.

Por el momento, se considera que el suministro provendrá de las mismas fuentes actuales de energía en la ciudad de Puno. Sin embargo, es probable que la factibilidad de suministro y punto de alimentación sean determinados una vez concluidos los trabajos de la Central Hidroeléctrica de San Gabán, pues se espera que dicha central entre en funcionamiento antes del año 2000.

La red primaria tendrá un nivel de tensión de 13,2 KV y alimentará una carga total de 1 000 KW aproximadamente.

5.2 ALCANCES DEL PROYECTO ELECTRICO

El proyecto eléctrico comprende el diseño de lo siguiente:

- Línea de transmisión aérea de alimentación primaria en 13,2 Kv 60 Hz.
- Subestaciones aéreas tipo barbotante de 500 Kva., 10 000/460V, 60Hz; 4 000m s.n.m.
- Casas de fuerza de estaciones de bombeo.
- Casas de fuerza de grupos electrógenos de emergencia.

5.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO ELECTRICO

El sistema de alimentación primaria proyectada es una red de las siguientes características:

- Tensión Nominal : 13,2 Kv
- Tipo de distribución : Trifásico
- Frecuencia : 60Hz
- Sistema adoptado : A superficie
- Tipo y sección del cable de alimentación primaria : Conductor de cobre desnudo de temple duro de 25m m² de sección.

La línea de transmisión, se ha considerado con postes de C.A.C. de 13m de longitud y con crucetas de C.A.C. de 1,20 m de largo; los aisladores serán de porcelana tipo PIN (56-5), TIPO SUSPENSION (52-5). Contarán con toda la ferretería necesaria para su correcta ejecución y montaje. Asimismo, se ha considerado incluir los “vientos” necesarios en los “cambios de dirección” y en el “inicio” y “fin” de línea.

Las S.E. será del tipo biponte barbotante con parrarayos tipo auto válvula para la protección del transformador, contará con un transformador de potencia, trifásico de 500 KVA. 13,200/460V, 60 Hz. También tendrán un tablero tipo pedestal para la distribución de la Energía en B.T.

En la casa de fuerza de la Estación de bombeo se tendrá un tablero principal de distribución desde el cual se entregará energía al tablero de Control de la Electrobomba y al transformador de servicios generales en 220V, 60 Hz.

La casa de fuerza contará con una fuente de energía auxiliar conformada por un grupo electrogeno de 500 Kw, 460V, 60 Hz, para trabajar a 4 000m s.n.m. El grupo electrogeno seria controlado y protegido mediante un tablero autosoportado con equipo para tales fines. Tanto el lado de AT. así como de B.T.

tendrán un pozo de tierra a los cuales se conectarán las masas metálicas de los equipos en AT. y BT.

5.4 BASES DE CALCULO

Para efectuar los cálculos se han considerado los siguientes parámetros:

A. Caída de tensión en el extremo más distante de la fuente de energía	:	3%
B. Tensión nominal en A.T.	:	13,2 kV
C. Tensión nominal en B.T.	:	460 v
D. Frecuencia nominal	:	60 Hz
E. Potencia de proyecto	:	1200 kvA
F. Demanda máxima solicitada	:	672 kW
G. Factor de potencia	:	0,8
H. Número de fases	:	Trifásico
I. Factor de simultaneidad	:	0,7
J. Potencia de Cortocircuito ²	:	Por definir
K. Tiempo de apertura de dispositivo de seguridad	:	0,02 seg.

5.5 ESQUEMAS REFERENCIALES

A continuación se incluyen los esquemas siguientes:

SE Aérea Tipo Barbotante
Arrancador de Electrobomba Tipo Autotransformador
Tablero de Control del Grupo Electrónico
Tablero de Arranque y/o Transferencia y parada automática

² Se asumirá un valor de acuerdo a la fuente de alimentación futura. Además de lo indicado, se han tomado en consideración los siguientes documentos oficiales:

- Ley de Concesiones Eléctricas
- Código Nacional de Electricidad
- Norma DGE - EO4B -P-1/1984, "Electricidad" Tomo IV.
- Proyectos de sistema de utilización a tensiones de distribuciones primaria.

6.0 COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS

6.1 BASES DE COSTOS

La determinación de los costos unitarios de cada una de las partidas principales que intervienen en los diferentes componentes de las obras, han sido realizados por el Consultor y adoptándose en algunos casos valores considerados por el Grupo especializado S10.

El costo total de las obras incluyen los costos directos e indirectos, correspondiendo a éstos, los gastos generales y utilidades (25%) ; asimismo en el costo total se incluye el IGV (18%).

6.2 INVERSIONES

En el Anexo N° 1 de este documento se incluye el detalle de los costos unitarios y presupuestos correspondientes a las obras del Proyecto, en cada una de las alternativas analizadas.

En los cuadros que se adjuntan en el Anexo N°1, se presenta el resumen de los costos de inversión para cada alternativa. Los montos totales, son los siguientes :

– Alternativa I	:	4 084 450 US\$
– Variante Ia	:	4 629 223 US\$
– Alternativa II	:	4 302 623 US\$
– Variante IIa	:	4 672 184 US\$

Las inversiones incluyen todos los gastos en obras civiles, equipo mecánico y eléctrico, tubería de impulsión, planta de tratamiento y sistema de riego. Adicionalmente, con el fin de disminuir la vulnerabilidad del Proyecto respecto a la posibilidad de cortes en el suministro de energía se han considerado

equipos electrógenos de emergencia. Obviamente, si el Proyecto San Gabán entra en operación en el plazo previsto, estas inversiones serán menores.

6.3 COSTOS ANUALES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

El principal rubro de costos de operación y mantenimiento lo constituye el uso de energía para los sistemas de bombeo y el funcionamiento de las plantas de tratamiento (en caso de las compactas).

Se ha calculado el costo anual de cada alternativa, con los detalles que se precisan en los cuadros anexos.

7.0 ANALISIS ECONOMICO-SOCIAL Y FINANCIERO

7.1 ASPECTOS CONCEPTUALES

7.1.1 EL ENFOQUE INTEGRAL

El Proyecto forma parte de la propuesta integral para la descontaminación y desarrollo ecoturístico de la Bahía Interior de Puno ; en tal sentido, el análisis económico se realiza considerando sus implicancias en esa propuesta (tanto en costos como en beneficios). Al respecto, un análisis integral se ha presentado en el Estudio de Factibilidad del Proyecto “Descontaminación y Desarrollo de la Bahía Interior de Puno” (ATA/DIMA, octubre de 1997). En dicho estudio se han estimado los indicadores de rentabilidad se muestran a continuación.

	Indice Económico	Indice Financiero
VPN millones US\$	52,4	26,6
B/C	1,94	1,54
TIR	31%	78%

Los beneficios del Proyecto Integral, incluyendo beneficios directos, superan los US\$ 17 millones/año a partir de la construcción de todas las obras turísticas previstas. Los índices de rentabilidad estimados muestran las bondades económicas del Proyecto, pues superan ampliamente el costo de oportunidad del capital en el país.

Sin perder de vista el enfoque integral del Proyecto, en el presente capítulo se realiza el análisis económico de las alternativas de conducción propuestas, a fin de identificar y seleccionar la más adecuada para los fines del Proyecto. Posteriormente se incluye el análisis de la incidencia del Proyecto (la alternativa seleccionada), de manera individual, considerando las diferencias entre los puntos de vista económico-social y financiero. Ambos son complementarios pero tienen propósitos diferentes.

7.1.2 EL ANALISIS ECONOMICO-SOCIAL

El análisis económico pretende reflejar el efecto del Proyecto desde el punto de vista de toda la colectividad (enfoque económico-social), bajo un enfoque de competencia. Por tal motivo, los cálculos se basan en las investigaciones socioeconómicas efectuadas en la ciudad de Puno, con la aplicación de 1 200 encuestas en diversos sectores de la ciudad, en las cuales se ha establecido la DAP-Disponibilidad a Pagar por la ejecución y operación del Proyecto.

7.1.3 ANALISIS FINANCIERO

Se ha realizado un análisis financiero desde el punto de vista empresarial o de un inversionista privado, como podría ser el caso de EMSAPUNO. En tal caso, los costos y beneficios son los flujos reales (a precios de mercado) que percibiría la empresa por el servicio de tratamiento de aguas servidas. Como beneficios se consideran los pagos que efectuarán los usuarios del servicio y las transferencias que reciba de otras fuentes o sectores por el impacto integral del Proyecto.

Para el análisis financiero se ha asumido condiciones de préstamos similares a las que se ha negociado con organismos multilaterales de crédito, como Banco Mundial, BID, CAF para proyectos del Sector Privado.

El análisis financiero considera los flujos en efectivo y tiene como objetivo demostrar la viabilidad financiera del Proyecto a través de los supuestos de financiamiento. En el análisis se define una estructura de financiamiento y se definen fuentes de financiación, plazos, condiciones y otros requerimientos del probable financiamiento.

En este estudio se busca dar respuesta a las siguientes preocupaciones :

- De qué fuente obtendrá la entidad que ejecute el Proyecto, los fondos para poner en marcha las obras del Proyecto?
- De qué fuente se obtendrá los fondos para liquidar las deudas en que incurre para el Proyecto?
- Cuáles serán las fuentes de fondos para operar y mantener la infraestructura del Proyecto?

Para cumplir con lo anterior, se tiene en cuenta lo siguiente:

- a) **Requerimientos Financieros:** Se examinan los costos de inversión calculados para el Proyecto y se ajustan según sus costos financieros incluyendo intereses durante la construcción, honorarios de supervisión, seguros de crédito, comisiones de compromiso y otros gastos financieros.
- b) Se incluyen los costos anuales de operación y mantenimiento como egresos proyectados para el período de planeamiento del Proyecto.
- c) Se establece el esquema alternativo de financiación y se calcula el servicio de deuda anual, que será un egreso del Proyecto.

7.2 ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS

7.2.1 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Las Alternativas analizadas como soluciones al tratamiento y disposición final de las aguas servidas y que cumplen con los objetivos del Proyecto son las siguientes :

- **ALTERNATIVA 1:** Impulsión de las aguas servidas hasta la cota 4 102 m s.n.m, con dos estaciones de bombeo, un canal de 1 672 m, planta de tratamiento basada en lagunas y 200 ha para uso en riego.
- **VARIANTE 1a :** Impulsión de las aguas servidas hasta la cota 4 102 m s.n.m, con tres estaciones de bombeo, un canal de 1 672 m, planta de tratamiento basada en lagunas y 200 ha para uso en riego.
- **ALTERNATIVA 2 :** Impulsión de las aguas servidas hasta la cota 4 022 msnm, con dos estaciones de bombeo, un canal de 4 770 m, planta de tratamiento y uso en riego.
- **VARIANTE 2a :** Impulsión de las aguas servidas hasta la cota 4 022 msnm, con tres estaciones de bombeo, un canal de 4 770 m, planta de tratamiento basada en lagunas y 200 ha para uso de riego.

Las dos Alternativas y sus respectivas variantes, se han dimensionado considerando un caudal de diseño instantáneo de 420 l/s, siendo los requerimientos efectivos promedio a partir del año 2025 de 194 l/s.

7.2.2 SUPUESTOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS

Los supuestos del análisis concuerdan con los principios y teorías sobre análisis económico de alternativas en proyectos similares. Los supuestos generales son:

- Se consideran todas las inversiones necesarias para satisfacer los requerimientos del tratamiento de aguas servidas hasta el año 2025, incluyendo los equipos de cada una de las etapas.
- Todas las alternativas consideran grupos electrógenos de emergencia con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema ante eventuales problemas de abastecimiento de energía eléctrica. Sin embargo, en la práctica esto dependerá del año en que se construya el Proyecto y de la puesta en marcha del Proyecto San Gabán que será la principal fuente de energía para esta importante región del país.
- Los presupuestos de obras incluyen el Impuesto General a las ventas (IGV = 18%), pero este no se considera en el análisis económico.
- Se utiliza una tasa de descuento de 12% como representativa de la productividad del capital en el país.

7.2.3 INVERSIONES

Los costos de las alternativas están constituidos por las inversiones y los costos anuales de operación y mantenimiento de cada uno de los componentes del Proyecto y los gastos concernientes al Plan de Manejo Ambiental específico para el ámbito de estudio. En este subcapítulo se analizan las inversiones de los subproyectos o componentes del Proyecto.

a) Estructura de Inversiones

Las valorizaciones a precios de mercado se refieren a aquellas que implican desembolsos reales en efectivo y que se estiman según los costos unitarios de construcción y los presupuestos de obra. Las valorizaciones son

representativas de las condiciones vigentes al mes de agosto de 1997.

A los costos directos se añade el 15% por concepto de gastos generales de las empresas contratistas y 10% por concepto de utilidad. Para efectos de presupuesto de obra, se incluye también el 18% por concepto de Impuesto General a las Ventas-IGV. Este último no se considera al calcular los índices de rentabilidad económica por tratarse de una transferencia financiera que se maneja empresarialmente como crédito fiscal, aún cuando es parte de los flujos financieros reales.

El detalle de los presupuestos de construcción y equipamiento de cada alternativa del Proyecto se incluye en el Anexo N° 1 de este documento y el resumen se indica a continuación en el Cuadro N° vii-1.

Cuadro N°. vii-1

**Costo Total del Proyecto de Conducción, Tratamiento
y Manejo Integral de Aguas Servidas**

DESCRIPCION	Alternativa 1	Variante 1a	Alternativa 2	Variante 2a
Costo Directo 1a. Etapa	6 623	6 993	6 794	6 890
Costo Directo de 2da. Etapa	1 479	1 568	1 409	1 505
Total Costo Directo - Soles	8 102	8 561	8 203	8 395
Gastos Generales y Utilidades	2 026	2 140	2 050	2 099
Total Costo - Soles	10 128	10 701	10 253	10 494
Total Costo - US\$	3 836	4 053	3 884	3 975

1 US\$ = 2,69 Soles (agosto 1997)

Las inversiones en las Alternativas varían entre US\$ 3,84 millones y US\$ 4,05 millones en costos directos e indirectos, con ligeras diferencias entre alternativas.

Las etapas están en función de las previsiones de crecimiento de la población hasta el año 2025, las mismas que se manifiestan en los requerimientos de agua potable y en volúmenes de aguas servidas. Las inversiones antes mencionadas cubren los requerimientos hasta el año 2025, pero la primera etapa cubre los requerimientos hasta el año 2010. A partir de ese año se considera la segunda etapa.

b) Cronograma de Inversiones

El cronograma de inversiones se deriva del planeamiento de ejecución del Proyecto previsto en la programación de actividades para la puesta en marcha y construcción de cada uno de las etapas. El período de construcción de obras, equipamiento y puesta en marcha de cada etapa se estima en un año. La mayor parte de la inversión se realiza en el primer año y las ampliaciones de equipos de bombeo se han previsto a partir del año 15 de iniciado la operación.

7.2.4 COSTOS ANUALES

Los costos anuales corresponden a los costos de operación y mantenimiento de cada componente del Proyecto.

Los costos de operación y mantenimiento de los equipos de bombeo son los más importantes. Estos costos lo constituyen los gastos para operar y hacer funcionar los equipos, las reposiciones, así como los gastos de la organización (personal en las estaciones de bombeo). Dentro de ellos, un rubro importante es el consumo anual de energía. Este rubro se ha estimado en base a los requerimientos de cada equipo y se ha valorizado a los precios promedio que se pagaría por el uso de energía (sin considerar el efecto favorable que tendría la puesta en marcha del Proyecto San Gabán).

En las líneas o tuberías de impulsión prevalece el costo operativo. En este caso, conviene mencionar que en las recientes licitaciones convocadas en la ciudad de Lima por SEDAPAL para la instalación de redes matrices con tuberías de hierro fundido dúctil (similar a la recomendada para este proyecto) se exige tuberías que tengan “costo cero” de mantenimiento durante por lo menos 20 años.

Los estimados de costos anuales se muestran en el Anexo No.2 y los resúmenes se presentan a continuación :

Alternativa 1	:	1 167	miles Soles/año (primera etapa)
Alternativa 1a	:	1 209	“
Alternativa 2	:	923	“
Alternativa 2a	:	985	“

7.2.5 COMPARACION ECONOMICA DE ALTERNATIVAS

A fin de definir la alternativa más conveniente para el Proyecto se ha aplicado el concepto de “costo actualizado o valor presente” , combinando las inversiones y los costos anuales. Para la comparación económica de las alternativas se han considerado los siguientes indicadores y criterios :

- Se ha utilizado el enfoque de análisis privado, con valorizaciones a precios de mercado o “precios financieros”, sin ajuste a “precios sombra”.
- Se consideran las inversiones en todas las etapas.
- Se considera una tasa de descuento de 12% como representativa de la productividad del capital en la economía peruana.
- Se considera como criterio de mérito económico el Valor Presente (VP) de los flujos de inversiones y costos. Dado que todas las alternativas contribuyen a lograr el mismo resultado en términos del tratamiento de aguas servidas, los beneficios no son elementos decisivos entre alternativas, salvo el caso de las áreas de riego, que en alguna alternativa son mayores que en otras. Por tal motivo se incluye el beneficio adicional por el uso del agua tratada en riego como un elemento que disminuye la corriente de “costos actualizados” (los beneficios ingresan al análisis de costos con signo negativo).

Los cálculos de mérito económico arrojan los resultados que se resumen a continuación (los detalles están en el Anexo 2) :

Cuadro N° vii-2
Valor Presente de Costo Económico de las Alternativas

ALTERNATIVAS	VP (Miles US\$)
- Alternativa 1	5 831
- Variante 1a	5 994
- Alternativa 2	5 493
- Variante 2a	5 709

De tales indicadores (que incluyen inversiones y costos anuales de operación y mantenimiento, con valores actualizados) se concluye que la mejor

alternativa del Proyecto es la Alternativa II que propone conducir el agua hasta el abra formada por los cerros Cancharani y Negro Peque y usar las aguas tratadas en el riego de 200 ha, como mínimo (lo que depende del tipo de cultivos que se considere).

Por lo expuesto, en lo que sigue se presenta el análisis económico, social y financiero de la alternativa seleccionada.

7.3 ANALISIS ECONOMICO-SOCIAL

7.3.1 ESTRATIFICACION DEL INGRESO

Según el Censo de 1993, en Puno y sobre un total de 24179 hogares; el 67% de ellos percibieron, en promedio, ingresos de 226 Soles/mes, el 31% obtuvieron 958 Soles, y sólo el 2% obtuvieron ingresos de 2 228 Soles/mes. Estos promedios muestran la existencia de clases o grupos sociales marcadamente diferenciados de alto, medio y bajos ingresos. En esos momentos el Ingreso Mínimo Legal era de 135 Soles/mes.

Otro estudio realizado en el año 1991 por el INEI para la ciudad de Puno, determinó la estratificación del ingreso de la siguiente manera: el 84% pertenecen al estrato bajo, el 13% al estrato medio y el 3% al estrato alto. El ingreso promedio por familia osciló alrededor de US\$ 100 por mes.

Los niveles de ingreso, de las familias son muy importantes para decidir a aceptar el proyecto propuesto. En la mayoría de los países en desarrollo más importante es solucionar los problemas sociales de hambre, salud y educación, pasando a un segundo plano la problemática ambiental, por lo que la implementación de políticas públicas tendientes a solucionar problemas de contaminación, derivados por vertimientos de aguas servidas, están relacionados directamente con las políticas económicas nacionales para la distribución de los ingresos y empleo.

La distribución por grandes grupos del gasto de las familias, muestra que las familias de estratos bajos gasta en alimentos el 61% de sus ingresos, los de clase media el 52 y los de clase alta gastan el 49% de sus ingresos en alimentos y bebidas.

La implementación del proyecto de mejora de la calidad ambiental de la Bahía en el mediano y largo plazo, es muy posible que reduzca los gastos en cuidados y conservación de la salud de los hogares, o sea liberará recursos que

podrán ser destinados a otros rubros del gasto, por ejemplo pago por aceptar el proyecto de descontaminación, pero cabe notar que la liberación de recursos no es significativo.

La existencia de familias con bajos niveles de ingreso y por lo tanto bajos niveles de vida, implica un análisis riguroso para aplicar una adecuada política de pagos (impuestos, tasas, subsidios, etc.) por conservación y mejora en la calidad ambiental que no afecte su nivel de vida.

7.3.2 ASPECTOS EDUCATIVOS

La variable educativa es determinante en la decisión e implementación de políticas de manejo ambiental, por que existe una relación directa entre aceptar, y/o aportar para la realización de un proyecto y el nivel de educación. A mayor nivel de educación mayor disponibilidad a pagar o aceptar por un proyecto de mejora en la calidad ambiental.

En la ciudad de Puno, el 5% de la población con más de 6 años de edad no ha estudiado, 30% tiene nivel de educación primaria, el 36% secundaria y el 29% superior. Esto hace prever que la implementación del proyecto de descontaminación necesitará un programa intensivo de educación ambiental, dado la estructura del nivel educativo de la población.

7.3.3 ASPECTOS DE SALUD

Uno de los avances conceptuales mas significativos de la epidemiología moderna, es la definición de Campo de Salud. En efecto, Lalonde¹ en su trabajo que proyectó la política sanitaria canadiense, plantea que existen cuatro factores determinantes de la salud: los estilos de vida, el medio ambiente, la organización de la atención en salud, y la biología humana. Los cuatro factores se relacionan y se modifican entre si mediante un círculo envolvente formado por la población, los sistemas culturales, la salud mental, el equilibrio ecológico y los recursos naturales. Aún es objeto de discusión la relación entre estos factores de riesgo y los estados de salud y/o enfermedad.

Tanto el modelo epidemiológico tradicional (agente-huesped-medio ambiente) como el concepto de campo de salud, reconocen la relación entre

medio ambiente y la salud y enfermedad. Alan Dever³ detalla las correlaciones causales entre diferentes factores de riesgo ambiental y la salud.

La contaminación del agua y los alimentos tiene una relación directa con las infecciones gastrointestinales epidémicas y endémicas producidas por bacterias; con las infecciones virósicas como la hepatitis; con las amebiasis, esquistosomiasis, hidatidosis y otras infecciones parasitarias debidas a protozoarios y metazoarios⁴. Si bien para los países industrializados, que poseen una buena infraestructura de servicios, esta contaminación biológica es hoy secundaria, para los países en vía de desarrollo la contaminación por gérmenes patógenos, sigue siendo el principal problema sanitario asociado con la calidad del agua. Los costos sociales de esta problemática son elevados. En los países en desarrollo la contaminación del agua es la causa principal de las enfermedades diarreicas, que generan anualmente la muerte a más de dos millones de niños⁵.

Los sistemas convencionales de desinfección de agua, no remueven los residuos de plaguicidas y de metales pesados, y aún las evaluaciones epidemiológicas sobre su impacto en las poblaciones expuestas, son muy precarias, en especial en los países menos desarrollados.

De lo anterior queda claro que el factor ambiente condiciona, en buena medida, tipos de morbilidad y mortalidad, que sólo podrían resolverse mediante intervenciones efectivas en Salud Ambiental. Se entiende por Salud Ambiental el equilibrio entre los condicionantes del entorno ambiental, el desarrollo productivo y las acciones antrópicas sociales y culturales, que permite prevenir y controlar los riesgos para la salud humana, derivados de la contaminación ambiental y del deterioro de los recursos naturales.

La problemática ambiental y salud, tiene niveles preocupantes, esto derivados de la contaminación de la Bahía y del ineficiente servicio de salud con que cuentan los pobladores de la ciudad de Puno (insuficiente número de centros de salud y profesionales).

Las familias de la ciudad de Puno asignan el 1,4% mensual (S/. 232,5 gasto mensual) de su gasto total en salud, siendo un valor muy bajo en relación con otros países como Colombia, Ecuador con características similares al nuestro en los que están por encima del 3%. En la ciudad de Puno dado el bajo nivel de

¹ Lalonte

³ Alan Dever, op. cit.

⁴ Alan Dever, op. cit.

ingresos , que más del 80% de las familias se encuentran en el estrato bajo, y estas familias dan mayor prioridad a destinar sus gastos en alimentos y vestidos.

7.3.4 SERVICIOS BASICOS

El abastecimiento de agua potable y la provisión de adecuados sistemas de tratamiento de aguas servidas constituyen servicios que permiten elevar significativamente la calidad de vida de las familias.

En la ciudad de Puno, solo el 76% de la población cuenta con servicios de agua potable y el 54% con servicios de alcantarillado⁶, siendo deficiente e insuficiente para la población actual existente. Esto constituye un aspecto preocupante en materia de salud ambiental.

7.3.5 TURISMO

Una de las actividades económicas importantes que se desarrolla en la ciudad de Puno es el turismo, aprovechando los atractivos turísticos del folklore y de las Islas flotantes de los Uros, Islas de Taquile y Amantaní en el Lago Titicaca (El Lago más alto del mundo). La información de arribo de turistas a la ciudad de Puno se presenta en el Cuadro No. vii-3.

Cuadro N° vii-3
Arribo de Turistas Nacionales y Extranjeros a la
Provincia de Puno : 1993 -1996

ARRIBOS	Cantidad	%
1993	73286	100
NACIONALES	50268	68.59
EXTRANJEROS	23018	31.41
1994	95101	100
NACIONALES	57685	60.55
EXTRANJEROS	37516	39.45
1995	104789	100
NACIONALES	54394	51.91
EXTRANJEROS	50395	48.09
*1996	113199	100
NACIONALES	51975	45.91
EXTRANJEROS	61224	54.09

*FUENTE: Anuario estadístico de la dirección Regional de
Industria y turismo - Puno 1993-1994. Boletín estadístico*

⁵ Informe sobre el desarrollo Mundial, Desarrollo y Medio Ambiente, Banco Mundial, 1992, pag. 5.

⁶ Datos Obtenidos de las Oficinas de EMSAPUNO, 1997.

de la dirección Regional de Industria y Turismo 1995

* Información correspondiente hasta agosto de 1996

Para el año 1996, hasta el mes de agosto, los estimados de movimiento turístico establecen un ingreso de 113 200 turistas, esperándose al final del año superar los 170 000. Esto significa un movimiento mensual de 14 150 turistas.

Esta actividad se ve seriamente afectada por la contaminación de la Bahía. Sin embargo, en los últimos años el arribo de turistas, especialmente extranjeros, se ha incrementado (como resultado del mejoramiento de la imagen del país en el exterior y la mayor seguridad social).

7.3.6 ESTUDIO DE ACEPTACION DE PAGO Y MONTO A PAGAR POR EL PROYECTO PROPUESTO

a) Aspectos Generales

El estudio se realizó en base a información de fuente secundaria⁷ y de fuente primaria a través de una encuesta aplicada a 1200 familias. Esta última permite conocer la máxima Disponibilidad a Pagar (DAP) por familia en forma mensual de acuerdo a sus posibilidades para asumir los costos de operación y mantenimiento del sistema propuesto.

La DAP es obtenida por el método de Valoración Contingente (VC) método referéndum⁸, este método es uno de los más usados por los organismos internacionales como el BID, Banco Mundial y es uno de los más adecuados para este tipo de estudios de bienes que no se transan en el mercado, como los bienes públicos, que es el caso de la calidad ambiental.

b) Determinación del Tamaño Óptimo de la Muestra

Sobre la base de la población total existente en la ciudad de Puno 96,500 habitantes, siendo el promedio de 6 miembros por familia, se tiene aproximadamente 16 083 familias, sobre las cuales se determinó el tamaño de la muestra. Se utilizó la fórmula de muestreo por proporciones, asumiendo de que

⁷ Información estadística de EMSAPUNO, INEI, REGIÓN JCM, y otras instituciones.

⁸ Bishop y Haberlin (1979), y Michael Haneman y Cameron (1989) desarrollaron y probaron formulaciones teóricas para la medición de cambios en el bienestar de las personas, en este caso se asume que se está tratando de medir el impacto de mejorar la calidad del agua que podría ser utilizado por la población.

la probabilidad de ocurrencia de una respuesta SI es 0,5, esto asegura el mayor tamaño posible de la muestra, cuya formula⁹ es:

$$n_0 = \frac{Z^2(p)(q)}{d^2},$$
$$n_0 = (1.96)(0.5)(0.5)/(0.02)^2 = 1225$$

donde: n_0 tamaño de muestra no ajustado, estadístico “Z” al 95% de confianza (1,96) en tablas estadísticas, (p) proporción de la característica de la muestra (probabilidad de ocurrencia de SI o NO), entonces $q=(1-p)$, y “d” error permitido para la muestra (2%).

El tamaño de muestra ajustado a la población :

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}, \quad n_1 = 1225 / (1 + 1225 / 16083) = 1138$$

Las muestras propuestas serán : Con un error de muestreo del 2% es $n_1=1138$.

Del diseño de las encuestas y el procesamiento de las mismas, previamente juzgadas se definieron las variables para la estimación de la DAP.

c) Marco Teórico Metodología

Con mucha frecuencia se hace necesario saber cuándo un proyecto público mejora el bienestar social. En general los beneficios y costos de un proyecto afectan a cada persona de una manera distinta. ¿Cómo deben compararse estos distintos costos y beneficios?. El problema de la medición de los beneficios y costos de un proyecto, aplicado a un conjunto de individuos o comunidad utilizando el criterio de Pareto y criterios de compensación de Kaldor Hicks, basados en la economía del bienestar y la teoría microeconómica son el soporte teórico del presente trabajo.

d) Medidas del Bienestar¹⁰

⁹ Tomado de W. Stevenson (1981) Estadística para Economía y Administración.

La economía del bienestar proporciona medidas monetarias del cambio en el bienestar de las personas asociado con cambios en el niveles de precios o cambios en las cantidades consumidas. En general, se definen dos medidas denominadas variación compensatoria (C) y variación equivalente (VE)¹¹.

Las formas de cálculo de las medidas monetarias de cambios de bienestar (C* y C') se pueden estimar de a partir de las siguientes formas:

Fórmulas para la estimación de la Media y Mediana :

MODELOS	MEDIA (C')	MEDIANA (C*)
Logarítmico	$C' = e^{\alpha/\beta} \pi / \beta \sin(\pi / \beta)$	$C^* = e^{\alpha/\beta}$
Lineal	$C' = \text{Log}(1 + e^{\alpha}) / \beta$	$C^* = e^{\alpha/\beta}$

FUENTE: *Ardila (1993)*

e) Método de Valoración Contingente (Vc).

Existen diversas justificaciones para el uso de los métodos de valoración¹² de bienes que no tienen mercado, dentro de estos está aquellos que involucran el medio ambiente.

Actualmente el método de valoración contingente¹³ es el método más utilizado en la evaluación de proyectos de bienes y servicios públicos y proyectos

¹⁰ Desarrollos amplios sobre medidas del bienestar pueden ser encontrados en Just, R. Heuth D; Schmitz, A. (1982) y Mishan (1988)

¹¹ La variación compensatoria, toma como referencia el nivel de utilidad que el consumidor alcanza en la situación sin proyecto (U_0) para el caso de una reducción en el nivel de precios es igual a la cantidad de dinero que hay que substraer del ingreso original del individuo para hacer su nivel de utilidad con proyecto iguale al nivel de utilidad sin proyecto. La variación equivalente toma como referencia el nivel de utilidad que el individuo alcanzaría con el cambio de precios siendo equivalente a la cantidad de dinero que habría que darle al individuo en la situación sin proyecto, para que alcance un nivel de utilidad semejante al que alcanzaría en la situación con proyecto con el nivel de ingreso original. Para una reducción en los precios la C se puede definir como el valor tal que $U(P_1, Y-C)=U(P_0, Y)$ y $VE U(P_1, Y) = U(P_0, Y+VE)$, donde 0 y 1 indican situaciones con y sin proyecto.

¹² Dentro de los métodos de valoración existen: el método del costos de viaje, costos evitados, precios hedónicos. La aplicación de estos métodos indirectos de valoración podrían subestimar significativamente los beneficios esperados del proyecto, ya que estos se basan en precios y cantidades reales en un mercado estrechamente relacionado al bien analizado, a efectos de estimar económicamente la función de demanda, asimismo solo es capaz de estimar aquella parte de los beneficios que tienen una relación cuantificable con otros bienes complementarios y sustitutos, no siendo posible captar con estos métodos el beneficio total del proyecto. Desarrollos teóricos y aplicaciones se pueden encontrar en : Azqueta (1994), Freemann II (1993) y otros autores.

ambientales en USA y otros países¹⁴, existiendo notables avances teóricos asociados con su aplicación en las técnicas empíricas utilizadas.

La valoración contingente considera una forma de estimación directa, ya que se pregunta directamente a una muestra de la población en cuanto valoran un determinado bien para el cual no existe mercado. La aplicación del método se enfrenta con la tarea de identificar el tipo de medida de bienestar que se pretende estimar. Las dos más comunes son la variación compensada y la variación equivalente. La importancia reside en el hecho de que, por lo general se generan cuatro valores distintos, según el escenario y tipo de medida, con lo que el investigador puede cometer un error de medición si no plantea correctamente el problema.

Mediante la variante del método de valoración contingente llamada técnica de referéndum¹⁵ se deducirá la DAP, la cual determinará el valor de uso del recurso.

El supuesto fundamental, es que la gente se comporta en la misma forma que en un mercado real relevante.

f) Resultados de Modelo Logit

El desarrollo del Modelo se presenta en el Anexo No. 3 de este documento.

Los resultados obtenidos del estudio en su mayoría son los esperados, para la estimación de la DAP por el proyecto de la descontaminación de la Bahía propuesto.

¹³ Cuando la función de utilidad de la persona se especifica en términos de una serie de subconjunto de bienes, completamente independientes entre sí. Si los bienes ambientales pertenecen a cualquier de estos subconjuntos, y la función de utilidad es estrictamente separable, lo que ocurra con ellos no refleja el comportamiento de la persona en el mercado con respecto a ningún otro bien privado, por lo que la observación de su conducta no se trasluce, entonces no queda otra alternativa mas que preguntarle directamente por el cambio en el bienestar experimentado (si ya ocurrió) o esperado (si se trata de un cambio potencial), esta es la base del método de valoración contingente.

¹⁴ En Hanemann (1994), Una reciente lista de bibliográfica de 1600 estudios y documentos en 40 ciudades en muchos de sus tópicos, incluyen transporte, saneamiento, salud, arte y educación, así como el medio ambiente. La Valoración Contingente es usada en todo el mundo (Navrud 1992), tanto por agencias gubernamentales y el Banco Mundial para realizar juicios sobre una variedad de inversiones

¹⁵ La técnica referéndum se refiere a plantear la pregunta sobre la disposición a pagar no en forma abierta, sino, binaria ¿ pagaría usted tanto por...? ¿sí o no?

Para determinar la DAP se estimaron 5 ecuaciones¹⁶, la más consistente fue la Ecuación lineal, a partir de la cual se estimó los resultados para la pregunta de opción a pagar por el proyecto.

A los precios indicados en su equivalente mensual, se obtuvo que de un total de 1,191 entrevistas efectuadas¹⁷, 554 respuestas favorables, que representan el 46,52%, al precio más bajo S/. 1.00 (U.S.\$ 0,37¹⁸) las respuestas favorables fueron del 92,88%, reduciéndose hasta un 22,42% para un precio de S/. 15,00 (U.S.\$ 5,59). Ignorando por el momento los posibles sesgos por correlación entre precio y las otras variables que también influyen sobre la decisión de aceptar o no el proyecto, se puede inferir directamente (de los precios presentados) la disposición a pagar mediana es S/. 7,25¹⁹ (U.S.\$ 2,75) mensuales, siendo el porcentaje de respuestas favorables de 57,50%.

A partir de los modelos seleccionados se estimó una disposición mediana a pagar para el modelo lineal S/ 7,84 (US\$ 2,97) correspondiendo al 50% de la probabilidad de respuestas afirmativas

Este valor mediano estimado a partir de la ecuación utilizada, es un valor influenciado por las características socioeconómicas como: nivel de educación, ingresos, ocupación, características de la vivienda, y otras, ósea es un valor muy confiable y representativo para poder implementar como una posible tarifa a cobrarse por el proyecto propuesto.

Los análisis de los principales elementos requeridos en la aplicación del método de valoración contingente al proyecto de descontaminar la Bahía de Puno Perú son válidos y consistentes. Esto con respecto al tamaño muestral, el proceso de implementación de las encuestas y el formulario de preguntas aplicadas, los resultados de los modelos econométricos, condujeron a la obtención de una DAP de S/ 7,84 (U.S.\$ 2,97) mensuales por familia, representando el 3,38% del ingreso familiar mensual,²⁰ respuesta de valor

¹⁶ Ecuación(1) modelo lineal o aplicación del modelo con utilidad marginal constante con variables socioeconómicas más significativas, ecuación (2) modelo lineal solo con precios e ingresos, Ecuación (3) se aplico un modelo logarítmico incluyendo las variables socioeconómicas más significativas, la ecuación (4) se aplico el modelo logarítmico con solo el precio e ingresos, Ecuación (5), se aplico un modelo lineal con el efecto ingreso ($Z=P/Y$).

¹⁷ Un 53.48% de entrevistado contestó negativamente al precios propuesto. En el cuadro Nro. 09. anexo . 02, se clasifica las razones por las cuales rehusan pagar, el precio propuesto es muy alto cuenta con el con el 53.4% considerados como posibles pagadores, factores económicos con un 37.28% interpretables como rechazo al proyecto.

¹⁸ Se utilizó el tipo de cambio libre de mercado de S/. 2.68 por dólar, al 05 Jun, 1996.

¹⁹ Ver detalles del cálculo en Stevenson W. (1981), Estadística para administración y economía, P. 52-53.

²⁰ El ingreso promedio mensual de una familia en la ciudad de Puno es de S/.232.42 equivalente aproximadamente a U.S.\$ 100, para mas detalles de la distribución del gasto por familia.

confiable, que garantizan, para la determinación de los beneficios económicos y financieros del presente trabajo.

De acuerdo a los resultados de la encuesta, las principales variables socioeconómicas que influyen en la determinación de la DAP se presentan y se analizan a continuación:

- El nivel de ingresos, es una de las variables más significativas. En la encuesta (junio de 1997) se estimó en S/. 660 nuevos soles mensuales promedio por familia, con un máximo de 9 000 soles y un mínimo de 100 soles mensuales. Si sucede una mejora en el nivel de ingresos habrá una mejora en la disponibilidad a pagar por el proyecto. Según el Censo de 1993, en Puno y sobre un total de 24 179 hogares; el 67% de ellos percibieron, en promedio, ingresos de 226 Soles/mes, el 31% obtuvieron 958 Soles, y sólo el 2% obtuvieron ingresos de 2 228 Soles/mes.
- Otra variable considerable es el sexo, indicándonos que los hombres como jefes de familia son los más dispuestos a pagar por el proyecto. El 81,19% de jefes de familia fueron varones y el 18,81% corresponde a jefes de familia mujeres. La edad promedio de los jefes de familia en ambos sexos fue estimado en 45 años.
- Con respecto a la entidad de preferencia sobre la realización del proyecto un 70,27% de familias prefiere a una entidad privada y un 29,73% una entidad pública.
- Con respecto al tipo de viviendas ocupadas el 82,36% corresponden a propias y el 17,63% a alquiladas, distribuyéndose homogéneamente dentro de las zonas encuestadas. Del total de casas o familias entrevistadas el 59,1% (704 casas) discurren sus aguas pluviales a la calle y un 40,9% (405) lo hacen a los canales de desagüe, esto requiere una educación masiva de manejo de aguas pluviales ya que en épocas de lluvia se estaría pagando por el bombeo de un gran porcentaje de aguas pluviales, incrementando los costos.
- Otro aspecto importante en relación al manejo adecuado de los residuos sólidos es la forma como se viene realizando el recojo de las basuras. Sólo el 59% de la población cuenta con este servicio y el 41% no cuenta con servicio de recojo de basuras, estos utilizan los basurales del barrio, los canales aguas pluviales, la pampa y/o el Lago.

- La variable educativa permitirá la implementación de un adecuado programa de una educación ambiental, en este sentido, podemos apreciar que la población de la ciudad de Puno, tiene como jefes de familia con nivel educativo superior completa con un 38,3%, un 24,3% con nivel de educación secundaria completa, 12,34% con superior incompleta, y siendo solo el 1% de jefes de familias sin ningún nivel de instrucción. Esta composición del nivel de educación de los jefes de familia, permitiría que frente a una política de educación ambiental, la población puneña respondería rápidamente, por otro lado esto hace que una gran parte de las familias están dispuestos a aceptar y pagar por la implementación y mantenimiento del proyecto propuesto, manteniéndose la relación teórica a mayor nivel de educación mayor disponibilidad a pagar y/o aceptar el proyecto.
- Otra variable importante que hay que tener en consideración es la ocupación de los jefes de familia. El 39,37% de jefes de familia son empleados del sector público y/o privado, el 17,88% comerciantes, 13,43% son jubilados o rentistas, el resto de ocupaciones es homogénea con niveles menores al 10%. De aquí podemos afirmar que cualquier política que afecte el sector comercial o los empleos en el sector público y/o privado, afectará de sobremanera al proyecto de descontaminar la Bahía.

7.3.7 BENEFICIOS CON LA DAP

a) *Beneficios Económicos*

Los Beneficios derivados del proyecto de descontaminar la Bahía fueron estimados considerando la DAP estimada, para un horizonte de tiempo de 25 años²¹.

Sabiendo que estos beneficios significan un cambio favorable en el bienestar de la sociedad. Estos beneficios no solamente están relacionados con aumentos en el consumo (utilización del recurso Lago), si no, también en el largo plazo por liberación de recursos que significará una disminución de los gastos en que incurren las diferentes familias de la ciudad de Puno, en tratamientos de salud por ejemplo (ahorro de recursos o menores costos).

²¹ Se consideró como un horizonte de tiempo para el análisis, la vida útil de una planta de tratamiento de aguas servidas, que en promedio es de 25 años.

Utilizando la DAP (Mediana) directamente se estimó los resultados bajo las siguientes consideraciones:

- Para el horizonte de tiempo considerado (25 años), se proyectó la población total de la ciudad de Puno a una tasa de crecimiento anual de 2.6%²², tomándose únicamente la población urbana de 96,500 habitantes para 1996
- Se consideró el número promedio de 6 miembros por familia estimándose para el año de 1996 un total de 16 083 familias
- En base al DAP (mediana) de S/. 7,84 soles mensuales por familia, se estimó un monto inicial de S/. 129 370 soles mensuales, equivalentes a S/. 1 552 461 anual al inicio del Proyecto.

Los cálculos respectivos con una tasa de descuento de 12% se indican en el Cuadro N° vii - 4.

Se obtendría un beneficio económico presente anual de S/. 14,67 millones, equivalentes a U.S.\$ 5,56 millones (1 US\$ = 2,64, a junio de 1997, que corresponde al mes que se aplicó la encuesta). Este es un indicador que sirve de justificación para la realización del proyecto propuesto para la recuperación y preservación de la Bahía. Si el costo actualizado de las obras previstas es igual o menor al monto de beneficios, entonces, sólo considerando el DAP, el proyecto es viable en términos económico-sociales.

Estos beneficios son calculados sobre el total de la población (beneficiarios potenciales) ya que si se emprendiera el proyecto de descontaminación, y dada las características del bien (recurso de uso común), estos beneficios serían aún mayores.

b) Beneficios Financieros

A diferencia del anterior estos beneficios no determinan un cambio de bienestar de toda la población, si no más bien únicamente para los dueños del proyecto (inversionistas) como beneficiarios, para lo cual la medición fue hecha como se explica a continuación. Esto sería equivalente, por ejemplo, a lo que están dispuestos a pagar los usuarios a EMSAPUNO por el mejoramiento del servicio de tratamiento y disposición final de las aguas servidas.

²² Dato obtenido del INEI Puno, "Boletín estadístico" agosto de 1996

Los beneficios financieros, se han calculado en base a las siguientes consideraciones :

- Con base en el número total de familias se calculó el porcentaje de respuestas afirmativas comprometidas con la realización del Proyecto, que fue de 46,52 %, y una mediana de 50% (según procedimiento aplicado) significando un total de 8 042 familias.
- Se consideró el 80% que corresponde a la cobertura²³ de agua potable, y 54% a alcantarillado, es decir un total de posibles pagadoras en un primer instante en caso de implementarse el proyecto igual a 6 433 familias²⁴ correspondiendo al año de 1997.
- Similarmente al caso de los beneficios económicos, se tomó la DAP (mediana) de S/. 7,84 por familia.
- Con la DAP se tendría un beneficio total de aproximadamente S/. 621000 a partir del primer año de operación del Proyecto.
- Se utiliza una tasa de descuento anual de 12% para un horizonte de 25 años.

Los resultados se presentan en el Cuadro N° vii-5. El VP del beneficio financiero anual sería de S/. 5,87 millones equivalente a U.S.\$ 2,22 millones.

Lo anterior significa que los “más conscientes” usuarios de los servicios de agua y desagüe (sólo 6 433 familias de un total de 16 083) estarían dispuestos a cubrir los costos adicionales derivados de la operación y mantenimiento del Proyecto hasta por un monto total anual aproximado de US\$ 235 000. Cualquier monto adicional deberá ser financiado con otras fuentes. Aquí resulta importante el enfoque integral que se le ha dado al Proyecto, con lo cual se justifica transferir recursos de otras fuentes o sectores (otros sectores económicos o de servicios) que se benefician con la ejecución de este Proyecto. Una discusión amplia al respecto se incluye en páginas posteriores.

²³ Se considera solo el % de las familias con cobertura de agua potable, bajo consideraciones de implementación de mecanismos de cobro, será esta proporción de las familias las que realmente pueda hacer efectivo el pago mediante las facturaciones de agua potable y pagar por la descontaminación de la Bahía.

²⁴ Con respecto a las familias usuarias, para un estudio más realista tendría que entrarse a analizar los siguientes detalles : crecimiento del número de miembros por familia, tasa de migración en el tiempo, y por otro lado la perspectiva del crecimiento de la cobertura de servicios todo dentro del horizonte de tiempo analizado. En el presente estudio no se tomó en cuenta los detalles por razones de limitaciones en la información.

7.3.8 CONCLUSIONES DEL ANALISIS ECONOMICO-SOCIAL

- Del total de entrevistados el 98,57% están interesados en la descontaminación de la Bahía y el 70,27% está de acuerdo que dicha descontaminación lo ejecute una entidad privada y el 29,73% por que sea una entidad pública, esto implica la poca credibilidad de las familias en las empresas públicas.
- Considerando el ingreso promedio mensual estimada por el INEI-ENSECO para 1991, el 46,52% de las familias están dispuestos a sacrificar el 3,63% de sus ingresos mensuales para el DAP. Pero, si se considera el promedio de ingreso mensual de las encuestas (mayo de 1997) que es de S/. 660,89 soles la DAP representa el 1,19% de este ingreso (lo mismo que destina en gastos de conservación de la salud) por la implementación del proyecto propuesto. Ello se ha determinado a través del valor mediano equivalente a S/. 7,84 (U.S.\$ 2,97) mensuales por familia.
- La necesidad de realizar un diagnóstico, optimización y obras de ampliación de las redes de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial, se reflejan en que más del 37% de familias discurren las aguas pluviales de sus domicilios a las redes de desagüe, esto implica que en épocas de lluvia las aguas servidas aumentan considerablemente, con el consiguiente incremento en los costos de bombeo de aguas servidas.
- Los beneficios económicos derivados del proyecto de descontaminar la Bahía de Puno, calculados sobre una DAP (Mediana) de S/. 7,84 (2,97 US dólares) mensuales por familia, en un horizonte de 25 años y una tasa social de descuento del 12% fue estimado en un Valor Actual o Valor Presente (VP) equivalente a U.S.\$ 5,56 millones. Por su parte, el costo actualizado de la Alternativa Seleccionada es de US\$ 5,49 millones, lo que pone en evidencia que por sí solo la DAP hace económicamente viable el Proyecto. Adicionalmente, habría que considerar en el análisis al menos parte de los beneficios derivados de la descontaminación de la Bahía Interior, para lo cual este proyecto es el componente principal. Este tipo de análisis se presenta en páginas posteriores.

- Por otra parte, los beneficios financieros de la DAP, calculados sobre el 46,52% de las familias aceptantes del proyecto propuesto y el 80% de estas familias que son corresponden a la cobertura del servicio de agua potable y desagüe, para un horizonte de 25 años y una tasa de interés de 12%, representa un Valor Actual equivalente a U.S.\$ 2,22 millones, que permitirían financiar parte del proyecto propuesto.
- Dada la estructura del nivel educativo alcanzado por los jefes y/o responsables de familia, en la que el 38,28% tiene superior completa, 24,26% secundaria completa, y el 12,34% superior incompleta. La implementación de una política de educación ambiental repercutirá en un incremento de parte de las familias por la aceptación del proyecto propuesto.

7.4 ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVA SELECCIONADA

El presente proyecto debe ser visto como parte integrante y primordial del Proyecto Integral de Descontaminación y Desarrollo de la Bahía Interior de Puno. Como tal, sus costos y beneficios están asociados a él, especialmente para efectos de su operación y mantenimiento. En el estudio de dicho proyecto se ha realizado un análisis económico y financiero involucrando todos los componentes del mismo. En este capítulo se incluye un análisis económico y financiero exclusivamente para la Conducción, Tratamiento y Manejo Integral de Aguas Servidas, pero sin olvidar que sus resultados están asociados a aquellos mencionados para el Proyecto Integral. Por tal motivo, al estimar los beneficios se ha asignado parte de los beneficios calculados para el proyecto integral, tal como se indica más adelante.

7.4.1 INVERSIONES

Las inversiones se han establecido a precios de mercado, que implican desembolsos reales en efectivo y que se estiman según los costos unitarios de construcción y los presupuestos de obra. Las valorizaciones son representativas de las condiciones vigentes al mes de agosto de 1997.

A los costos directos que se han establecido en los presupuestos de obra,

se le añade un estimado del 15% por concepto de gastos generales de las empresas contratistas y 10% por concepto de utilidad. Para efectos de presupuesto de obra, se incluye también el 18% por concepto de Impuesto General a las Ventas-IGV. Este último no se considera al calcular los índices de rentabilidad económica por tratarse de una transferencia financiera que se maneja empresarialmente como crédito fiscal, aún cuando es parte de los flujos financieros reales. Con fines del análisis económico y teniendo en cuenta que se podría recurrir a financiamiento externo, se añade 10% por inversiones no previstas (variaciones en diseños, obras menores y otros, con porcentaje que utilizan las instituciones multilaterales de crédito) y 5% para supervisión y gastos administrativos durante la construcción del Proyecto.

El detalle de los presupuestos de construcción y equipamiento se incluye en el Anexo N° 1 de este documento.

Las inversiones totales en la alternativa seleccionada, incluyendo imprevistos y servicios de supervisión de obras, alcanzan los US\$ 4,5 millones, de los cuales US\$ 3,11 millones corresponden a costos directos.

7.4.2 CRONOGRAMA DE INVERSIONES

El cronograma de inversiones se deriva del planeamiento de ejecución del Proyecto previsto en la programación de actividades para la puesta en marcha y construcción de cada uno de sus componentes. Tratándose de plantas de bombeo y tuberías, se ha previsto las dimensiones para todo el caudal hasta el año 2025, sin embargo, se prevé mayor equipo en el año 15 de iniciado el proyecto para bombear mayor caudal. De ahí que la mayor parte de la inversión se realiza en el primer año (83%).

7.4.3 COSTOS ANUALES

Los costos anuales corresponden a los costos de operación y mantenimiento de las obras y equipos del Proyecto.

Los costos de operación y mantenimiento son aquellos gastos para operar y hacer funcionar los equipos, las reposiciones, así como los gastos de la organización (personal y trabajo administrativo en Planta). Dentro de ellos, un rubro importante es el consumo anual de energía. Este rubro se ha estimado en base a los requerimientos de cada equipo y se ha valorizado a los precios

promedio vigentes en el mercado por el uso de energía. Cualquier disminución del precio de la energía por el Proyecto San Gabán repercutirá en mayores beneficios para el Proyecto.

En las líneas o tuberías de impulsión prevalece el costo operativo. En este caso, conviene mencionar que en las recientes licitaciones convocadas en la ciudad de Lima por SEDAPAL para la instalación de redes matrices con tuberías de hierro fundido dúctil (similar a la recomendada para este proyecto) se exige tuberías que tengan “costo cero” de mantenimiento durante por lo menos 20 años.

7.4.4 BENEFICIOS

Los beneficios netos atribuidos al Proyecto corresponden a los pagos que efectuarían los usuarios, en los montos que se han estimado en el Capítulo anterior, los beneficios derivados de las áreas regadas con las aguas servidas y las asignaciones derivadas de su influencia en el Proyecto Integral de Descontaminación y Desarrollo de la Bahía Interior de Puno.

a) Beneficios Directos

El Proyecto generará innumerables beneficios directos (relacionados con sus objetivos específicos) e indirectos, ya sea de carácter económico, financiero, social y ecológico que conviene mencionar, aún cuando no todos ellos son materia de análisis cuando se evalúa un proyecto con un enfoque de inversionista privado y de competitividad.

Entre los beneficios directos, es preciso mencionar los siguientes :

- Beneficios económicos derivados del pago de la DAP que efectuaría la población de Puno, en razón de sus expectativas de mejoramiento de las condiciones ambientales de la Bahía Interior de Puno. Estos beneficios se han calculado sobre una DAP (Mediana) de S/. 7,84 (2,97 US dólares) mensuales por familia, y cuyo Valor Presente (VP) es equivalente a U.S.\$ 5,56 millones.
- Beneficios directos que serán percibidos por los agricultores que utilicen las aguas tratadas para el riego de diversos tipos de cultivos. El Proyecto permitirá involucrar a la agricultura un total de 300 ha, de las

cuales alrededor de 200 ha se pueden utilizar en la producción de cultivos estacionales (especialmente granos y tuberosas) y las otras 100 ha se aprovecharían para reforestación. También puede dedicarse el 100% del área a la reforestación, lo que dependerá de la decisión que tome el PELT al respecto (pues podría definirse un gran parque forestal en las áreas regadas con aguas tratadas). Para fines del cálculo de beneficios, se han efectuado simulaciones con “Fincas tipo” con cultivos estacionales que se adaptan a las condiciones climáticas de la zona. Debido a que se dispondrá de agua tratada de manera permanente, es posible considerar dos cosechas anuales en por lo menos el 50% de la superficie disponible. En base a ello se ha estimado que los beneficios podrían oscilar entre 380 y 690 US\$/ha/año (dependiendo de la rentabilidad de cada cultivo). Por este motivo, en el análisis económico se asume un beneficio promedio de US\$ 500/ha/año en las 200 ha aptas para cultivos estacionales.

- Beneficios económico que percibirán los inversionistas de los proyectos asociados al desarrollo económico y ecoturístico de la Bahía Interior (instalación de hoteles, clubes, etc.). En el estudio del Proyecto Integral de Descontaminación de la Bahía Interior (ATA/DIMA, octubre de 1997) se ha estimado un beneficio por este concepto que equivale a US\$ 6,48 millones/año. Como el proyecto de Conducción, Tratamiento y Manejo de Aguas Servidas contribuye a que sea posible obtener esos beneficios, es lógico asumir como propios parte de ellos. La asignación de beneficios se puede establecer de manera proporcional a los costos actualizados de todos los componentes del Proyecto Integral. Según la información incluida en el estudio mencionado, los costos actualizados del Proyecto Integral son del orden de US\$ 56 millones, en tanto que los costos actualizados del Proyecto de Aguas Servidas suman US\$ 10,46 millones (inversiones y costos de operación y mantenimiento en 25 años), que representa el 19% del costo actualizado del Proyecto Integral. Por tal motivo, en la asignación de beneficios por el desarrollo ecoturístico se ha considerado un monto equivalente al 20% de los beneficios anuales por este concepto, con un índice de crecimiento similar a la tasa de crecimiento de la población (el crecimiento turístico es mayor tal como se observa en el Cuadro No. vii-3, pero es preferible trabajar con índices más conservadores).
- Otros beneficios directos son los beneficios financieros, como ingresos municipales y estatales por aranceles, impuestos, concesiones, etc, que serán captados por la revalorización de las tierras y viviendas y la

mayor actividad económica en la Bahía. La asignación de estos beneficios para el análisis del presente Proyecto se considera más adelante en el Análisis Financiero.

b) Beneficios Indirectos

Son beneficios generales atribuidos a los componentes del Proyecto pero que son percibidos por otros agentes diferentes a los ejecutores de aquellos. Entre ello se puede citar :

- Beneficios indirectos por las mejores condiciones ambientales, saneamiento y de recreación, que serán percibidos por la población en su conjunto y que se manifestará en menores gastos familiares en salud. La cuantificación de estos beneficios implica muchos supuestos, sujetos a imprecisiones, motivo por el cual no se han considerado en el análisis económico del Proyecto.
- Beneficios sociales, porque se generará empleo durante la construcción y operación de las obras, lo que implicará mayor ingreso familiar. Esto contribuirá, en alguna medida, a reducir las presiones por fuentes de trabajo para la población económicamente activa. Un estimado de los empleos generados se comenta en el ítem correspondiente a Impacto Socioeconómico.
- Beneficios geo-políticos derivados de un mayor desarrollo turístico en la ciudad de Puno, lo cual resulta estratégico para un mejor posicionamiento y mayor inserción en el eje turístico Arequipa-Cusco-Puno-La Paz. Mientras que en Puno, el INADUR estima la permanencia de los turistas en 1 día/turista, al otro lado del Lago, en Copacabana se estima en alrededor de 3 a 4 días/turista. El desarrollo ecoturístico en la Bahía implica una capacidad final hotelera de 2000 camas, que puede soportar un flujo de turistas adicional mayor a todo el movimiento mensual actual. Solamente considerando una permanencia de 3 días/turista el flujo mensual se incrementaría en 12000 turistas/mes asumiendo la utilización del 60% de la capacidad instalada. Los beneficios económicos para el Sector Privado, estimados en el Estudio de Descontaminación de la Bahía Interior, serían del orden de US\$ 6,48 millones/año y el Estado percibiría US\$ 7,78 millones/año.

- Beneficios ecológicos que dependen de la puesta en práctica del plan de monitoreo y manejo ambiental en la Microcuenca de Puno y de la Cuenca del Lago Titicaca. Por un lado, estos beneficios estarán ligados a la reubicación de los sistemas de tratamiento de aguas servidas, el control del flujo de los lodos y la coordinación institucional para controlar y evitar que se arrojen residuos tóxicos al río y, por otro lado, al manejo y control ambiental con el futuro desarrollo de la Bahía Interior.

7.4.5 ANALISIS DE RENTABILIDAD

Se elaboraron los flujos de beneficios y costos con el objeto de realizar la evaluación de los méritos económicos del Proyecto mediante los indicadores de rentabilidad internacionalmente conocidos, como son: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C).

Para el análisis económico y financiero se ha asumido los siguientes criterios :

- Se ha utilizado el enfoque de análisis privado, con valorizaciones a precios de mercado o “precios financieros”, sin ajuste a “precios sombra”.
- Se considera una tasa de descuento de 12% como representativa de la productividad del capital en la economía peruana.

Los cálculos de rentabilidad se incluyen en el Anexo No. 4. Los indicadores se resumen a continuación en el Cuadro N°6.

Cuadro No. 6
Indicadores de Rentabilidad Económica
del Proyecto

Indicadores de Rentabilidad	Unidad	Valor
VPN al 12 %	Miles US\$	6 130
R/C al 12%		2,10
TIR	%	26,7

7.4.6 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Como parte del presente estudio, se ha realizado el Análisis de Sensibilidad que tiene por objeto determinar el grado en que la rentabilidad individual de los componentes del Proyecto es disminuida debido a cambios en los valores de las principales variables que definen la cuantía de los costos y beneficios.

Las hipótesis utilizadas en todos los cálculos se examinan desde el punto de vista de su fiabilidad y aleatoriedad para luego recalcular los indicadores y determinar la sensibilidad de los resultados a la variación en las hipótesis y, consecuentemente, obtener rangos de valores mínimos y máximos sobre la viabilidad del Proyecto.

a) Variaciones en Beneficios y Costos

Se ha considerado pertinente estimar los índices de rentabilidad asumiendo variaciones en costos (mayores costos de obra y/o costos de operación y mantenimiento) y beneficios (menores beneficios por menores tarifas y/o menor producción de energía), de manera independiente y simultánea. La sensibilidad solamente se ha estudiado para los ingresos con venta de agua y energía. Se asume incremento de 10% en costos y disminución del 10% de beneficios como posibilidades desventajosas para el Proyecto. Los porcentajes asumidos concuerdan con los niveles comúnmente utilizados en este tipo de proyectos. Obviamente, cualquier posibilidad ventajosa respecto a los criterios asumidos incrementará el valor de los índices de rentabilidad.

Las simulaciones efectuadas permiten señalar que las variaciones asumidas en beneficios (disminución del 10%) y costos (aumentos del 10% en inversiones y costos de operación y mantenimiento) alteran la rentabilidad de los componentes del Proyecto. Asumiendo cambios en las mismas proporciones, el aumento en costos tiene menor efecto negativo que la disminución de beneficios.

El soporte máximo, cuando se asume variaciones en costos y beneficios, corresponde a la máxima variación en la que se alcanzan los denominados "puntos muertos" o "puntos *break even*", en los cuales hay igualdad de costos y beneficios actualizados. Por ejemplo, si se indica que el soporte máximo es de 25% en disminución de beneficios, esto significa que en ese nivel se obtiene una rentabilidad para el proyecto expresada en : TIR igual a la tasa de descuento, relación B/C = 1 y VPN = 0.

Los indicadores de rentabilidad con el análisis de sensibilidad para el proyecto se presentan en a continuación en el Cuadro N° 7.

Cuadro No. 7
Análisis de Sensibilidad del Proyecto

Indices de Rentabilidad	VPN (Miles US\$)	Relación B/C	TIR %
Condiciones normales	6 130	2,10	26,7
Incremento de 10% en costos	5 578	1,90	24,5
Disminución de 10% en beneficios	4 957	1,89	24,3

c) Sensibilidad en Período de "Maduración"

Las obras del Proyecto han sido programadas sin optimismo y adecuándose al ritmo de inversión observado en otros proyectos..

La principal causa del alargamiento en el período de maduración es el aspecto financiero. Si no hay un adecuado flujo de capitales, las obras se posponen y también sus beneficios.

El atraso en el período de maduración puede tener mayores efectos que el incremento en costos debido a que el valor presente de los flujos netos disminuye a medida que pasa el tiempo. Este es un aspecto que deberá tenerse muy en cuenta al tomar las decisiones sobre la construcción y puesta en marcha de cada componente del Proyecto.

7.5 IMPACTO SOCIOECONOMICO

La persona humana es el fin supremo de todo acto del Gobierno o de la empresa privada. Todos buscan para la población un mayor bienestar. No es necesario reiterarlo. Este Proyecto, también se orienta a generar un mayor bienestar derivado de las ventajas del saneamiento ambiental y las posibilidades de desarrollo ecoturístico en la Bahía Interior.

Según los estimados de población, la ciudad de Puno tendrá año 2025 una población de alrededor de 188 500 habitantes. Esta población requerirá una capacidad de evacuación de las aguas servidas de aproximadamente 194 litros/segundo a partir de dicho año. Esta realidad constituye un reto para los sectores involucrados en brindar servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, a fin de tomar las medidas necesarias para la identificación de soluciones óptimas desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental.

En relación con ello, el presente Proyecto se ha concebido con una visión integradora de la conducción y tratamiento de las aguas servidas a zonas distantes de la Bahía a fin de contribuir a la descontaminación del lago y hacer posible el aprovechamiento económico de las áreas inundables con fines ecológicos y turísticos y de aquellas áreas que se mantendrán como el “Pulmón Verde” de la ciudad, así como el mantenimiento y/o restitución de las condiciones ecológicas del área circunlacustre.

Por otra parte, el proyecto generará empleos directos durante su construcción y operación, que asegurarán el ingreso familiar de los trabajadores. También se generará empleo indirecto en todas las empresas que suministrarán materiales y servicios para los proyectos. Los estimados efectuados permiten mencionar que durante la construcción de la infraestructura básica del Proyecto Integral se generará trabajo permanente para 4 170 familias.

Posteriormente, con el desarrollo de la Bahía Interior y la operación de las diversas obras previstas (comerciales, turísticas, etc) se estima que se generará un total aproximado de 10 300 nuevos puestos de trabajo permanente para un número igual de familias.

Adicionalmente a lo anterior, no debe dejarse de lado los beneficios políticos que podrían servir como argumentos para un eventual apoyo gubernamental en la ejecución y puesta en marcha de este Proyecto. Realizar un proyecto para descontaminar el “Lago más alto del mundo” y desarrollar un eje turístico con la magnitud prevista, tendrá un gran impacto regional y nacional y grandes connotaciones en el ámbito internacional.

7.6.- ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

7.6.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En términos generales, se considera que un proyecto es financieramente viable si los beneficios generados con él determinan una capacidad suficiente para cubrir el pago de los servicios de la deuda, además de los costos normales de operación y mantenimiento.

En el presente análisis financiero se ha establecido como premisa que el costo total de la conducción, tratamiento y manejo de aguas servidas, estará compuesto por el aporte de capital propio, el servicio de la deuda relativa al financiamiento de las obras, así como por la cobertura de los costos de operación y mantenimiento de dichas obras.

7.6.2 REQUERIMIENTOS Y ESTRUCTURA FINANCIERA

a) Requerimientos Financieros

Los requerimientos financieros se han estimado en base a la información de inversiones, considerando los costos sin incluir IGV (las entidades multilaterales de crédito no prestan para cubrir este tipo de gasto).

Los requerimientos globales para las obras del sistema corresponden al total de inversiones del Proyecto, con desembolsos de acuerdo al cronograma previsto.

b) Alternativas de Financiamiento

Para la ejecución de las obras de infraestructura básica del Proyecto, será necesario recurrir a dos tipos de fuentes de financiamiento; ellas son:

- Financiamiento externo, asumido como endeudamiento. En este caso, se puede recurrir, ya sea de manera excluyente o complementaria, a las siguientes fuentes:
 - Préstamos de organismos financieros multilaterales, tipo Banco Mundial (BIRF), Banco Interamericano de Desarrollo, Corporación Andina de Fomento (CAF), etc.

- Préstamos de Gobierno a Gobierno, tal como se han financiado muchas obras importantes en el país. Para este proyecto existe la posibilidad de concretar préstamo con el Gobierno Japonés, pero eso aún no se ha definido.
- Aporte propio del Estado peruano para contribuir con la construcción de las obras, como "contrapartida" de los créditos que le otorgue el sistema financiero.

c) Estructura Financiera Asumida

Teniendo en cuenta las experiencias nacionales e internacionales para la construcción de obras similares, existen diversas posibilidades de financiamiento (por diferentes tasas de interés y plazos, principalmente). Es obvio que el crédito será más costoso en una u otra alternativa en la medida que las tasas de interés sean mayores y/o los plazos de pago sean menores ; motivo por el cual no se realizan análisis de alternativas. Se ha asumido una que concuerda con la forma de apoyo de las entidades multilaterales de crédito.

Obviamente, en tanto no se presenten formalmente las solicitudes de crédito no será posible establecer los montos a ser financiados ni las condiciones específicas para el reembolso de los préstamos. Sin embargo, con el fin de analizar la viabilidad financiera del Proyecto se asume la estructura porcentual y los montos que se indican a continuación :

- 80% de las inversiones (sin IGV) será cubierta con préstamo.
- El saldo de la inversión (incluyendo todo el IGV) será asumido por el Estado.

El cronograma de desembolso deberá concordar con el calendario de inversiones que se ha definido para cada componente del Proyecto.

d).- Condiciones Financieras y Servicio de Deuda

Para el financiamiento externo se ha asumido condiciones financieras similares a las que prevalecen en la actualidad en los organismos multilaterales de crédito. Préstamos recientes del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo pueden servir de referencia. Entre ellos las condiciones son similares y

dependen de las características de cada proyecto. Para el proyecto podría obtenerse préstamos en base a lo siguiente : tasa de interés promedio LIBOR (alrededor de 6,5%), más 0,75% de comisión de compromiso para el Banco, más 1% por Diferencial Tasa LIBOR. Los plazos oscilan entre 20 y 30 años.

En relación con lo antes mencionado, para el presente estudio se asumen las siguiente condiciones :

- Un plazo de 25 años para pagar la deuda, incluyendo 5 años de gracia en los que sólo se pagan intereses.
- Una tasa de interés total de 9% anual, incluyendo comisiones y derechos similares y 1% para cubrir otros gastos adicionales.
- La amortización del capital y los intereses se pagarán en alícuotas a partir del quinto año.

En base a las condiciones asumidas, se ha calculado el servicio de deuda del Proyecto. Se consideran desembolsos y reembolsos anuales, aunque en la práctica estos sean semestrales o trimestrales.

7.6.3 BENEFICIOS

Los beneficios financieros atribuidos al Proyecto corresponden a los pagos que efectuarían los usuarios, y las asignaciones o transferencias derivadas de su influencia en el Proyecto Integral de Descontaminación de la Bahía Interior de Puno.

Entre estos beneficios es preciso mencionar los siguientes :

- Beneficios financieros directos derivados de los pagos (la DAP) que efectuarían los usuarios, en razón de sus expectativas de mejoramiento de las condiciones ambientales de la Bahía Interior de Puno. Estos pagos serían efectuados solamente por el 46,5% de los usuarios del servicio (con el 80% de cobertura), que son los atendidos por el servicio de EMSAPUNO.
- Las tarifas cobradas a todos los usuarios de los sistemas de agua potable y desagüe y que serán percibidos, como flujos reales, por los que inviertan en el Proyecto (caso de EMSAPUNO). Estos beneficios son los que justifican la inversión desde el punto de vista de un análisis con “enfoque privado”. En este caso, los pagos lo harán todos los

usuarios. Sin embargo, para fines del Proyecto, solamente debería corresponder al 53,5% restante de usuarios, ya que el otro 46,5% pagaría otro monto (la DAP). Para este caso, el beneficio se estima solamente en base a un incremento de 4 Soles/mes/familia (cerca del 50% de la DAP, y que sería factible aplicar), sin asignarles todo el costo adicional de las obras que se construirán ni todos los equipos que serán instalados con el Proyecto.

- Beneficios financieros, como pago de aranceles e impuestos, que serán captados por el Estado Peruano por la revalorización de las tierras y viviendas y la mayor actividad económica en la Bahía. Estos beneficios justifican las transferencias financieras para cubrir los costos de operación y mantenimiento en el monto que no pueda ser cubierto por los usuarios del servicio de agua potable y desagüe. De manera similar que para los beneficios económicos, en este caso la asignación se hace de manera proporcional a los costos financieros actualizados del Proyecto Integral. Con la información incluida en el estudio respectivo se establece un costo actualizado de US\$ 49 millones y el costo similar del Proyecto de Aguas Servidas es equivalente al 17% de dicho costo. En esta misma proporción se estiman los beneficios anuales.

7.6.4 RENTABILIDAD FINANCIERA

Se ha calculado la rentabilidad financiera del Proyecto desde la óptica de flujos directos para los inversionistas. Como costos se incluyen: el aporte propio, el servicio de deuda y los costos anuales de operación y mantenimiento; en tanto que como beneficios se incluyen los ingresos del Proyecto.

Los detalles de la información financiera se incluyen en el Anexo No. 5 de este documento. El resumen se presenta en el Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8
**Indicadores de Rentabilidad Financiera
del Proyecto**

Indicadores de Rentabilidad	Unidad	Valor
VPN al 12 %	Miles US\$	5 277
R/C al 12%		2,02
TIR	%	39,4

7.6.5 IMPACTO EN LAS TARIFAS

Como se aprecia en la información de beneficios y costos presentada en páginas anteriores, las inversiones y costos de operación y mantenimiento (especialmente estos últimos) repercuten en cargas financieras para los inversionistas o, en este caso, EMSAPUNO. Sin embargo, las soluciones propuestas escapan a los propósitos y objetivos de esta empresa, toda vez que se orientan a un tratamiento integral para la descontaminación y desarrollo de la Bahía Interior de Puno ; por tal motivo, los costos no deben ser asumidos en su totalidad por EMSAPUNO.

Para efectos del cálculo se ha asumido una carga adicional de 4 Soles/familia/mes en las tarifas, con lo que se cubre parte de los costos de operación y mantenimiento. El resto de costos debe cubrirse con aportes municipales y/o del Gobierno Central que estarán sustentados en las mayores captaciones de impuestos e ingresos diversos por las obras de descontaminación y desarrollo ecoturístico de la Bahía Interior, del cual es parte importante el proyecto de Conducción y tratamiento de Aguas Servidas, materia del presente análisis.

7.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.7.1 CONCLUSIONES

- Las inversiones totales del Proyecto (con precios de agosto de 1997 ; 1US\$ = 2,64 Soles), considerando costos directos e indirectos, más imprevistos y supervisión alcanzan un monto de US\$ 4,46 millones.
- Se ha efectuado el análisis económico del Proyecto (en su concepción de componente del Proyecto Integral de Descontaminación y Desarrollo de la Bahía Interior de Puno) en el que se ha demostrado que las obras considerados son viables y convenientes para los intereses de Puno. Los indicadores de rentabilidad se muestran a continuación.

VPN = 6,13 millones de US\$

B/C = 2,10

TIR = 26,7%

- Los índices de rentabilidad estimados muestran las bondades económicas del Proyecto, pues superan ampliamente el costo de oportunidad del capital en el país.
- De manera similar, los indicadores de rentabilidad financiera, muestran que el Proyecto es viable, en las condiciones financieras asumidas, siendo los indicadores financieros los siguientes :

VPN = 5,28 millones US\$

B/C = 2,02

TIR = 39,4%

- Los análisis de sensibilidad respecto a variaciones en costos y beneficios muestran que el Proyecto, puede soportar variaciones independientes y simultáneas de 10% de incremento en costos y 10% de disminución en sus beneficios.

7.7.2 RECOMENDACIONES

En razón de los resultados del estudio, se considera pertinente recomendar lo siguiente :

- La descontaminación y desarrollo de la Bahía debe ser vista en una perspectiva integral, en la cual el tratamiento de las aguas servidas fuera de la microcuenca de Puno es el eje primordial del planteamiento. Por este motivo, las obras de conducción, tratamiento y manejo integral de las aguas servidas al otro lado del cerro Cancharani tienen carácter prioritario.
- Trasvasar las aguas servidas, mediante bombeo en aproximadamente 300 m de altura, significan costos de operación más altos que aquellos del sistema tradicional con la descarga de las aguas servidas en la laguna de oxidación de Espinar. Sin embargo, los beneficios económicos, financieros, sociales y ecológicos son también mayores, por lo que debe preverse la transferencia de fondos para cubrir los requerimientos financieros durante la operación del Proyecto. Tales fondos deberán provenir de las mayores captaciones (impuestos, aranceles y otros) que obtendrá el Gobierno Municipal y el Gobierno Central durante la vigencia del Proyecto.

- El enfoque de desarrollo para la Bahía Interior considera una actividad económica rentable y sostenible, que sea competitiva. Por ello, se deberá poner en práctica durante la construcción de las obras y en la operación de las mismas, un Plan de Manejo Ambiental que asegure la conservación de los recursos para beneficio de ésta y de las futuras generaciones.
- La ejecución del Proyecto debe coordinarse con EMSAPUNO debido a que esta empresa está analizando un proyecto orientado a la ampliación y mejoramiento de los sistemas de desagüe con la disposición de los efluentes en la laguna e oxidación de Espinar. Si bien este proyecto es de menor costo (especialmente en costos operativos), no ha sido previsto en una óptica integral de desarrollo de la Bahía ni de descontaminación del Lago.

8.0 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 INTRODUCCION

8.1.1 GENERALIDADES

El análisis se concretará a efectuar un diagnóstico sobre lo que esta aconteciendo con la Bahía Interior, que si bien forma parte del ecosistema del Lago Titicaca, su ubicación en una hoyada y separada por las dos penínsulas, Capachica por el Norte y Chucuito por el Sur, hacen que este cuerpo de agua sea vulnerable a la contaminación, por la no existencia de corrientes que muevan o renueven esas aguas casi estancadas, lo que no ocurre en la mayoría de las bahías marinas donde las corrientes submarinas renuevan las aguas mejorando su calidad, en caso de sufrir alteraciones por la contaminación de descargas de residuos líquidos domésticos e industriales.

Como ejemplo se puede mencionar el caso de la Bahía de Chimbote, que en la década del año 70 sufrió una de las mayores contaminaciones ocurridas en país alguno, llegando al extremo de provocar una contaminación atmosférica por la gran cantidad de hidrógeno sulfurado (SH_2), que salía del fondo del mar, con el consecuente efecto en la salud de la población. Las aguas marinas recuperaron su calidad al renovarse totalmente por las corrientes propias del mar.

En el caso particular de la Bahía Interior de Puno, al no contar con factores externos que renueven sus aguas, la contaminación irá aumentando si se siguen descargando desagües, residuos, basuras y otros desperdicios acarreados por las aguas servidas y las aguas pluviales.

El principio causa - efecto que se aplica en los distintos métodos de Evaluación de Impacto Ambiental, sirve para efectuar el diagnóstico de la contaminación de las aguas dulces de la bahía de Puno, por lo cual se debe conocer las distintas causas que dan origen a esta contaminación, que básicamente son las aguas servidas sin tratar y las aguas pluviales que arrastran sólidos sedimentables en abundancia. Este fenómeno se produce por la erosión de los suelos donde discurren y también por las aguas servidas de pobladores

ubicados en las partes altas de la ciudad de Puno, que al no disponer de conexiones domiciliarias a los colectores de la red de alcantarillado de la ciudad, descargan a las quebradas que discurren en dirección al Lago Titicaca, en este caso a la Bahía de Puno.

Por otro lado, el efluente de las actuales lagunas de estabilización, que al estar operando en forma deficiente, permite que las algas unicelulares del proceso biológico se descarguen en el cuerpo receptor de las aguas dulces de la bahía, provocando la denominada “contaminación biológica”, cuyos alcances aún no se han determinado con exactitud.

La dirección de los vientos dominantes influye en el desplazamiento de las aguas dentro de la Bahía, uno de cuyos efectos es el manto de la “*Lemna sp*”, alga macroscópica que se desplaza en la superficie de las lagunas, unas veces al oeste, otras al Norte y en la actualidad hay presencia en el sector este de la Isla Esteves. El alga macroscópica *Lemna sp*, es el resultado de la eutricación de las aguas por descarga de fosfatos provenientes de los detergentes que son usados por la población y conducidos a la Bahía por las redes de alcantarillado.

El “efecto” es de conocimiento general, y es de tal magnitud que las áreas al norte de la Bahía de Puno son las que mayor degradación presentan, a tal extremo que nadie visita estas áreas a pesar de que la vista es extraordinaria. A este deterioro contribuye el mal aspecto de las áreas inundables.

Con la eliminación de las aguas servidas de la ciudad de Puno, a una nueva disposición final como la que estamos planteando, se resuelven todos los problemas enunciados anteriormente.

Si a esto se agrega la incorporación de cultivos agrícola-forestal y ecológico bajo riego y la recuperación de las áreas del relleno sanitario, para parques ecológicos, la ciudad de Puno se convertiría en una de las primeras ciudades del Perú en el desarrollo de estos proyectos ambientales.

En los dos últimos años, el PELT ha realizado una serie de estudios relacionados con el diagnóstico y manejo ambiental en la Microcuenca de Puno y en la Bahía Interior, así como en toda la cuenca. El presente Proyecto justamente responde a los planteamientos ambientales para la descontaminación de la Bahía Interior de Puno. Por tal motivo, el análisis ambiental se limita a establecer los impactos ambientales específicos del Proyecto, sin abundar en detalles que se han incluido en los estudios anteriores.

En tal sentido, el estudio de impacto ambiental se orienta a evaluar y determinar las afectaciones que se pueden ocasionar al medio ambiente en su componente como consecuencia de las actividades y/o funcionamiento del sistema de conducción y tratamiento de las aguas residuales; la evaluación constituye uno de los elementos principales del Estudio de Impacto Ambiental a fin de identificar las actividades que resultan de la operación del sistema que pueden causar daño al ambiente.

Las alternativas ambientales que resulten producto del proyecto tienen relación directa con los procesos de desarrollo socioeconómico de la población, condición que justifica evaluar, identificar y describir detalladamente los impactos ambientales potenciales a partir de los cuales se generen los instrumentos técnicos para las autoridades u órganos encargados de la toma de decisiones, y aplicar las medidas correctivas para optimizar el funcionamiento del sistema y reducir los impactos negativos.

8.1.2 OBJETIVOS

La Evaluación del Impacto Ambiental tiene por finalidad identificar, describir, analizar, interpretar y prevenir impactos que pongan en riesgo el equilibrio ambiental, acciones que implican informar tanto a las autoridades y la población en general quienes deberán tomar las decisiones del caso. Por otro lado, en base a los resultados del Estudio de Impacto o riesgo ambiental, se deberá formular y aplicar las medidas correctivas o de mitigación de impacto.

8.1.3 AREA DE ESTUDIO

El proyecto se ubica en la ciudad de Puno, Región Moquegua - Tacna - Puno con la región Andina entre 3812m s.n.m. y los 4050m s.n.m. a orillas de la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca, geográficamente entre las coordenadas 15° 51'00" latitud sur y 70°07'00" longitud oeste.

8.2. ASPECTOS LEGALES

8.2.1 LA PROTECCION AMBIENTAL Y EL CODIGO DEL MEDIO AMBIENTE

Según el Capítulo III del Código, la protección del medio ambiente actualmente establece que tanto los proyectos de inversión estatal y privado deben cumplir con ciertos requisitos, dentro de ellos los de E.I.A., los cuales

demuestren la viabilidad de los mismos; requisito estipulado en el código del País según el Decreto Legislativo N° 613 del 02 de Setiembre de 1990.

El artículo 8° del Código, establece que cualquier actividad o proyecto sea de carácter público o privado, cuyas acciones pueden causar daños ambientales, necesariamente están obligados a ejecutar el Estudio de Impacto Ambiental, el cual debe ser puesto a consideración de la Autoridad competente que para el caso son las Autoridades competentes del Sector Ambiental - Ministerios de cada sector - según el Decreto Legislativo 757 de 1991 Ley para el crecimiento de la Inversión Privada.

Según el Código del Medio Ambiente y los recursos naturales, en los Artículos siguientes establece:

Art. 09° Los Estudios de Impacto Ambiental deberán realizar la descripción de la actividad o proyecto propuesto, análisis tanto de los efectos directos o indirectos previsibles en el medio ambiente, físico y social en el corto y mediano plazo deberá realizar la evaluación técnica de los mismos. Así mismo, señalará las medidas de mitigación necesarias para reducir los impactos negativos o reducirlos a niveles aceptables o tolerables.

Art. 10° Los Estudios de Impacto Ambiental deberán ser ejecutados por instituciones públicas o privadas con autorización registrada ante el organismo competente.

Art. 11° Los Estudios de Impacto Ambiental deberán ser puestos de conocimiento público. El artículo en mención también señala que los interesados pueden solicitar se mantenga en reserva determinada información cuando sea publicado para efectuar sus derechos industrial o comercial o de seguridad personal.

Art. 12° La autorización de la ejecución del proyecto o actividad deberá cumplir obligatoriamente con las condiciones para la ejecución del proyecto.

8.2.2 DE LA CONSERVACION Y PRESERVACION DE LAS AGUAS

Según el capítulo III del código referido a la preservación del agua en sus artículos siguientes:

Art. 22º Está prohibido evacuar o verter cualquier tipo de residuo líquido, sólido o gaseoso, los cuales pueden contaminar las aguas causando daños o poniendo en riesgo la salud humana o normal desarrollo de la flora y fauna o comprometiendo su empleo para otros usos; establece que podrá descargarse bajo las siguientes condiciones:

- a) Sean sometidas a tratamiento previo
- b) Se compruebe que su lanzamiento submarino no causará perjuicio a otro uso.
- c) Cuando se compruebe que las condiciones naturales del receptor garantizan o permitan la purificación natural.
- d) A otros casos que autorice el reglamento.

En caso la Autoridad Sanitaria dictará y aplicará las medidas pertinentes para el cumplimiento de la presente disposición. Aún sin la contaminación fuere inevitable, puede llegar hasta la revocatoria del uso de las aguas o a la prohibición o la restricción de la actividad dañina.

Art. 24º La Autoridad Sanitaria establecerá los límites de concentración permisible de sustancias nocivas que puedan contener las aguas según el uso a que se destinan los mismos que deberán ser revisadas periódicamente.

Art. 25º Cuando la Autoridad Sanitaria compruebe el no cumplimiento de las disposiciones contenidas en este capítulo podrá solicitar a la Autoridad Sanitaria la suspensión del suministro mientras se realizan los estudios o trabajos que impidan la contaminación de las aguas.

8.2.3 DE LOS USOS DE LAS AGUAS

En el Capítulo II, en el Artículo 39º dice que la Autoridad de Aguas conjuntamente con la Sanitaria podrá disponer lo que nos convenga para que el agua como elemento vital sea accesible a todos los seres vivos en la cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades vitales. Con tal finalidad, fijará cuando sea necesario lugares o zonas de libres accesos a las fuentes naturales o cursos de agua artificiales abiertas sin alteraciones y evitando su contaminación.

8.2.4 DEL TITULO XIII DE LOS DELITOS CONTRA LA ECOLOGIA

Según el Título XIII en su Capítulo único (304º) establece que el que infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente continúa vertiendo

contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos o de cualquier naturaleza sobrepasando los límites permisibles establecidos y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y los recursos hidrobiológicos será reprimido con pena privativa de la libertad no menor e uno ni mayor de tres años o con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días de multa.

Si el agente actúa por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de un año o prestación de servicios comunitario de diez a treinta jornales.

El Artículo 305° establece que la pena será privativa de libertad no mayor de dos ni mayor a cuatro años y trescientos sesenta y cinco a setecientos treinta días de multa cuando:

- a) Los actos previstos en el artículo 204° ocasionan peligro para la salud de las personas o para sus bienes.
- b) El perjuicio o alteración ocasionados adquieren un carácter catastrófico.
- c) El agente actúa clandestinamente en el ejercicio de su actividad.
- d) Los datos contaminantes afectan gravemente los recursos naturales que constituyen la base económica.

El Artículo 306° dice que el funcionario público que otorga licencia de funcionamiento para cualquier actividad industrial o el que a sabiendas informa favorablemente para su otorgamiento sin observar las exigencias de las normas y reglamentos sobre protección ambiental será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años e inhabilitación de uno a tres años conforme al Artículo 36° incisos 1, 2 y 4.

Según el Artículo 313° estipula que quien contraviene las disposiciones de la Autoridad competente altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural o modifica la flora o fauna mediante la construcción de obra o tala de árboles que dañan la armonía de sus elementos será reprimido con pena privativa de la libertad no mayor de dos años.

8.3. ASPECTOS DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL

8.3.1 MEDIO FISICO

El Proyecto se ubica en la ciudad de Puno, a las orillas del Lago Titicaca, a una altitud de 3818 msnm. La condiciones climáticas están influenciadas por su posición geográfica, altitud, orografía y cercanía al Lago.

La precipitación anual media se estima en 717 mm/año, de las cuales alrededor del 75% se concentra entre los meses de diciembre a marzo.

La evaporación es elevada por la influencia del aire seco, los vientos, la radiación solar y la temperatura en el día. La evapotranspiración potencial-ETP en la ciudad se estima entre 0,7 y 0,83. La temperatura media es de 9,1°C. La humedad relativa oscila entre 60 y 65%.

El Lago Titicaca forma parte del denominado Sistema TPDS (Titicaca-Desaguadero- Poopo- Salar de Coispasa), con una superficie media de 8 400 km². Para efectos del presente Proyecto conviene señalar que la máxima subida de las aguas del Lago registradas en la Bahía Interior corresponden a la cota 3812,51 msnm

8.3.2 MEDIO SOCIOECONOMICO

a.- Población Actual y Proyecciones en la Ciudad de Puno

La población actual para la ciudad de Puno se estima para 1996 en 96 500 conformada por gran parte de familias migrantes de provincias y de comunidades del área rural, siendo el promedio de miembros por familia de 6 personas, estableciéndose un total aproximado de 16 083 familias para diciembre de 1996.

En base a la información anterior se estima una población de 102 826 para el año 2000 y de 141 246 habitantes y 23 541 familias para el año 2020.

b.- Estratificación Social

Según el Censo de 1993, en Puno y sobre un total de 24179 hogares; el 67% de ellos percibieron ingresos de 226 soles al mes, el 31% obtuvieron 958 soles, y el 2% obtiene 2228 soles/mes. Estos promedios muestran la existencia de clases o grupos sociales marcadamente diferenciados de alto, medio y bajos ingresos.

En el caso de la ciudad de Puno, el ingreso promedio mensual por hogar es de S/. 232,42, el mismo que viene perdiendo su poder adquisitivo, uno por la

devaluación del Sol frente al US Dólar y por el aumento mensual del nivel de precios en los diferentes productos esenciales de los hogares. Para enero de 1996 este ingreso era equivalente a \$ 100 dólares, a junio de 1997 sólo equivale a \$ 86,72 dólares. También podemos apreciar una brecha grande dentro de estratos, el ingreso del estrato bajo representa menos del 50% del estrato medio y menos de la tercera parte del estrato alto, pero se da el caso de que el 84,3% de hogares pertenecen al estrato bajo, y sólo el 12,9% y 2,8% de hogares a los estratos medio y alto respectivamente.

La relación entre el gasto por hogares y estratos, muestra que las familias de los estratos bajos gastan más del total de sus ingresos mensuales, las del estrato medio gastan sólo el 83% de sus ingresos, las del estrato alto sólo gastan el 59% de sus ingresos, este comportamiento de gastos e ingresos por hogar hace que la distribución del ingreso sea cada vez más inequitativo entre pobres y ricos.

La distribución por grandes grupos del gasto de las familias, muestra que el 58% se destina en alimentos y bebidas, seguido de alquiler de vivienda combustible y educación. La implementación del proyecto de mejora de la calidad ambiental de la Bahía en el mediano y largo plazo, es muy posible que reduzca los gastos en cuidados y conservación de la salud de los hogares, o sea liberará recursos que podrán ser destinados a otros rubros del gasto, por ejemplo pago por aceptar el proyecto de descontaminación, pero cabe notar que la liberación de recursos no es significativo.

c.- Aspectos educativos.

La variable educativa es una determinante en la decisión e implementación de políticas de manejo ambiental, por que existe una relación directa entre aceptar, y/o aportar para la implementación de un proyecto y el nivel de educación, ósea a mayor nivel de educación mayor disponibilidad a pagar o aceptar por un proyecto de mejora en la calidad ambiental.

En la ciudad de Puno, el 30% de la población tiene como nivel de educación primaria, el 36% secundaria y el 29% superior. Esto hace prever que la implementación del proyecto de descontaminación necesitará un programa intensivo de educación ambiental, dado la estructura del nivel educativo de la población.

d.- Aspectos de Salud.

De lo anterior queda claro que el factor ambiente condiciona, en buena medida, tipos de morbilidad y mortalidad, que sólo podrían resolverse mediante intervenciones efectivas en Salud Ambiental. Se entiende por Salud Ambiental el equilibrio entre los condicionantes del entorno ambiental, el desarrollo productivo y las acciones antrópicas sociales y culturales, que permite prevenir y controlar los riesgos para la salud humana, derivados de la contaminación ambiental y del deterioro de los recursos naturales.

La problemática ambiental y salud, tiene niveles preocupantes, esto derivados de la contaminación de la Bahía y del ineficiente servicio de salud con que cuentan los pobladores de la ciudad de Puno, en este aspecto cabe mencionar que la ciudad de Puno cuenta con 01 hospital y 01 hospital del IPSS, en el que existen un total de 77 médicos y 138 enfermeras, número insuficiente de profesionales en salud para atender la demanda por este servicio, estimándose 0,48 médicos y 0,86 enfermeras por familia.

Las familias de la ciudad de Puno asignan el 1,4% mensual (S/. 232,5 gasto mensual) de su gasto total en salud, siendo un valor muy bajo en relación con otros países como Colombia, Ecuador con características similares al nuestro en los que están por encima del 3%. En la ciudad de Puno dado el bajo nivel de ingresos, que más del 80% de las familias se encuentran en el estrato bajo, y estas familias dan mayor prioridad a destinar sus gastos en alimentos y vestidos.

e.- Servicios Básicos

En la ciudad de Puno, solo el 76% de la población cuenta con servicios de agua potable y el 54% con servicios de alcantarillado²⁵, siendo deficiente e insuficiente para la población actual existente, en éste sentido esto se constituye en un aspecto preocupante en materia de salud ambiental.

f.- Población Económicamente Activa (PEA).

La ciudad de Puno por ser capital de departamento, concentra la mayor parte de las instituciones públicas y privadas, instituciones educativas superiores como la Universidad Nacional del Altiplano y otros institutos tecnológicos, esto hace que el 42,2% de la población tenga como categoría de ocupación la de empleado público, otra actividad importante que se desarrolla es el comercio

informal y formal con 46,9% como trabajador independiente , siendo la ocupación principal, comerciantes vendedores y ocupaciones afines con 30,5%.

La PEA según rama de actividad económica, tiene como mayor representatividad en los servicios comunales, sociales y personales con un 40,5%, seguidos de la actividad turística, ligado a esta actividad se encuentran los hoteles y restaurantes, por lo que el 34,2% de la población ocupada se encuentra en esta actividad , siendo un sector significativo dentro de la PEA, población que viene siendo afectada por los problemas de contaminación de la Bahía, dado que los atractivos turísticos se encuentran dentro de la Bahía, como es el caso de la isla de los Uros, Taquile y Amantani.

La mayor parte de los jefes de hogar, tienen como ocupación principal la de profesional, técnico y trabajados asimilado con un 32%, seguido del sector comercial como ocupación principal. Esta composición permitirá tomar la decisión de implementar una determinada política de control ambiental, porque cualquier decisión de política económica que afecte al empleo del sector público y al comercio a nivel nacional afectará los niveles de ingreso de la mayoría de los hogares, y esto afectara a su vez la posibilidad de aceptar a pagar por la implementación de un proyecto.

g.- Sector turismo.

Una de las actividades económicas importantes que se desarrolla en la ciudad de Puno es el turismo, mas que nada por los atractivos turísticos con que cuenta, dentro de ellas tenemos las Islas flotantes de los Uros, Islas de Taquile y Amantani. Esta actividad se ve seriamente afectada por la contaminación de la Bahía. Sin embargo, en los últimos años el arribo de turistas extranjeros como nacionales se ha venido incrementando, pasando de un total de 73 286 turistas en 1993 a 113 200 en 1996 (sólo hasta el mes de agosto).

h.- Sector Industrial

En muchas ciudades, el origen de la contaminación suele ser el desarrollo descontrolado de las industrias y la falta de políticas y normas que permitan controlar la contaminación por parte de este sector, las industrias vierten sus desechos a los cuerpos de agua y al aire, causando una externalidad a la

²⁵ Datos Obtenidos de las Oficinas de EMSAPUNO, 1997.

sociedad, dado que en la mayoría de los casos, la calidad los lagos, ríos y la atmósfera son bienes de uso común sobre los que no se pueden definir ningún tipo de derecho de propiedad. En algunos casos se requiere de una participación activa de la población y/o acuerdos comunales o la intervención del Estado, que permita solucionar la problemática ambiental.

En la ciudad de Puno, el desarrollo del sector industrial es muy ínfimo compuesto mayormente por micro y pequeños empresarios, dedicados en su mayoría a la producción de bienes tendientes a satisfacer las necesidades básicas del poblador puneño.

8.3.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE PUNO

a) Generalidades

Complementariamente a los mencionado en el Capítulo 1.0 (ítem 1.4.5) de este documento, es necesario precisar el análisis general sobre las condiciones de los sistemas de conducción y manejo de aguas residuales en la ciudad de Puno.

Las actuales redes de alcantarillado tienen un período de construcción y operación mayor a 50 años, consta de 3 redes troncales: la primera ubicada en la Av. La Torre en el lado noreste de la ciudad y colecta el agua residual del área en mención, el troncal de Av. El Sol ubicada al sur de la ciudad que colecta el agua de la zona centro, partes altas y parte del sur de la ciudad y la tercera troncal ubicada en la zona baja de la ciudad que atraviesa paralelamente la Av. Simón Bolívar hasta el Jr. Cañete. Esta red permite parte del agua residual tanto de la zona baja, como intermedia de la ciudad; las troncales descritas confluyen en la cámara de bombeo del Jr. Cañete, ubicado en la zona sur de la ciudad; dicha cámara permite bombear las aguas residuales a través de una línea de \varnothing 36" hasta las lagunas de estabilización.

Cabe señalar, que por condiciones topográficas de la ciudad; hasta la actualidad no ha sido posible controlar las evacuaciones directas de aguas residuales crudas; hasta 1995, existían 9 emisores directos, a través de los cuales se evacuan el 40% del agua residual cruda producida por la ciudad. Actualmente (1997) existen 6 emisores directos, ubicados en todas las áreas inundables desde la Universidad del Altiplano hasta la altura del embarcadero Bancharo Rossi.

A manera de antecedentes, es necesario subrayar que el sistema lagunar de Espinar, tiene 25 años desde su construcción en 1972, el cual fue inhabilitado entre 1985 y 1986, por efectos de la inundación. Fue rehabilitado entre 1995 y 1996 por EMSAPUNO, actualmente es un sistema en funcionamiento, al cual llegan alrededor de 17% de aguas residuales de la ciudad.

b) Infraestructura del Sistema Lagunar

Antes de iniciar los trabajos de evaluación referida al funcionamiento del sistema de estabilización de aguas residuales de Espinar es necesario describir y/o detallar las características físico-estructurales del sistema, ya que ello permite conocer detalles de su estructura, características técnicas de la misma que indirectamente influenciará en los procesos de estabilización de aguas residuales, así como determinar el índice de vulnerabilidad ambiental del sistema, situación que debe ser analizada cuidadosamente considerando los riesgos ambientales principalmente las inundaciones.

- Ubicación

La laguna en estudio se ubica al extremo sur de la ciudad de Puno, entre la Isla Espinar y los barrios Chanu-Chanu y el Cuartel Manco Capac, a una altura de 3810,00m s.n.m. colindando por el oeste con la Isla Espinar, por el norte y el sur con la Bahía Interior de Puno, y ha sido construida en las áreas inundables adyacentes al ecosistema en mención.

El sistema por su ubicación con respecto a la Isla Espinar se encuentra relativamente protegido de los vientos; microclimáticamente se ubica en una zona de enfriamiento rápido, condición que influye directamente sobre el comportamiento térmico del sistema.

Los sistemas lagunares actuales se encuentran ubicados a menos de 200m de la ciudad principalmente en la zona sur, condición que contraviene a los artículos I, II y III del decreto Ley N° 17752 Ley General de Aguas.

Por otro lado, la extensión y ubicación de las lagunas degradan la calidad paisajista de la ciudad, además rompe el esquema natural del ecosistema al margen de las implicancias en la salud pública.

- Descripción General del Sistema Actual

El sistema actual está constituido por dos lagunas de estabilización facultativas, las cuales se encuentran llenas en un estado aparente de funcionamiento. La primera con un área aproximada de 13,719 Has y la segunda con 7,912 Has, haciendo un total de 21,631 Has; ambas lagunas están separadas por un dique de sección transversal de 34,5m de longitud, 2,80m de altura, 12,90m de ancho de base y 5,50m corona.

- Dimensionamiento Lagunar

La dimensión de las lagunas son distintas, la primera presenta un largo medio de 425m y un ancho de 327,5m, siendo la primera más grande que la segunda, la cual presenta un largo medio de 240m y un ancho de 322,5m; presentan una diferencia de altura entre ellas de aproximadamente 0,32m es de forma casi rectangular. Un esquema de la sección transversal se presenta en la Figura No. 8.1

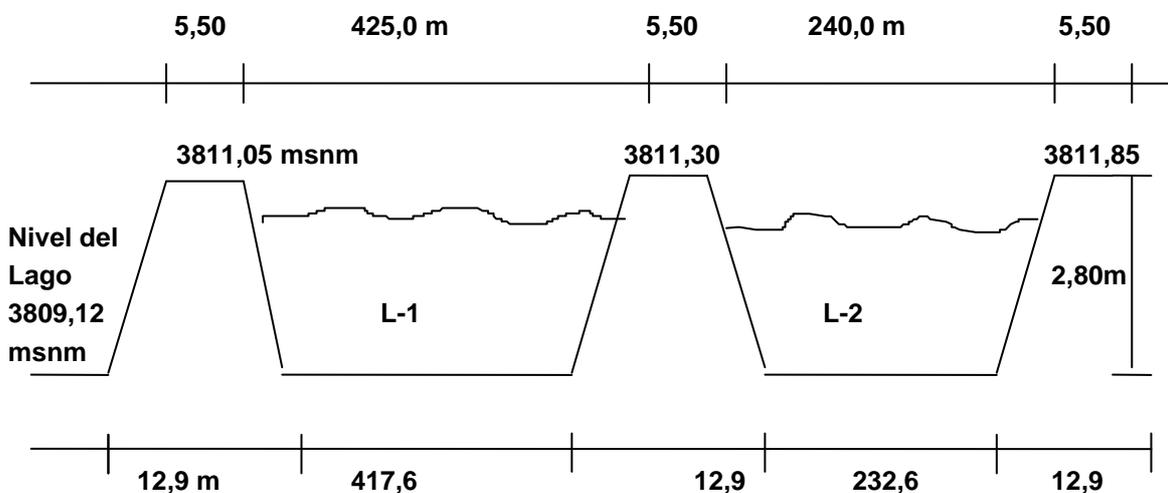


Figura 8.1.- Esquema de Sección Transversal del Sistema Lagunar

- Componentes Hidráulicos del Sistema

La planta cuenta con un sistema de conducción formado por un tubo CNS (Concreto Simple Normalizado) de 36" que conduce las aguas residuales desde

la planta de bombeo ubicada en la esquina del Jr. Cañete con la Av. Simón Bolívar, a una distancia respecto a la planta de 1,340 Km.

Se dispone de una red de distribución semiradial conformada por 8 vertederos de 8" que conducen la carga líquida a la primer laguna, asegurando una distribución del caudal "uniforme" semiradial.

El sistema presenta una red conformada por 06 vertederos interlagunares que permiten el flujo entre ambas lagunas, los cuales aseguran una mínima pérdida de carga.

Consta de 04 vertederos que conectan al tubo efluente de 18" de diámetro, el cual tiene una longitud de 230m, que permite evacuar las aguas semitratadas a la Bahía Interior de Puno ubicado al extremo sur de la Isla Espinar.

- Características Generales del Flujo

Las lagunas no presentan movimiento significativo en su interior de agua excepto los registrados en la capa superficial comprendida entre los 0 y 15 cm; la distribución y/o llenado de las lagunas se realiza probablemente por el principio de inundación vertical lenta.

- Capacidad

La capacidad ha sido calculada para cada laguna de la siguiente manera:

a. Laguna 1 (L - 1)

$$V_1 = 219504\text{m}^3$$

b. Laguna 2 (L - 2)

$$V_2 = 126592\text{m}^3$$

Cuyo volumen total es de 346096m^3

Según el volumen total del sistema lagunar y en base a la altura libre actual de 0,65m de altura entre la superficie al agua y los 0,30m por debajo de la altura máxima de los diques representado un índice de seguridad del 59%, el cual

asegura la recepción de alrededor de 95% del caudal proyectado en los próximos 20 a 25 años.

- Estructura

El sistema de estabilización está conformado por una estructura de contención perimetral - dique - de sección trapezoidal, los cuales son de material de relleno compactado para la impermeabilización con una altura de 2,80m, de ancho de base 12,90m y ancho de corona de 5,50m, la forma es casi rectangular, con un dique central de división, con talud 1:075; en los bordes medios de contacto con la superficie del agua está protegido con una especie gramínea (*Pennisetum clandestinum*) para evitar así la erosión de las mismas por el oleaje generado por los vientos.

Si se analiza las diferencias de cotas tanto respecto al nivel medio normal del Lago Titicaca (3809,92) como el nivel máximo registrado en 1985-1986 (3812,57m s.n.m.); se puede determinar que bajo estas condiciones el sistema lagunar de Espinar representa el 29% de vulnerabilidad ambiental respecto a una próxima inundación.

- Cámara de Separación de Sólidos

Antes del ingreso, presenta una cámara de separación de sólidos, diseñada deficientemente sin considerar las características macro físicas del agua residual; presenta una rejilla de fierro de 1/2" que permite atrapar material flexible (trapos, plásticos entre otros), así como material orgánico compuesto por residuos de cocina y material fecal entre otros; presenta un by-pas para permitir la evacuación del agua cuando la cámara de rejillas es colmatada, originando un mantenimiento casi continuo principalmente en horas de la mañana cuando se registra el mayor caudal (hora punta).

- Evaluación de Caudales

La determinación de los caudales de agua residual, es fundamental, tanto a la hora de proyectar un sistema de tratamiento, así como para la evaluación de los mismos, según esta apreciación se ha realizado la evaluación de caudales durante dos meses a través de aforos semanales/mes aunque lo recomendable fue realizar dicha medida diariamente, pero por las características hidráulicas del sistema se obvió la recomendación anterior teniendo en cuenta que gran parte del caudal que llega al sistema lagunar se hace por bombeo intermitente durante 2 o 3 veces al día.

- Cálculo de Caudales

Según las evaluaciones realizadas, se ha determinado un caudal promedio para el período de evaluación de 83 l/s en 24 horas; en el siguiente cuadro se observan los valores de los caudales interhorarios.

CUADRO N° 8.1
VARIACION MEDIA DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS
LAGUNA ESPINAR
(l/s)

MES	Q-Promedios en horas de la mañana (06 - 12 hrs.) m ³ /s	Q-Promedios en horas de la tarde (13 - 19 hrs.) m ³ /s	Q-Promedios en horas de la noche (19 - 05 hrs.) m ³ /s	Caudal Promedio (m ³ /s)
Abril	108	78	68	84
Mayo	105	77	65	82
Junio	104	82	62	83
Julio	102	76	66	81

Fuente : Laboratorio PELT

CUADRO N° 8.2
VARIACION MEDIA DEL CAUDAL INTERLAGUNAR (L₁ → L₂)
(l/s)

MES	Q-Promedios en horas de la mañana (06 - 12 hrs.) m ³ /s	Q-Promedios en horas de la tarde (13 - 19 hrs.) m ³ /s	Q-Promedios en horas de la noche (19 - 05 hrs.) m ³ /s	Caudal Promedio (m ³ /s)
Abril	51	48	50	50
Mayo	51	47	48	48
Junio	52	46	49	49
Julio	51	47	49	49

Fuente : Laboratorio PELT

CUADRO N° 8.3
VARIACION MEDIA DE CAUDALES DEL EFLUENTE DE ESPINAR
(l/s)

MES	Q-Promedios en horas de la mañana (06 - 12 hrs.) m ³ /s	Q-Promedios en horas de la tarde (13 - 19 hrs.) m ³ /s	Caudal Promedio (m ³ /s)
Abril	62	57	59
Mayo	66	54	60
Junio	64	52	58
Julio	65	50	57

Fuente : Laboratorio PELT

- Cálculo del Tiempo de Retención

Para determinar el tiempo de retención de las aguas residuales en ambas lagunas se utilizó algunos procedimientos matemáticos tales como:

- a. Cálculo del área superficial lagunar según la siguiente ecuación:

$$A_T = A_S + A_F/2$$

Donde :

A_S = Área superficial de la laguna

A_F = Área del fondo

A_T = Área total

Los valores estimados por medio de la ecuación I fueron corroborados por la estimación del área por el método planimétrico.

- b. Se calculó el volumen total de las lagunas utilizando la siguiente ecuación:

$$V_{TL} = (A_T) (h)$$

Donde:

V_T = Volumen total de la laguna

A_T = Área total

H = Altura de la columna de agua

- c. Cálculo del tiempo de retención (T_R) conociendo los valores de A_T , V_T , y Q_{Tx} se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$T_R = (V_T/Q_{Et})$$

Donde:

T_R = Tiempo de retención en días

V_T = Volumen total de la laguna en m

$$Q_{Et} = \text{Volumen medio de ingreso en m}^3/\text{día}$$

Según los cálculos realizados respecto al tiempo de retención se ha determinado que el T_R en L-1 es de alrededor de 30 días y en L-2 de 30 días. En el Cuadro N° 8.4 se muestra el T_R para cada laguna según los caudales medios mensuales.

CUADRO N°8.4
VALORES MEDIOS DEL TIEMPO DE RETENCION LAGUNAR

MES	T_R							
	L-1				L-2			
	Q_a	Q_{Et}	V_{TL-1}	T_{R1}	Q_a	Q_{Et}	V_{TL-2}	T_{R1}
ABRIL	84	7257.6	219504	30	50	4320.0	126592	29
MAYO	82	7804.8	219504	28	48	4147.2	126592	31
JUNIO	83	7171.2	219504	31	49	4233.6	126592	30
ABRIL	81	6998.4	219504	31	49	4233.6	126592	30

Fuente : Laboratorio PELT

Donde:

Q_a = Caudal del afluente en l/s

Q_{eT} = Caudal del afluente total $m^3/\text{día}$

V_{TL1} = Valor total L-1 en m^3

T_{R1} = Tiempo de retención en días

Según los datos del cuadro anterior, podemos observar que el T_R es invariable en ambas lagunas, cuyo tiempo total de retención es de 60 días, el mismo que no se ajusta al tiempo de retención estimado de 30 días, valor que indica una sobredimensión del sistema lagunar debido probablemente a que las lagunas hayan sido diseñadas para un mayor caudal de aguas residuales. El tiempo de retención influye significativamente en los procesos de nitrificación.

- Eficiencia Media del Sistema

Según información obtenida de campo durante 4 meses se ha demostrado.

i) Eficiencia bacteriológica

El sistema alcanza un alto índice de reducción logarítmica tanto de Coliformes totales como Coliformes fecales de 99.99%.

ii) Eficiencia parasitológica

La eliminación de parásitos en sus diferentes formas (parásitos y protozoos) alcanza el 100%

iii) Eficiencia de la reducción de la DBO₅ Y NTK

El nivel de reducción de DBO es aproximadamente 89% y NTK 84%.

CUADRO N°8.5 INDICE DE LA EFICIENCIA BIOLOGICA E N EL SISTEMA LAGUNAR DE ESPINAR

MES	ORGANISMOS	AFLUENTE	EFLUENTE	%
ABRIL	-Coliformes totales NMP/100 ml	1.31 x10 ⁷	9.3x10 ²	99.99
	-Coliformes fecales NMP/100 ml	1.07 x10 ⁷	4.3x10 ²	99.99
	-E. Coli NMP/100 ml	1.50 x10 ⁷	9.3x10 ²	99.99
MAYO	-Coliformes totales NMP/100 ml	2.20 x10 ⁷	1.2x10 ²	99.99
	-Coliformes fecales NMP/100 ml	1.00 x10 ⁷	3.6x10 ²	99.99
	-E. Coli NMP/100 ml	1.20 x10 ⁷	2.9x10 ²	99.99
JUNIO	-Coliformes totales NMP/100 ml	1.56 x10 ⁷	8.8x10 ²	99.99
	-Coliformes fecales NMP/100 ml	3.60 x10 ⁷	4.2x10 ²	99.99
	-E. Coli NMP/100 ml	1.70 x10 ⁷	9.0x10 ²	99.99
JULIO	-Coliformes totales NMP/100 ml	1.10 x10 ⁷	1.3x10 ²	99.99
	-Coliformes fecales NMP/100 ml	1.90 x10 ⁷	9.3x10 ²	99.99
	-E. Coli NMP/100 ml	1.30 x10 ⁷	1.5x10 ²	99.99
Promedio				99.99

Fuente : Laboratorio PELT

CUADRO N°8.6 INDICE DE LA EFICIENCIA PARASITOLÓGICA EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ESPINAR (Organismos por litro)

MES	ORGANISMOS	AFLUENTE	EFLUENTE	%
A B R I L	1. <u>Huevos de Parásitos</u>			
	- Ascaris Lumbricoides	10	1.0	100
	- Hymenolepis nana	35	1	99
	- Enterovirus vermicularis	10	0.0	100
	- Trichuris trichiura	5	0.0	99
L	2. <u>Quistes de Protozoos</u>			
	- Entamoeba Coli	15	0.0	100
	- Giardia lamblia	6	0.0	100
M A Y J U N I O	1. <u>Huevos de Parásitos</u>			
	- Ascaris Lumbricoides	12	1.0	99
	- Hymenolepis nana	22	0.0	99
	- Enterovirus vermicularis	9	0.0	100
	- Trichuris trichiura	22	0.0	100
O	2. <u>Quistes de Protozoos</u>			

	- Entamoeba Coli	12	0.0	100
	- Giardia lamblia	30	0.0	100
J U N I O	1. <u>Huevos de Parásitos</u>			
	- Ascaris Lumbricoides	8	1.0	99
	- Hymenolepis nana	16	0.0	100
	- Enterovius vermicularis	11	0.0	100
	- Trichuris trichiura	36	0.0	100
	3. <u>Quistes de Protozoos</u>			
	- Entamoeba Coli	10	0.0	100
	- Giardia lamblia	22	0.0	100
J U L I O	1. <u>Huevos de Parásitos</u>			
	- Ascaris Lumbricoides	10	1.0	99
	- Hymenolepis nana	8	0.0	100
	- Enterovius vermicularis	16	0.0	100
	- Trichuris trichiura	50	0.0	100
	4. <u>Quistes de Protozoos</u>			
	- Entamoeba Coli	20	0.0	100
	- Giardia lamblia	15	0.0	100
Promedio				100.00

Fuente : Laboratorio PELT

CUADRO N°8.7 INDICE MEDIO MENSUAL DE REMOCION DE NUTRIENTES

MES	PARAMETRO	AFLUENTE	EFLUENTE	%
A B R I L	- NH ₃ ⁺ mg/l	43.37	61.30	(+) 41.72
	- NH ₄ ⁺ mg/l	45.80	64.83	(+) 41.54
	- NO ₂ ⁻ mg/l	0.290	9.24	(+) 3086.2
	- NO ₃ ⁻ mg/l	11.44	39.6	(+) 246.14
	- PO ₄ ⁻ mg/l	4.180	3.280	(+) 21.52
	- P ⁻ Tot: mg/l	6.24	3.82	41.32 (-)
	- NTK mg/l	72.8	14.60	80.16 (-)
	- DBO ₅ mg/l	205	22.00	89.46 (-)
	- Detergentes mg/l	0.216	0.127	41.20 (-)
M A Y O	- NH ₃ ⁺ mg/l	41.24	52.15	(+) 26.44
	- NH ₄ ⁺ mg/l	43.59	55.15	(+) 26.50
	- NO ₂ ⁻ mg/l	0.383	3.465	(+) 804.76
	- NO ₃ ⁻ mg/l	10.483	16.40	(+) 151.84
	- PO ₄ ⁻ mg/l	4.166	3.56	14.55 (-)
	- P ⁻ Tot: mg/l	6.32	4.13	34.64 (-)
	- NTK mg/l	74.3	13.98	81.17 (-)
	- DBO ₅ mg/l	198	20.00	89.89 (-)
	- Detergentes mg/l	0.168	0.144	32.14 (-)
J U N I O	- NH ₃ ⁺ mg/l	34.32	43.09	(+) 25.44
	- NH ₄ ⁺ mg/l	36.29	42.08	(+) 15.94
	- NO ₂ ⁻ mg/l	0.372	3.465	(+) 831.44
	- NO ₃ ⁻ mg/l	9.60	14.52	(+) 51.254
	- PO ₄ ⁻ mg/l	5.215	3.73	28.48 (-)
	- P ⁻ Tot: mg/l	6.96	4.13	40.23 (-)
	- NTK mg/l	73.6	16.00	78.26 (-)
	- DBO ₅ mg/l	215	22.00	89.77 (-)
	- Detergentes mg/l	0.198	0.118	7.81 (-)
	- NH ₃ ⁺ mg/l	46.30	59.45	(+) 28.40
	- NH ₄ ⁺ mg/l	48.96	54.30	(+) 10.91

J U L I O	- NO ₂ ⁻ mg/l	0.957	5.601	(+) 485.26
	- NO ₃ ⁻ mg/l	13.2	19.36	(+) 46.67
	- PO ₄ ⁻ mg/l	4.92	3.72	24.39 (-)
	- P ⁻ Tot: mg/l	6.35	4.68	26.29 (-)
	- NTK mg/l	68.72	10.20	85.13 (-)
	- DBO ₅ mg/l	217	22.00	89.85 (-)
	- Detergentes mg/l	0.197	0.112	43.15 (-)

Fuente : Laboratorio PELT

Donde :

(+) : Indica el índice de incremento de la concentración del compuesto respecto al afluente (no existe remoción).

(-) : Indica el índice de disminución de la concentración del compuesto respecto al afluente (indica remoción).

- Reducción de Nutrientes

Por las características del sistema Lagunar de Espinar, cuyo principio responde a un sistema facultativo, la reducción de los principales compuestos nitrogenados se hacen nulos (NH₃, NH₄, NO₂, NO₃), mientras la reducción de los compuestos fosforados es mínima 23% (Cuadro N° 8.8).

CUADRO Nro. 8.8
PORCENTAJE MEDIO DE EFICIENCIA EN EL
PERIODO DE EVALUACION

MES	PARAMETRO									Promedio
	NH ₃ ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	P Tot.	NTK	DBO ₅	Detergentes	
Abril-Julio	S.R	S.R	S.R	S.R	22.24	35.62	84.06	88.55	31.08	52.31

- Vulnerabilidad Ambiental de Actual Sistema Lagunar de Estabilización

Aún que la rehabilitación del sistema de Espinar, es una obra positiva, aun presenta un coeficiente de vulnerabilidad respecto a una próxima inundación del orden del 29%; lo que indica claramente que en una próxima inundación ésta se inundaría.

8.3.4 CARACTERISTICAS AMBIENTALES ACTUALES DEL RECEPTOR - BAHIA INTERIOR DE PUNO

La Bahía Interior es un ecosistema que por sus características morfológicas, se ha convertido en un mal receptor de contaminantes líquidos desde el punto de vista de autodepuración.

Es un ecosistema que por más de 50 años viene recibiendo las descargas de aguas residuales crudas y pluviales.

- Es una bahía cuya profundidad media oscila entre 4 y 5m (profundidad variable).
- Es de forma casi cuadrada, cerrada en su extremo posterior por densos totorales, permitiendo la navegación a través de dos canales; el primero entre el muelle Puno y Chimu, de aproximadamente de 4,5 Km con una profundidad media de 5 a 6m y otro canal pequeño que comunica la bahía interna con la isla de los uros, tiene un ancho de 5m y una profundidad de 2 - 3m.

a) Características Biológicas

Anterior a los problemas de contaminación y eutroficación, la bahía interna haya presentado la misma diversidad de flora acuática sumergida como la existente, actualmente en aguas limpias, igualmente la fauna ictica haya sido abundante constituida por la mayoría de especies, condición que continúa siendo afectada por los procesos de contaminación y principalmente por la eutroficación, las cuales tienen efectos perniciosos sobre la vida acuática en general.

A la fecha las especies que se pescan son Basilichthys bonariensis (Pejerrey) en estado juvenil, 18.52%, Orestias luteus 59.26%, Orestias agassii 22.22%. Según recientes investigaciones se ha determinado que la actualidad pesquera ha sido impactada directamente.

Así mismo la flora acuática sumergida, está sufriendo una disminución paulatina a través del tiempo, quedando alrededor del 25 ' 30% de cobertura sumergida, y constituida por 5 especies fundamentales, Elodea potamogetum, Miriophyllum sp. Miriophyllum elatinoides, Potamogetum sp. entre otras.

La especie de mayor predominancia hasta 1995 - 1996, fue la Lemna sp. (Lenteja de agua), la cual alcanzó una biomasa de 26,000 tm.

b) Características Físicas del Agua

Las características físicas del agua ha sido modificadas substancialmente, el pH en promedio alcanza 9,65, la transparencia en promedio alcanza 0,30m de profundidad, la turbidez sobrepasa los 8 FTU, presenta una coloración verde amarillenta en toda su extensión.

c) Características Tróficas del Ecosistema Bahía - Puno

Las características tróficas fueron modificadas sustancialmente desde un estado meso-oligotrófico hasta hipertrófico.

En 1995 se determinó que más del 77% de su área presentaba características hipertróficas con concentraciones de P en más de 200 mg/l; con tendencias marcadas hacia la bahía exterior.

8.4. DESCRIPCION DEL PROYECTO PROPUESTO

El proyecto propuesto se resume en el cambio de los sistemas de evacuación de las aguas servidas, cuya deposición actual y tratamiento se realiza en las lagunas de oxidación de Espinar, y que se plantea conducirlos al otro lado de la microcuenca de Puno.

Se establecerán sistemas de bombeo (dos plantas) que permitirán llevar los aguas servidas desde las partes bajas (colectadas en la esquina de la Av. Bolívar con el Jr. Cañete) hasta el cerro Cancharani, en donde se establecerá una planta de tratamiento. Las aguas se elevarán, mediante línea de impulsión con tubería a presión de hierro dúctil, desde la cota 3804 msnm hasta cerca de la cota 4022 msnm en donde se construirá una cámara de descarga (una altura total de bombeo de cerca de 218 m, 110 m la primera planta y 118 m la segunda). De ahí se conducirá por gravedad mediante un canal de concreto de 4770 m, por las faldas de los cerros Negro Peque y Cancharani, hasta cerca de la cota 4016 msnm en donde se instalará la planta de tratamiento. Las aguas tratadas serán utilizadas en actividades agroforestales, para aprovechar alrededor de 300 ha con aptitud agrícola.

8.5. IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACION DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

8.5.1 GENERALIDADES

Anteriormente se ha analizado en detalle las condiciones actuales, que ameritan el desarrollo de la presente propuesta técnica, la cual se enmarca en el contexto del control definitivo de la contaminación y eutroficación tanto de la Bahía Interior de Puno así como de la bahía externa.

El estudio de impacto ambiental del sistema de Conducción, Tratamiento y Manejo Integral de Aguas Servidas de la ciudad de Puno, ha identificado que de las alternativas propuestas, la Alternativa 2 es la más viable, que es la que se ha descrito en el acápite anterior (item 8.4).

Dicha alternativa se basa en los criterios siguientes:

1. Control definitivo del aporte de nutrientes a la Bahía Interior de Puno, lo cual permitirá controlar los actuales procesos de eutroficación.
2. Reciclaje de nutrientes principalmente de N y P, considerando la reutilización de los efluentes en la mejora de suelos eriazos, los que se destinarán a forestación con especies económicas o nativas, así como para la incorporación y manejo de pastizales o siembras de cultivos de tallo medio a largo.
3. Incremento de la eficiencia de autodepuración como respuestas al manejo de los efluentes.
4. Según las características del sistema de tratamiento planteado, este asegura una calidad adecuada para riego de plantas de tallo medio y alto.
5. Se mejorará el aspecto paisajístico de la zona en el mediano y largo plazo, desde el punto de vista de instalación de plantaciones forestales.
6. Permitirá iniciar con los planes integrales para la descontaminación de la bahía de Puno, así como la integración ambiental en los proyectos.

7. Los factores limitantes de la alternativa : Dentro de este aspecto se considera como un factor relativamente limitante, los costos de operación y mantenimiento del sistema propuesto, el cual debe ser analizado responsable y cuidadosamente desde el punto de vista de riesgo futuro, costos ambientales en el tiempo, pérdida de recursos naturales, criterios que deben ser analizados e incorporados en el marco de plan de gestión económica - ambiental de mediano y largo plazo.

8.5.2 IDENTIFICACION DE IMPACTOS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION

Según el flujograma N° 1 se ha podido identificar las alteraciones ambientales que generarán impactos positivos o negativos con la ejecución del Proyecto.

a) Flujograma de Eventos Ambientales - Etapa de Construcción

En la Tabla N° 1 se detalla el flujo de los eventos ambientales que ocurrirán en la etapa de construcción del sistema.

b) Impactos Positivos y Medidas de Potenciación

- Control de la Contaminación de la Bahía de Puno

La captación total e impulsión de las aguas servidas fuera de la Bahía, permite controlar y evitar la principal fuente de contaminación de la Bahía. Asimismo, iniciar el proceso de recuperación ambiental de la Bahía de alto potencial ecoturístico, hidrobiológico, científico cultural y de biósfera.

El valor ecológico, social y económico de este impacto positivo es de trascendencia vital para el desarrollo de Puno y el turismo internacional Arequipa - Cusco - Puno - La Paz.

- Generación de Empleo

Durante el período de construcción se generará empleo tanto para la mano de obra calificada como a la no calificada en forma directa o indirecta, los mismos que están referidos a cierto número de personal obrero, profesional, técnico; empleo indirecto a través de la industria de la construcción subsidiaria o de servicios así como la generación de empleo por el incremento de la actividad económica. Durante la construcción de las obras se generará 4390 puesto de trabajo, en tanto que para la operación de las obras diversas se estima la generación de trabajo permanente para 10 300 familias.

- Incremento de la calidad de vida

El proyecto prevé incrementar de alguna manera la calidad de vida de parte de la población, quienes se emplearán en la actividad de la construcción civil y sujetos a un ingreso salarial generalmente destinado a las personas de la zona.

c) Impactos Negativos Y Medidas de Mitigación

- Alteración del paisaje

La construcción de las obras de la línea de impulsión se alterará en parte la estructura del paisaje, principalmente en la zona del tendido de la línea de impulsión, como en la zona donde se construirá la planta de tratamiento; cuyas alteraciones dependerán principalmente de los factores biológicos entre ellos (vegetación, desplazamiento de hábitats, estructura y forma de suelos); los mismos que en conjunto se interrelacionan con la apreciación real de los procesos constructivos del sistema de impulsión de aguas servidas, así como de la construcción de las plantas de tratamiento (Fig. 01).

- Utilización de tierras

La cantidad en términos de área es mínima respecto al total de la zona; se estima el uso de 10 Ha de suelos; las cuales se caracterizan por ser áreas eriasas, destinados al pastoreo de animales menores. Por la magnitud del proyecto no creará mayores conflictos desde el punto de vista socio-económico.

Dichas áreas; presentan predisposición natural, para la incorporación en la actividad agroforestal.

- Emisión de ruidos

La intensidad dependerá del tipo de maquinaria o equipo que se utilice en la fase de construcción principalmente roturas de pavimento, voladura de rocas, sin embargo la producción de ruido tendrán carácter temporal; el efecto directo será sobre las personas inmersas en la fase de construcción, así como sobre aquellos asentados en la zona adyacentes al proyecto.

- Interrupción del tránsito

Esta se producirá principalmente en la apertura de zanjas en el trazo dentro de la ciudad, acción de carácter temporal.

- Emisión de Polvo

La calidad del aire puede verse afectada por la emisión temporal de partículas, aumentando el nivel de partículas en suspensión y sedimentables, cuyo efecto directo será sobre la flora aledaña, así como la fauna; el efecto no puede alcanzar grandes riesgos, desde el punto de vista del tipo de flora, que para el caso, ésta está conformada pro gramíneas, cuya morfología foliar es asciculada.

- Accidentes laborales

Los accidentes previsto, se derivan de las características de los procesos de construcción, excavación de zanjas, voladuras de rocas, cuya rocas educación del impacto será.

- Erosión

Los procesos que preven, sucederán paulatinamente a través del tiempo, principalmente en la zonas de rotura del suelo para el tendido de la línea, área de instalación de campamentos; zona de instalación de la planta de tratamiento, a causa de la explotación de canteras, botaderos u otras actividades relacionadas con el movimiento de tierras, de cuya actividad se derivan la pérdida de la cobertura vegetal, a partir de la cual se generan los procesos de erosión, fundamentalmente de origen hídrico.

8.5.3 IDENTIFICACION DE IMPACTOS POTENCIALES DURANTE LA ETAPA DE OPERACION

a) Flujograma de Eventos Ambientales

En la Tabla N° 02 se muestra la matriz de evaluación de impactos ambientales.

b) Impactos Positivos y Medidas de Potenciación

- Generación de empleo

La instalación del Sistema Línea de Impulsión, la operación y mantenimiento de las aguas, requerirá de personal capacitado en la operación y mantenimiento del sistema.

- Mejoramiento de la calidad de vida

Se verificará un índice en el mejoramiento de la calidad de vida, tanto de la población directa o indirectamente beneficiada, a través de la generación de empleo, basado en los flujos turísticos, actividad que genera parte de la dinámica económica de la ciudad, así mismo se mejorará la calidad de vida de los pobladores de las comunidades aledañas al sistema de tratamiento, ya que serán los directos beneficiarios del proyecto, en su fase de operación, permitiendo la incorporación de y/o mejoramiento de la actividad agroforestal.

Asimismo, se permitirá controlar las enfermedades originadas por la contaminación de aguas residuales; como efecto positivo del adecuado manejo de estos.

- Mejoramiento de calidad paisajística

En el mediano y largo plazo se logrará mejorar el aspecto paisajista de la zona (Cancharani), a través de la instalación forestal, a su vez mejorará el hábitat de especies de fauna silvestre. (Fig. 02).

- Reciclaje de Nutrientes

La reutilización tanto del efluente, como de los lodos estables, permitirá reciclar los nutrientes principalmente (N y P); los que a su vez sustentarán el mejoramiento de los suelos.

c) Impactos Negativos y Medidas de Mitigación

Entre los probables impactos negativos se tienen.

- Cambios con la calidad físico-química de los manantiales

Como consecuencia de los procesos de infiltración, lavado de los suelos en el período de lluvias, alteran la calidad física-química de los manantiales aledaños. Los cambios posibles sucederían por la concentración de N y P, cambio en la COND y TDS; calidad que causaría efectos relativamente insignificantes, desde el punto de vista de uso.

- Modificación de las costumbres y estilos de vida

Desde el punto de vista de planificación del uso de los efluentes del sistema lagunar, la población no estará predispuesta al uso de aguas residuales tratadas en la actividad forestal.

- Afectación de la economía de la población

Por las características del sistema propuesto, causará un efecto directo sobre la economía de la población, como consecuencia del incremento tarifario del servicio de alcantarillado; cabe mencionar que el impacto será casi temporal.

8.6 VULNERABILIDAD DEL SISTEMA

El hecho de reubicar las lagunas de oxidación fuera de la microcuenca de Puno reduce los riesgos de inundación y, por ende, de mayor contaminación al Lago, lo cual es una de las restricciones más importantes de las actuales lagunas en Espinar.

Las aguas tratadas serán utilizadas en la producción agrícola y forestal en los alrededores de donde estará ubicada la Planta de Tratamiento,

aprovechándose los nutrientes resultantes del proceso (N y P, principalmente). Los efluentes no llegan a ningún río cercano (que pudiera conectar después de muchos kilómetros al sistema del Lago), motivo por el cual los riesgos de contaminación son prácticamente nulos.

Las características de las obras de concreto (cámaras de bombeo y descarga) y de las tuberías de hierro dúctil permiten asegurar que el Proyecto no sería afectado por sismos con intensidades de 7 u 8° en la escala de Richter. El registro de mayor intensidad corresponde a un sismo de 6,9° ocurrido en 1928.

Los cortes de energía eléctrica podrían afectar el sistema de bombeo, sin embargo, dentro del monto de inversiones se ha considerado un grupo electrógeno de reserva para cubrir estas eventualidades.

Si el Proyecto San Gabán entra en operación según lo previsto (alrededor del año 2000), la energía eléctrica tendrá menor costo, reducirán las tarifas y disminuirán los costos de operación del Proyecto, mejorará la rentabilidad y la vulnerabilidad se reducirá al mínimo aún sin disponer de grupos electrógenos de reserva.

8.7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL SISTEMA DE IMPULSION Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

8.7.1 OBJETIVOS

Como se ha mencionado en reiteradas oportunidades, el presente proyecto es componente del Proyecto Integral para la descontaminación y desarrollo de la Bahía Interior de Puno, en tal sentido, en el estudio de factibilidad de dicho Proyecto Integral se ha incluido el Estudio de Impacto Ambiental, que también es aplicable al manejo y monitoreo de la Conducción y Tratamiento de Aguas Servidas de la ciudad de Puno. Al respecto, a continuación se mencionan algunos aspectos específicos.

El plan de manejo tiene por objetivo establecer los mecanismos técnicos orientados a prevenir, controlar, mitigar y disminuir o compensar los posibles

impactos ambientales derivados de la actividad durante las etapas de construcción y operación del sistema.

8.7.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de manejo es formulado con el criterio de conservación y protección del medio ambiente. El plan se basa en criterios de orden administrativo, técnico y legal dentro del marco de la política nacional de protección del ambiente que permitan disminuir los riesgos ambientales en la salud de la población puneña.

La actividad del plan de manejo ambiental incluye:

- a) Gestión administrativa
- b) Capacitación
- c) Formulación e implementación de estrategias para la ejecución del plan de manejo ambiental
- d) Designación de la fiscalización ambiental o auditoría ambiental
- e) Formulación e implementación de un plan de acción preventiva y/o correctiva.
- f) Formulación y aplicación de un programa de monitoreo ambiental.
- g) Formulación de un plan de contingencia que contemple las siguientes acciones de prevención o corrección.
 1. Sobre el ambiente físico
 2. Sobre el ambiente biológico
 3. Sobre el ambiente de interés humano

Principios Conceptuales

Para que el Proyecto se desarrolle ambientalmente sustentado, desde el inicio y hasta la perpetuidad, se propone:

- Organización e Institucionalización
El manejo ambiental debe estar insertado en el Plan Integral de Manejo de la Bahía Interior, la ciudad y la Microcuenca de Puno.
- Se debe institucionalizar el manejo ambiental y aplicarse en todos los niveles de gestión pública y privada; así como en todas las etapas de operación.

- Instrumentar una organización mínima especializada para la supervisión, control y auditoría ambiental.
- Destinar los fondos económicos necesarios para la gestión ambiental.

Actividades Ambientales

El Plan de Manejo Ambiental comprenderá un conjunto de actividades que secuencialmente deben cumplirse desde el inicio hasta el funcionamiento permanente.

1) Asesoría y Supervisión Ambiental

Se realizará en las tres etapas de Pre-Inversión, construcción y operación; conforme a las medidas técnicas y procesos del Proyecto.

2) Monitoreo de la Calidad Ambiental

Se realizará el seguimiento y evaluación de los indicadores de calidad de los componentes del ambiente; que comprendería:

- Monitoreo de la calidad del agua de la Bahía Interior.
- Monitoreo de la cantidad y calidad de los peces, algas y totora.

3) Plan de Contingencia

Para enfrentar los procesos de oscilación del Lago Titicaca, con inundaciones excepcionales; se propone organizar e instrumentar un Plan de Contingencia; que permita prever, asistir a estos usuarios durante el proceso, para minimizar los daños y evitar pérdidas; así como restaurar los medios inundados, poniéndolos en plena capacidad de uso.

Integrar el Proyecto al Sistema de Bomberos y Defensa Civil, para enfrentar los siniestros y fenómenos naturales.

BIBLIOGRAFIA

ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

- 1.- BID-UNIVERSIDAD DE LOS ANDES ; “SIMPLE : Modelo de Simulación para Proyectos de Inversión”. BID-UNIANDES ; Bogotá, 1990
- 2.- BROWN, Maxwel ; “Presupuestos de Finca : Del Análisis del Ingreso de la Finca al Análisis de Proyectos Agrícolas”. Banco Mundial/TECNOS, Madrid, 1981.
- 3.- FAO ; “Guía para Usuarios del DASI : Un Programa de Computador para el Análisis de Proyectos de Desarrollo Rural”. FAO ; Roma, 1984.
- 4.- GITTINGER, J. Price ; “Análisis Económico de Proyectos Agrícolas”. TECNOS, Madrid, 1973
- 5.- UNIDO ; “Manual for Preparation of Industrial Feasibility Studies”, United Nations, New York, 1978.
- 6.- WESTLEY, Glem D. ; “Guía para la Evaluación de Proyectos de Desarrollo Agrícola”. BID, Washington, 1986. Monografía 13.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANALISIS DEL DAP.

1. AGUILERA K. FEDERICO Y ALCANTARA VICENTE (1994). De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica. ICARIA:FUHEM,D,L. Barcelona.
2. ARDILA, S. (1993). Guía para la utilización de modelos econométricos en aplicaciones del método de valoración contingente. BID, Diciembre, 1-24.

3. AZQUETA, O.D. (1994). Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill, Madrid.
4. BOCKSTAEEL, N. E., W. H. HANEMANN AND J. E. STRAND (1986). Measuring the benefits of water quality improvements using recreation demand models. Report to the U.S. Environmental Protection Agency. College Park, Md. :University of Maryland.
5. BOWES, M. D. AND J. B. LOOMIS (1980). A note on the use of travel cost models with unequal zonal populations. Land Economics, 56(4), 465-470.
6. BULLON, V. (1996). Valoracion economica del humedal la florida por servicios de recreacion una aplicacion de los metodos costo de viaje y valoracion contingente, Facultad de Economía UNIANDES Colombia.
7. CASTRO, R. Y MOKATE, K (1996). Evaluación económica y social de proyectos de inversión, Facultad de economía, UNIANDES, Colombia.
8. CORRAL, L. C. (1990). Utilización de evaluación contingente en proyectos de infraestructura. Tesis Magister en Economía. Uniandes Dic.
9. DIRECCIÓN REGIONAL DE INDUSTRIA TURISMO E INTEGRACION (1995), Anuario estadístico Puno.
10. DUCCI, J. (1988). Metodología de cuantificación de beneficios. Saneamiento
11. FREEMAN III, M. A. (1993). The measurement of environmental and reosurce values. Theory and Methods. Resources for the Future, Washington, D.C.
12. HANEMANN, W. M. (1984). Welfare evaluation in contingent valuation experiments with discrete responses. Amer. J. of Agr. Econ. 66(1), 332-341.
13. HANEMANN W.M. (1994). Valuing Environment Through Contingent Valuation. Journal of Economicas Perspectives, 8, pp. 19-43.

14. INEI (1995). Compendio estadístico 11995-1996, departamnto de Puno.
15. INEI (1991), Encuesta de consumo por hogares para la ciudad de Puno.
16. JUST, R., D. HUETH AND A. SCHMITZ (1982). Applied welfare economics and public policy. Englewood cliffs, Nj : Prentice- Hall, Inc.
17. MCCONNELL, K. E. (1990). Models for referendum data: The structures of discrete choice models for contingent valuation. Journal of Environmental Economics and Management, 18, 19-34.
18. MITCHELL, R. C. AND R. T. CARSON (1989). Using surveys to the value public goods: The contingent valuation method. Resources for the Future, Washington D.C.
19. OCOLA S. Juan, BEROLATI, R. Y CHAMBI Raul (1995), Tratamiento de aguas servidas en la ciudad de Puno mediante el uso de la totora, INADE/PELT Y EMSAPUNO.
20. OCOLA S, Juan (1995), La ciudad de Puno y la problemática ambiental, INADE/PELT, Puno.
21. PALOMEQUE, D. Y ESCOBAR, L. A. (1994). Disponibilidad a pagar por el servicio de agua potable basado en un método de valoración contingente: Un caso de aplicación a los usuarios del acueducto de Tumaco. Universidad del Valle Cali Colombia.
22. PEARCE D. Y TURNER K. (1995), Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente, Madrid España.

ANEXOS

Nº 1 Detalle de Presupuestos

Nº 2 Análisis de Alternativas

Nº 3 Desarrollo del Modelo para el Cálculo de la DA P

**Nº 4 Información de Análisis Económico y
Financiero**

ANEXO N° 1

DETALLES DE PRESUPUESTO

ANEXO N°2

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

ANEXO N°3

DESARROLLO DEL MODELO PARA EL CÁLCULO DE LA DAP

Anexo No. 3

DESARROLLO DEL MODELO PARA CALCULO DE LA DAP

Utilizando la formulación sugerida por Hanemann (1984)²⁶, aplicando el método Referéndum, se desarrolla como sigue:

Suponiendo que el entrevistado tiene una función de utilidad $U(J,Y;S)$, que depende del ingreso Y y de la mejora de la calidad del agua (estado actual $J=0$ ó final $J=1$), teniendo como parámetros el vector de características socioeconómicas S del individuo.

Dado que el investigador (evaluador) desconoce la función $U(J,Y;S)$, entonces se plantea un modelo estocástico de la forma:

$$U(J,Y;S) = V(J,Y;S) + \varepsilon_j, \quad [3.10]$$

donde, $\varepsilon(J)$ es la variable aleatoria, $\varepsilon(J) \sim N(0,\sigma^2)$, y V es la parte determinística (función de utilidad indirecta).

Si el entrevistado acepta pagar \$ P para disfrutar de la mejora en la calidad del agua, debe cumplirse que,

$$V(1,Y - P;S) - V(0,Y;S) > \varepsilon_0 - \varepsilon_1, \quad [3.11]$$

donde ε_0 y ε_1 son variables aleatorias independientemente e idénticamente distribuidos.

Simplificando la notación, tenemos;

$$\Delta V = V(1,Y - P;S) - V(0,Y;S) \text{ y } \eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1, \quad [3.12]$$

A este nivel, la respuesta del entrevistado SI/NO es una variable aleatoria para el evaluador. La probabilidad de una respuesta afirmativa (SI) está dada por:

$$\text{Prob(decir SI)} = \Pr(\Delta V > \eta) = F(\Delta V)^{27}, \quad [3.13]$$

²⁶ Hanemann, W. M. (1984). Welfare evaluation in contingent valuation experiments with discrete responses. Amer. of Agric. Econ. 66(3):332-341.

donde F es la función de probabilidad acumulada de η .

Si suponemos una forma funcional:

a) Lineal:

$V_i = \alpha_i + \beta Y$, lineal en el ingreso, donde $i = (0,1)$, y una distribución de probabilidad para η , se obtienen:

$$\Delta V = (\alpha_1 - \alpha_0) - \beta P = \alpha - \beta P, \quad [3.14]$$

donde $\beta > 0$, ya que el valor esperado de la utilidad (V) aumenta con el ingreso, implicando que cuanto más alto sea P en la encuesta menor será ΔV y por tanto, menor será la probabilidad de que un individuo responda SI. De igual forma, este modelo solo permite estimar la diferencia $\alpha_1 - \alpha_0 = \alpha$, representando el cambio de utilidad por la mejora de la calidad del agua y β , representa la utilidad marginal del ingreso (constante). Se verifica entonces que el pago (P^*) que dejaría indiferente al entrevistado ($\Delta V = 0$) es igual al cambio en utilidad (α) dividido por la utilidad marginal del ingreso (β). Es decir,

$$P^* = \alpha/\beta$$

Si a [3.14] se le asocia una distribución de probabilidad normal para η , con media cero y varianza constante, es decir, $\eta \sim N(0, \sigma^2)$, se obtiene un modelo Probit, cuya probabilidad de respuesta SI modela como:

$$\text{Prob (decir SI)} = \text{Prob}((\alpha - \beta P)/\sigma > \eta/\sigma) = \int_{-\infty}^{\mu/\sigma} N(e) de, \text{ donde, } e = \eta/\sigma.$$

Si a [3.14] se le asocia una distribución de probabilidad logística para η , se obtiene un modelo Logit, cuya probabilidad de respuesta SI modela como:

$$\text{Prob (decir SI)} = \text{Prob}(\alpha - \beta P > \eta) = (1 + \exp(-\alpha + \beta P))^{-1} \quad [3.15]$$

b) Logarítmica.

Utilizando una forma funcional sobre el logaritmo de Y se tiene:

²⁷ $F(\Delta V) = \int_{-\infty}^{\Delta V} f(\eta) d \eta$, con $f(\eta)$ la función de densidad de η , indica la probabilidad que η sea menor o igual a ΔV . Ver Ardila, S.(1993).

$$V_i(J, Y; S) = \alpha_i + \beta \ln(Y) \quad \text{para } \beta > 0, \quad [3.8']$$

Remplazando $j=1$ y $j=0$, se obtiene la función incremental de la utilidad.

$$\begin{aligned} \Delta V &= (\alpha_1 - \alpha_0) + \beta (\ln(Y-P) - \ln Y) \\ \Delta V &= (\alpha_1 - \alpha_0) + \beta \ln(1 - P/Y) \end{aligned}$$

Después de aplicar lo indicado en [3.9], se obtiene:

$$\Delta V = (\alpha_1 - \alpha_0) - \beta (P/Y), \quad [3.9']$$

Alternativamente es posible suponer directamente otras formas funcionales para ΔV sin hacer referencia a la función explícita de utilidad que la genera, y la forma funcional más comúnmente sugerida²⁸ es:

$$\Delta V = \delta_0 + \delta_1 \ln P + \delta_2 \ln Y, \quad \text{donde: } \delta_1 > 0,$$

CUADRO No. 2-09
RAZONES POR LAS QUE NO ACEPTA PAGAR EL
PRECIO PROPUESTO

RAZONES	OBSERVACIONES	%
ECONOMICAS	236	37.28
EL PRECIO ES ALTO	338	53.40
NO CRE EN EL PROYECTO	21	3.32
OTRAS RAZONES	38	6.00
TOTAL	633	100.0

²⁸ Esta forma funcional es sugerida en Hanemann (1984) y Adrila(1993).

ANEXO N° 4

**INFORMACIÓN DE ANÁLISIS ECONÓMICO
Y FINANCIERO**