

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)  
Instituto Nacional de Desarrollo (INADE)  
República del Perú

ESTUDIO  
PARA  
EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA  
DE  
LA BAHIA INTERIOR DE PUNO EN EL LAGO TITICACA  
EN  
LA REPUBLICA DEL PERU

Resumen

enero de 2000

JICA LIBRARY



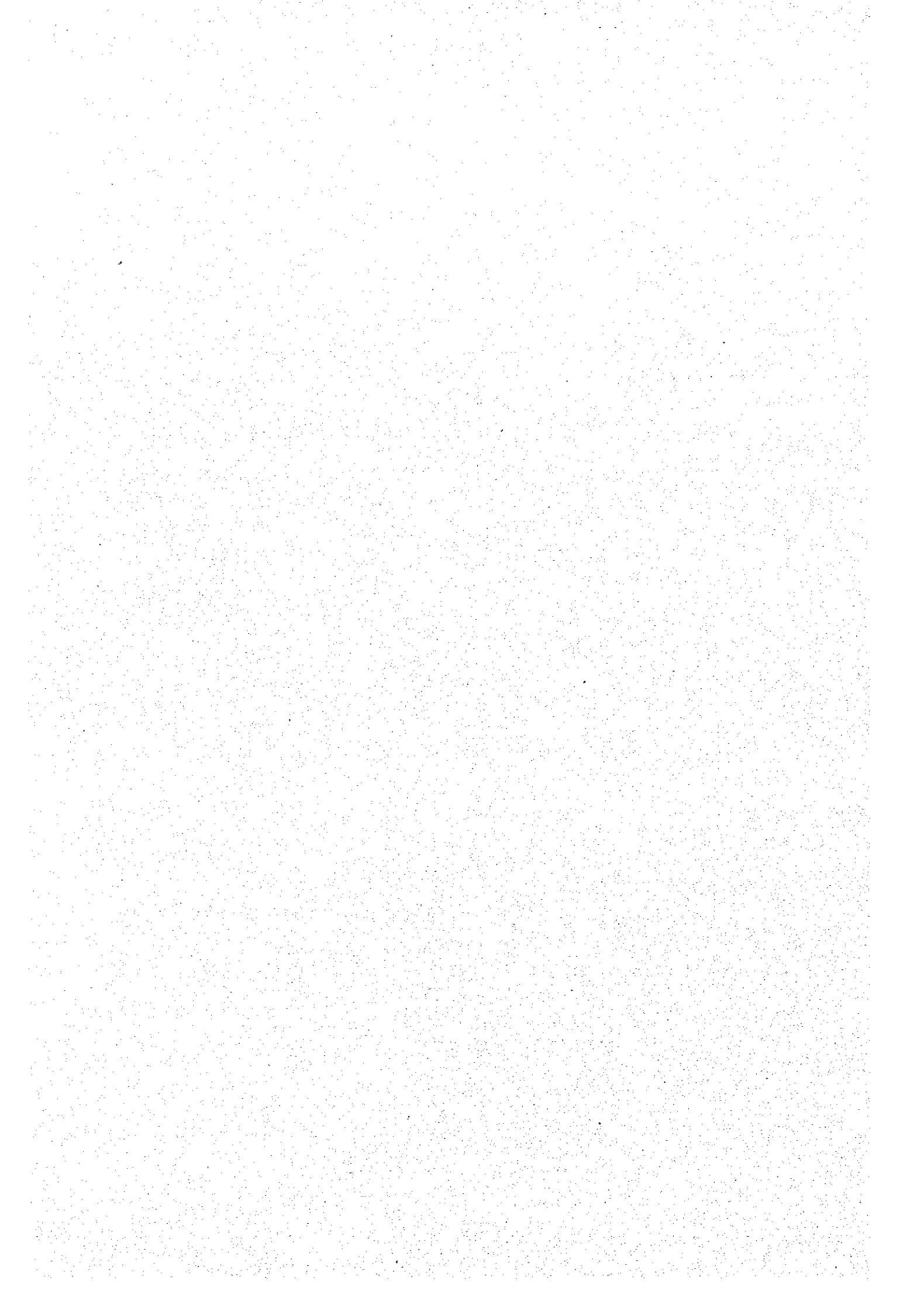
J 1155199 (1)

Pacific Consultants International, Tokyo  
en asociación con  
Environmental Technologic Consultant Co., Ltd., Tokyo

S S S

J R

00-003



Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)  
Instituto Nacional de Desarrollo (INADE)  
República del Perú

**ESTUDIO  
PARA  
EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA  
DE  
LA BAHIA INTERIOR DE PUNO EN EL LAGO TITICACA  
EN  
LA REPUBLICA DEL PERU**

**Resumen**

**enero de 2000**

**Pacific Consultants International, Tokyo  
en asociación con  
Environmental Technologic Consultant Co., Ltd., Tokyo**



1155199(1)

Precio Base Estimado: A precios de 1998

Tasas de Cambio de Moneda Extranjera:

Moneda	Tasa de cambio / US\$
Nuevo Sol Peruano(S/.)	3.15
Yen Japonés (¥)	116.70
Marco Alemán (DM)	1.6710

(31 de diciembre de 1998)

Notación Numérica: Marcador decimal: “.” (punto)

Separador de dígitos: “,” (coma)

## PROLOGO

En respuesta a la petición del Gobierno de la República del Perú, el Gobierno del Japón decidió llevar a cabo la ejecución del plan maestro y estudio de factibilidad del Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca en la República del Perú, delegando la misión a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA – Japan International Cooperation Agency).

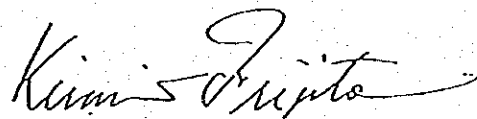
JICA seleccionó un equipo de estudio liderado por el Sr. Tsutomu Kurihara de Pacific Consultant International (PCI) enviándolo a Perú en tres oportunidades entre Setiembre de 1998 y Enero de 2000. Adicionalmente, JICA formó un comité consultivo comandado por el Sr. Hidenori Aya, profesor del Instituto Tecnológico de Musashi entre Setiembre de 1998 y Enero de 2000, el cual como expertos examinaron el estudio desde el punto de vista técnico.

El equipo mantuvo discusiones con funcionarios del Gobierno del Perú y llevó a cabo los estudios en campo en el área de estudio. Después de su regreso a Japón, el equipo continuó realizando los estudios para que finalmente sea preparado el presente informe final.

Espero que este informe contribuya con la promoción del proyecto y realce la relación de amistad que existe entre nuestras dos naciones.

Finalmente, es mi deseo expresar mi sincera gratitud a los funcionarios del Gobierno Peruano por su estrecha cooperación hecha extensiva al Equipo.

Enero, 2000



**Kimio Fujita**  
Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

**ESTUDIO DEL CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION DE AGUAS  
DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO DEL LAGO TITICACA EN LA  
REPUBLICA DEL PERU**

Enero, 2000

**Sr. Kimio Fujita**  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

CARTA INFORMATIVA

Estimado señor:

Es de nuestro agrado hacerle extensivo el informe final titulado "El Estudio del Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca en la República del Perú". Este informe ha sido preparado por el Equipo de Estudio de acuerdo a los contratos firmados el 16 de Setiembre de 1998 y el 20 de Abril de 1999, entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA y Pacific Consultants International.

El informe examina las condiciones existentes de la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca y presenta los resultados del plan maestro del control integral de contaminación de aguas y el estudio de factibilidad para el proyecto prioritario concluido en el plan maestro.

El informe está formado por las siguientes partes: Resumen, Informe Principal, Informe de Apoyo y Libro de Datos. El Resumen concretiza los resultados de todos los estudios realizados. El Informe Principal contiene las condiciones actuales, plan maestro, estudio de factibilidad, conclusiones y recomendaciones. El Informe de Apoyo incluye los detalles técnicos de los contenidos del Informe Principal. Adicionalmente se ha preparado el Libro de Datos y puesto a consideración adjunto a la presente.

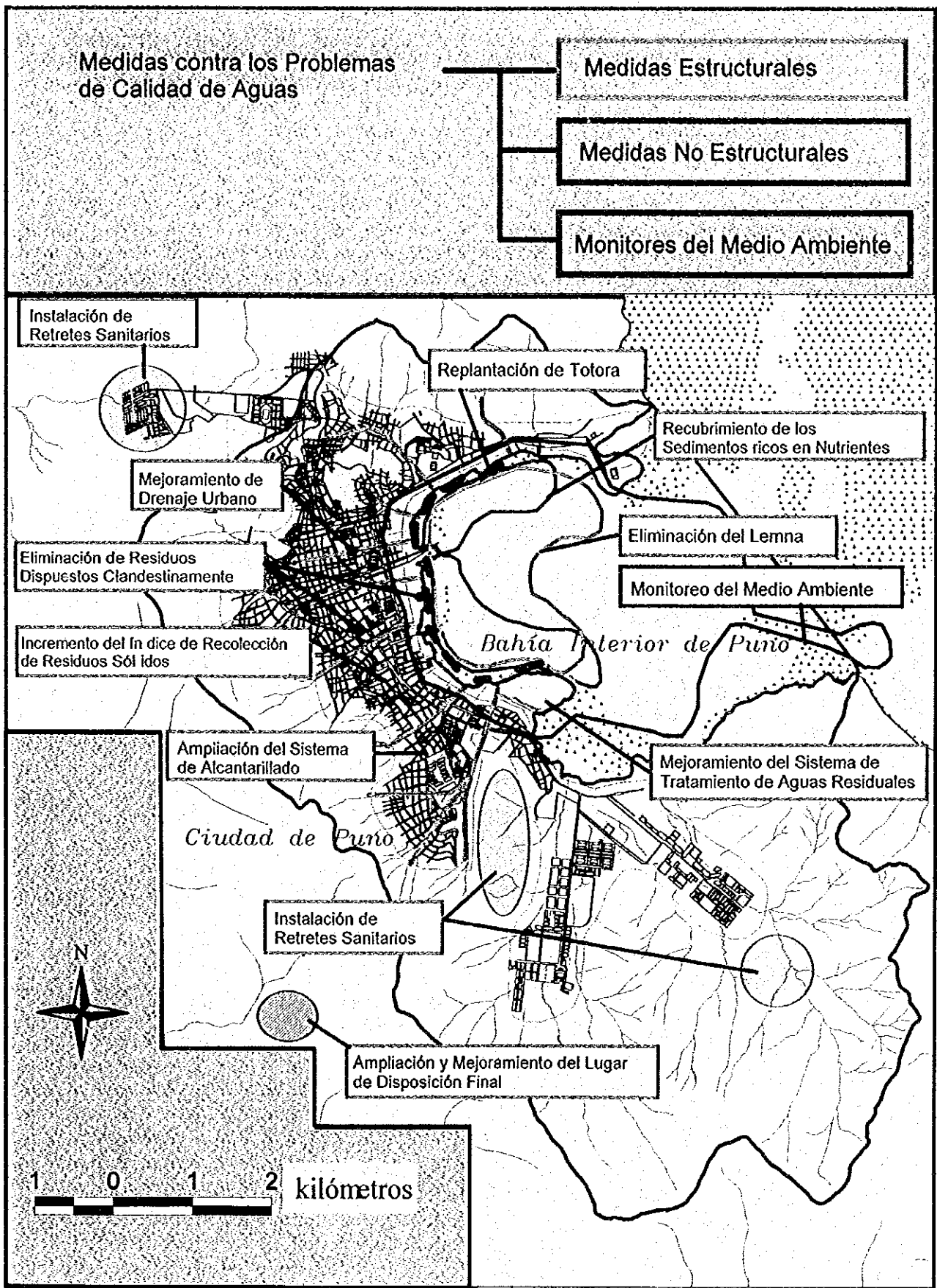
Es deseo de todos los miembros el Equipo de Estudio, expresar nuestro agradecimiento al personal de su Agencia como a los miembros del Comité Consultivo, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Construcción, Ministerio de Salud y Bienestar, Agencia de Medio Ambiente y la Embajada del Japón en Perú, igualmente como a los funcionarios estatales y particulares de la República del Perú por su asistencia recibida por el Equipo de Estudio. Sinceramente, el Equipo de Estudio abraza las esperanzas de que los resultados del estudio contribuyan al mejoramiento de la contaminación de aguas del Lago Titicaca en la República del Perú y que las relaciones de ambos países se ahonden aún mas a través de esta ocasión.

Sinceramente,



---

Tsutomu Kurihara  
Jefe de Equipo



**Plan Propuesto para el Control Integral de la Contaminación de Aguas para la Bahía Interior de Puno**

**ESTUDIO DEL CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION DE AGUAS  
DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO DEL LAGO TITICACA EN LA  
REPUBLICA DEL PERU**

Enero, 2000

**Sr. Kimio Fujita**  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

CARTA INFORMATIVA

Estimado señor:

Es de nuestro agrado hacerle extensivo el informe final titulado "El Estudio del Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca en la República del Perú". Este informe ha sido preparado por el Equipo de Estudio de acuerdo a los contratos firmados el 16 de Setiembre de 1998 y el 20 de Abril de 1999, entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA y Pacific Consultants International.

El informe examina las condiciones existentes de la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca y presenta los resultados del plan maestro del control integral de contaminación de aguas y el estudio de factibilidad para el proyecto prioritario concluido en el plan maestro.

El informe está formado por las siguientes partes: Resumen, Informe Principal, Informe de Apoyo y Libro de Datos. El Resumen concretiza los resultados de todos los estudios realizados. El Informe Principal contiene las condiciones actuales, plan maestro, estudio de factibilidad, conclusiones y recomendaciones. El Informe de Apoyo incluye los detalles técnicos de los contenidos del Informe Principal. Adicionalmente se ha preparado el Libro de Datos y puesto a consideración adjunto a la presente.

Es deseo de todos los miembros el Equipo de Estudio, expresar nuestro agradecimiento al personal de su Agencia como a los miembros del Comité Consultivo, Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Construcción, Ministerio de Salud y Bienestar, Agencia de Medio Ambiente y la Embajada del Japón en Perú, igualmente como a los funcionarios estatales y particulares de la República del Perú por su asistencia recibida por el Equipo de Estudio. Sinceramente, el Equipo de Estudio abraza las esperanzas de que los resultados del estudio contribuyan al mejoramiento de la contaminación de aguas del Lago Titicaca en la República del Perú y que las relaciones de ambos países se ahonden aún mas a través de esta ocasión.

Sinceramente,



---

Tsutomu Kurihara  
Jefe de Equipo

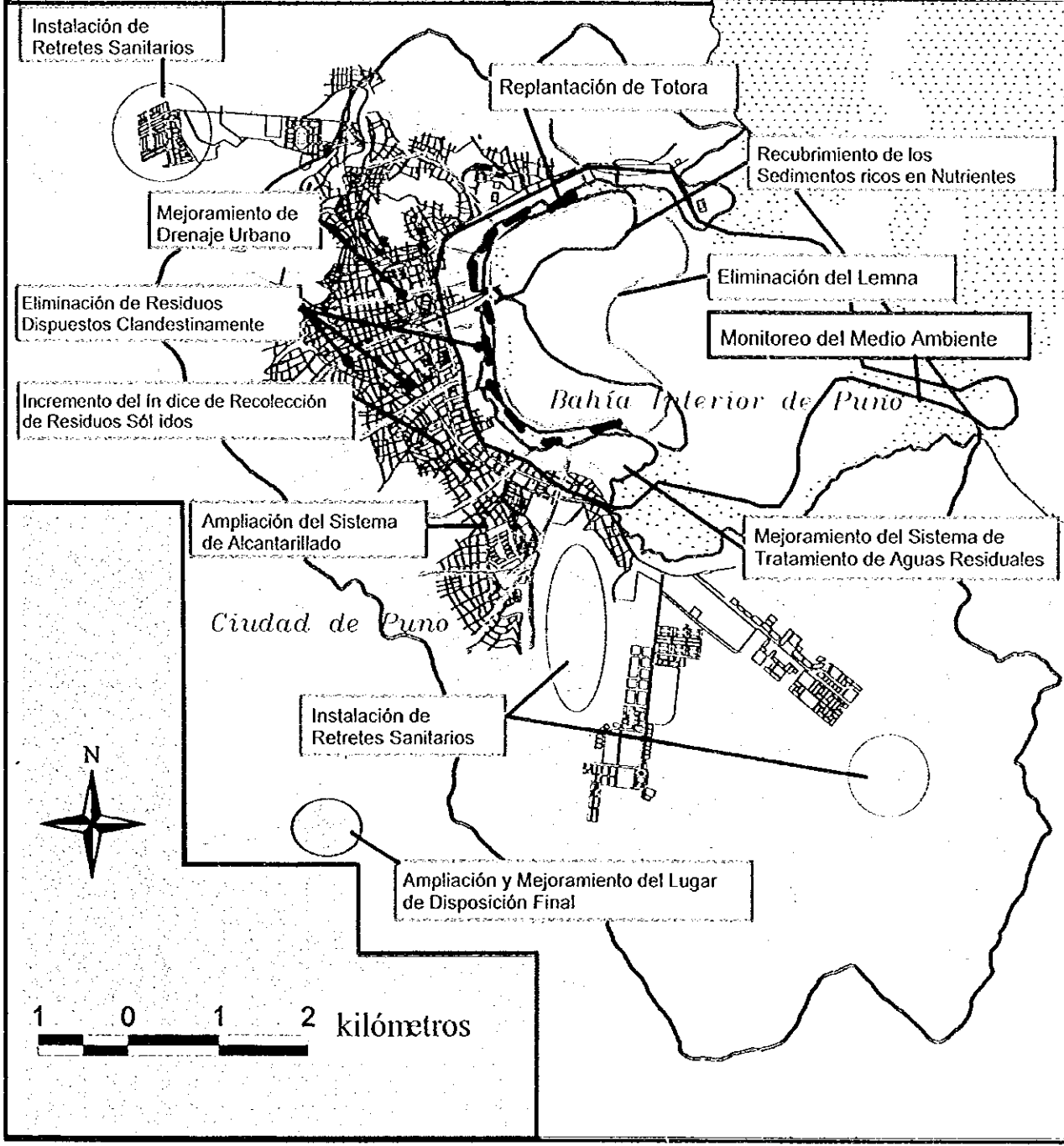


# Medidas contra los Problemas de Calidad de Aguas

Medidas Estructurales

Medidas No Estructurales

Monitores del Medio Ambiente



## Plan Propuesto para el Control Integral de la Contaminación de Aguas para la Bahía Interior de Puno



## COMPENDIO

### 1. FONDO

La bahía está sufriendo de una progresiva contaminación del agua y eutroficación causados por la afluencia de desagües y otros residuos desde la ciudad de Puno. La gran hidrofita que es un benefactor como la totora (especie de caña) ha venido decreciendo, mientras que la *Lemna* (lenteja de agua) se ha desarrollado en grandes cantidades, cubriendo gran parte de la superficie del lago.

Bajo estas circunstancias, el Estudio fue conducido por el Equipo de Estudio de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) en cooperación con el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) desde Setiembre de 1998 a Enero del 2000.

El área el Estudio cubre la Bahía Interior de Puno (aproximadamente 17 km<sup>2</sup>) y su área de captación (aproximadamente 36 km<sup>2</sup>).

### 2. PLAN DEL CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION DE AGUAS DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO

#### 2.1 MARCO DE TRABAJO DEL PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS

##### (1) Objetivos

###### 1) Calidad del Agua de la Bahía Interior de Puno

Recuperación aceptable de la calidad de aguas como lo fue en los '70s.

###### 2) Paisaje de la Bahía Interior de Puno

- Reducción de la distribución de *Lemna*.
- Reducción de los residuos sólidos esparcidos hasta conseguir un nivel insignificante.

###### 3) Ecosistema de la Bahía Interior de Puno

- Rehabilitación de la faja totoral, peces, bentos y macrofitas sumergidas.
- Conservación del hábitat para aves silvestres.

#### 4) Condiciones de la Salud Pública

- Reducción de los residuos sólidos esparcidos en la cuenca y en el lago
- Detención de la contaminación bacterial en la cuenca y en el lago

#### (2) Año Objetivo

Año objetivo a corto plazo:	2008
Año objetivo a mediano plazo:	2015
Año objetivo a largo plazo:	2025

### 2.2 MEDIDAS ESTRUCTURALES

#### (1) Control de Aguas Residuales

##### 1) Condiciones de Planeamiento

Año		1998	2008	2015	2025
Población de la Ciudad de Puno	Total	108,457	139,076	160,508	185,004
	Alcantarillado Servido	50,107 (46%)	97,631 (70%)	125,731 (78%)	157,253 (85%)
Prom. Diario	Flujo Aguas Residuales	77.2 l/s	128.6 l/s	170.0 l/s	224.0 l/s
Cargas Contaminantes (kg./día)	DBO <sub>5</sub>	2,255	4,393	5,658	7,076
	N-T	551	1,074	1,383	1,730
	P-T	63	122	157	197

#### 2) Plan Propuesto

##### a. Sistemas "in-situ"

Instalaciones "in-situ": Letrina de pozo (0.7 ancho × 0.7 largo × 1.5 alto = 0.74 m<sup>3</sup>)

Vaciadoras de pozos: Máquinas pequeñas para el vaciado de los pozos (aspiradora) (500 l/unidad)

Disposición de lodos : Camión (capacidad de carga: 2 ton)

**b. Sistema fuera de lugar**

**Sistema de recolección de aguas residuales**

<u>Colector</u>	Longitud Total = 136,234 m
Fase 1 (1998-2008)	Longitud = 23,396 m
Fase 2 (2009-2015)	Longitud = 46,832 m
Fase 3 (2016-2025)	Longitud = 66,007 m

**Estación de Bombeo E.B. EL PUERTO**

Bomba sumergible (5.25 l/s, 8.6 m, 1.2 kW, 1 juego (+1))

**Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

<u>Estación de bombeo</u>	Bomba sumergible (200l/s, 8.6m, 30kW, 2 juegos (+1))
<u>Lagunas ventiladas</u>	3 pozas
<u>Equipo dosificador de coagulantes</u>	
<u>Lagunas de sedimentación</u>	3 pozas
<u>Tomas para lagunas facultativas</u>	
<u>Laguna primaria</u>	1 poza (laguna facultativa actual)
<u>Laguna secundaria</u>	1 poza (laguna facultativa actual)
<u>Instalación de salidas para las lagunas facultativas secundarias</u>	
<u>Humedales construidos (Totora)</u>	34 pozas (flujo tipo sub-superficial)

**3) Costo del Proyecto**

**a. Sistema "in-situ" (para máquinas pequeñas vaciadores de pozos y camiones)**

Costo total de inversión: S/.1,248,000 Soles (no incluye IGV)

Costo de operación y mantenimiento O/M: (no incluye IGV)

Año	2008	2015	2025
Costo (miles S./año)	237	195	171

**b. Sistema fuera del sitio**

Costo total de inversión: S/.91,189,800 Soles (no incluye IGV)

Costo de operación y mantenimiento O/M: (no incluye IGV)

Año	2008	2015	2025
Costo (miles S./año)	757	1,109	1,447

## (2) Manejo de Residuos Sólidos

### 1) Condiciones de Planeamiento

Año		1998	2008	2015	2025
Cantidad de Residuos Sólidos	Generado (t/día)	67.0	85.9	101.5	126.2
	Recolectado (t/día)	34.0 (51%)	58.3 (68%)	81.9 (81%)	126.2 (100%)

### 2) Plan Propuesto

#### a. Recolección y Transporte

Año		2008	2025
Cantidad requerida de vehículos recolectores de residuos sólidos	Compactador 12 m <sup>3</sup>	1	2
	Compactador 4 m <sup>3</sup>	7	15
	Volquete 6.8 m <sup>3</sup>	1	5
	Triciclo	5	5
Mano de Obra		153	204

#### b. Lugar de Disposición Final

De acuerdo a los lineamientos técnicos emitidos por DIGESA se construirán gradualmente 10 rellenos sanitarios con una extensión de 20,000 m<sup>2</sup> – 37,000 m<sup>2</sup>. En los lugares también será necesaria la maquinaria pesada.

### 3) Costo del Proyecto

Total costo de inversión: S/.89,232,800 Soles (no incluye IGV)

Costo de operación y mantenimiento O/M: (no incluye IGV)

Año	2008	2025
Costo (miles S./año)	1,401	2,115

(3) Otras medidas

1) Sistema de Drenaje Urbano

a. Plan Propuesto

- ampliación y revestimiento de los canales existentes
- construcción de vías de drenaje adicionales
- construcción de presas de detención y estructura de salto para controlar la velocidad de flujo y la sedimentación
- separación de las vías de drenaje y los sistemas de alcantarillado sanitario

b. Costo del Proyecto

Costo total: S/8,543,200 Soles (no incluye IGV)

2) Manejo en el Lago

a. Cosecha de la Lenteja de Agua (*Lemna*)

Plan Propuesto

Se ha propuesto la cosecha ordinaria mediante un equipo cosechador en barcaza de bajo calado (índice de cosecha: 30~40 t/día).

Costo del Proyecto

Costo de inversión total: S/378,000 Soles (no incluye IGV)

Costo de operación y mantenimiento O/M: S/36,800 Soles/año (no incluye IGV)

b. Recubrimiento del Sedimento del Fondo

Plan Propuesto

Las áreas para el recubrimiento de sedimentos son la parte occidental de la Bahía Interior de Puno, en donde la profundidad del agua es menor que 3.5 m y donde el equipo pueda operar. El posible material a usar para el recubrimiento es arena limosa, el cual está distribuida a lo largo del canal de navegación de la Bahía Interior de Puno.

- Area de Recubrimiento del Sedimento: 2,400,000 m<sup>2</sup>
- Grosor del Recubrimiento: 0.30 m
- Volumen del Recubrimiento: 720,000 m<sup>3</sup>

#### Costo del Proyecto

Costo Total: S/.23,310,700 Soles (no incluye IGV)

#### **c. Replantación de Caña (Totora)**

##### Plan Propuesto

Los procesos principales de la rehabilitación de totora son la multiplicación de plantones y la plantación de plantones multiplicados. La siembra de totora debe realizarse a lo largo de la orilla occidental de la Bahía Interior de Puno.

- Dimensiones de la faja totoral: Longitud = 200 m, ancho = 40 m
- Cantidad: 18 unidades
- Total del área de plantación: 14.4 he

#### Costo del Proyecto

Costo Total: S/.158,300 Soles/año (no incluye IGV)

### **2.3 MEDIDAS NO ESTRUCTURALES**

#### **(1) Plan Propuesto**

Se han propuesto las siguientes medidas.

- (1) Plan de consolidación institucional;
- (2) Programa de educación pública;
- (3) Campañas ilustrativas (instauración del *Día de la Limpieza*);
- (4) Aplicación de las regulaciones medioambientales.

#### **(2) Costo del Proyecto**

Costo de Inversión Total: S/.579,600 Soles (no incluye IGV)

Operación y Mantenimiento O/M: S/.516,300 Soles/año (no incluye IGV)



## 2.4 MONITOREO MEDIOAMBIENTAL

### (1) Plan propuesto

#### 1) Programa de Monitoreo para Afluentes

Alimentos e industrias de procesamiento (4 talleres)

Matadero de ganado (1 instalación)

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Espinar (1 instalación)

#### 2) Programa de Monitoreo para Cuerpos de Agua

##### a. Condiciones Físicas y Químicas

Agua lacustre (7 puntos principales, 5 puntos complementarios)

Canales de drenaje (5 puntos)

Sedimentos del lago (12 puntos)

##### b. Condiciones Biológicas

Agua lacustre (Plancton, Bentos y Macrofitas)

### (2) Costo del Proyecto

Costo de Inversión Total: S/. S/.246,000 Soles (no incluye IGV)

Operación y Mantenimiento O/M: S/.184,200 Soles/año (no incluye IGV)

## 2.5 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

El programa de implementación del Plan Integral se resume en la *Tabla 1*. Entre los componentes propuestos, el mejoramiento de los sistemas de alcantarillado, manejo de residuos sólidos y el monitoreo medioambiental deben ser implementados como medidas de primera prioridad en Puno.

El recubrimiento de sedimentos debe ser implementado cuando las medidas contra las cargas contaminantes externas no produzcan los efectos esperados.

Además de las medidas estructurales, las medidas no estructurales deben comenzar tan pronto como sea posible a fin de formular la concienciación ciudadana y el entendimiento del Plan Integral. La conciencia ciudadana y el entendimiento son indispensables para promover las medidas estructurales.

### 3. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

#### 3.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO

En el Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno, cada medida a sido clasificada considerando su prioridad.

- 1<sup>st</sup>: Mejoramiento/Modernización de los Sistemas de Alcantarillado
- 2<sup>nd</sup>: Mejoramiento/Modernización del Manejo de Residuos Sólidos
- 3<sup>rd</sup>: Mejoramiento de los Sistemas de Drenaje Urbano
- 4<sup>th</sup>: Medidas en el Lago (recubrimiento de los sedimentos del fondo, cosecha del *Lemna*, rehabilitación de totora)

Con respecto a la red de alcantarillado, el estudio de factibilidad ha sido ya terminado y el gobierno Alemán ofrecerá una asistencia financiera para el proyecto dependiendo de su factibilidad. Como resultado, el mejoramiento/modernización del manejo de residuos sólidos para el año 2008 ha sido seleccionado para el estudio de factibilidad.

### 3.2 DISEÑO

#### (1) Recolección de Residuos

##### 1) Plan propuesto

##### a. Cantidad necesaria de vehículos recolectores

			2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2025-100%	Vehículo	Compactador 12m3	1	1	1	1	1	1	1
		Igual (Existente)	1	1	1	1	-	-	-
		Compactador 4m3	1	2	2	2	4	4	5
		Igual (Existente)	2	2	2	2	2	2	2
		Volquete 6.8m <sup>3</sup>	1	1	1	1	1	1	1
		Volquete 5 t	2	2	2	2	1	1	1
	Total (unidades)		8	9	9	9	9	9	10
	Capacidad complementaria (t/d)		22.6	28.0	28.0	33.4	38.8	38.8	44.2
	Capacidad existente (t/d)		34.4	34.4	34.4	17.2	17.2	17.2	17.2
	Capacidad total (t/d)		57.0	62.4	62.4	50.6	56.0	56.0	61.4
Cantidad recolección (t/d)		42.51	44.84	47.24	49.88	52.61	55.41	58.33	
Residuos directamente transportados (t/d)		1.59	1.62	1.64	1.67	1.69	1.72	1.74	

#### (2) Lugar de Disposición Final

La siguiente tabla muestra la capacidad requerida para el total de residuos.

	Generación de residuos (Inc.dir.transp.)	Residuos Transportados	Residuos Transportados	Volumen de residuos	Recubrimiento con tierra	Volumen necesario	Volumen acumulado
	t/día	t/día	t/año	m <sup>3</sup> / año	m <sup>3</sup> / año	m <sup>3</sup> / año	m <sup>3</sup>
1998	68.41	35.49	12,954	18,506	4,626	23,131	23,131
2008	87.63	60.07	21,926	31,322	7,829	39,152	236,252

### 3) Equipos Necesarios a ser Instalados

Se requiere de Cargador Frontal, Retroexcavadora, Volquete, Balanza para Camiones, Grupo Electrónico.

### 3.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

A fin de construir un relleno sanitario, se necesita un año para la preparación. Por consiguiente, los trabajos de construcción comenzarán en el 2001.

### 3.4 COSTO DEL PROYECTO

Costo de construcción	9,113,000 Soles
Equipos	3,738,000 Soles
Costo de operación y mantenimiento	9,682,000 Soles
Total General	22,533,000 Soles

(no incluye IGV)

### 3.5 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

La implementación del proyecto tendrá efectos sociales como el mejoramiento de las condiciones sanitarias y el mejoramiento del potencial del desarrollo turístico.

El TIRF excederá el 7% si el ingreso se incrementa significativamente mediante el incremento de la tarifa por el manejo de residuos o mediante el establecimiento de nuevos fondos como la tarifa ambiental, o si el gobierno asigna subsidios o fondos de bajos intereses a la Municipalidad Provincial de Puno.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 EVALUACIÓN DEL PLAN INTEGRAL

Todo el plan requiere de un gran monto de inversión aunque se apliquen técnicas razonables a cada componente del proyecto. Sin embargo, el estado financiero del gobierno local en Puno es bastante serio como para llevar a cabo el plan. Aunque el gobierno local haga los máximos esfuerzos por incrementar los ingresos, de todas formas es indispensable el apoyo del gobierno central.

Habrán varios beneficios acumulados del plan. Si el plan no se lleva a cabo, el medio ambiente de Puno empeorará mas y mas. Como resultado, el Lago Titicaca estará contaminado y las actividades pesqueras serán afectadas, el comercio

turístico también decaerá. Los efectos fueron estimados según los volúmenes de comercio actuales. El valor del TIRF es 15%, mayor que 10% y los beneficios acumulados es positivo. Se puede decir que el Plan Integral propuesto es viable desde el punto de vista económico.

El Plan esencialmente contribuirá con el mejoramiento medioambiental de la Bahía Interior de Puno. Las cargas contaminantes orgánicas se reducirán en el año objetivo como lo fue hasta los años 70. Consecuentemente, el objetivo de plan contra la contaminación orgánica en la Bahía Interior de Puno será alcanzado por el año 2008, y las condiciones favorables perdurarán por un largo tiempo. A pesar que el plan también producirá efectos negativos a través de las fases de planeamiento, construcción y operación, se ha evaluado que todos los impactos serán menores o temporales y podrán ser mitigados dentro de un nivel aceptable.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

La Bahía Interior de Puno es parte del Lago Titicaca. No sólo las personas que viven en él, sino también la nación peruana y turistas extranjeros han disfrutado del inminente medio ambiente lacustre. Por consiguiente, ellos son los que deben hacer retornar los beneficios, en otras palabras, proveer trabajo o fondos requeridos para el mejoramiento medioambiental del lago. Los beneficios económicos sobrepasarán los costos totales del plan. Esto significa que el Plan es merecedor de ser implementado. Sin embargo, es difícil que los gobierno locales o los residentes puedan soportar todos los costos cuando se toma en cuenta sus dificultades financieras. Es indispensable la asistencia financiera del gobierno estatal, como subsidios o fondos de bajos intereses para la realización del plan. Además, se recomienda el establecimiento del sistema para la elevación de fondos de los usuarios o contaminadores del medio ambiente lacustre.

**Tabla 1 Programa de Implementación del Plan Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno**

Measures	Proposed Plan Component	Priority	Year																									
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
External Pollution	Sewerage Sewer Expansion	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Systems WWTS Improvement	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Load Reduction	Sanitary Toilet	2	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Urban Drainage	3	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Solid Waste	Removal of Illegally Dumped Wastes	2	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Increase of Collection Rate	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Management	Expansion/Upgrade of Final Disposal Site	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	In-Lake Management	2	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Non-Structural Measures	Cover of Bottom Sediment	4	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Replanting of Titora	3	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Environmental Education & Campaign	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Structural Measures	Citizen's Participation	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Institutional Strengthening	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Land Use Management	3	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Livestock Farming Management	4	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Environmental Monitoring	Regulation of Effluents	2	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Environmental Monitoring	1	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

█ Construction  
 █ Operation

**ESTUDIO  
PARA  
EL CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DEL AGUA  
DE  
LA BAHIA INTERIOR DE PUNO EN EL LAGO TITICACA  
EN  
LA REPUBLICA DEL PERU**

**(Resumen)**

**CONTENIDO**

Página

**CAPITULO - I INTRODUCCION**

1. FONDO DEL ESTUDIO ..... I-1

**CAPITULO – II PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION  
DE AGUAS DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

1. PROBLEMAS EXISTENTES EN LA BAHIA INTERIOR DE PUNO ..... II-1
2. MARCO DEL PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACIÓN  
DE AGUAS PARA LA BAHIA INTERIOR DE PUNO ..... II-3
3. MEDIDAS ESTRUCTURALES ..... II-6
4. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES ..... II-57
5. MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE ..... II-58
6. IMPLEMENTACIÓN PROGRAM ..... II-65
7. ORGANIZACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN ..... II-68
8. COSTOS DEL PROYECTO ..... II-70

### **CAPITULO – III ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

1. SECECCIÓN DEL PROYECTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	III-1
2. Diseño.....	III-2
3. PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN .....	III-7
4. COSTO DEL PROYECTO .....	III-9
5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	III-10

### **CAPITULO - IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. EVALUACIÓN DEL PLAN INTEGRAL .....	IV-1
2. RECOMENDACIONES .....	IV-9



## LISTA DE TABLAS

Página

### **CAPITULO - II PLAN CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO**

Tabla II.3.1	Cobertura de servicio proyectado de alcantarillado sanitario.....	II - 7
Tabla II.3.2	Costo Total del Proyecto (hasta el año 2025).....	II - 9
Tabla II.3.3	Tasa Interna de Retorno Financiero (TIRF) y Valor Actual Neto (VAN)	II - 11
Tabla II.3.4	Resumen del Plan de Alcantarillado.....	II - 13
Tabla II.3.5	Resumen del Plan para la Estación de Bombeo.....	II - 13
Tabla II.3.6	Especificaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.....	II - 16
Tabla II.3.7	Cantidad Necesaria de Personal para la Operación y Mantenimiento del Sistema de Alcantarillado Propuesto.....	II - 18
Tabla II.3.8	Programa de Implementación y Desembolsos.....	II - 19
Tabla II.3.9	TIRF y VAN del plan propuesto.....	II - 20
Tabla II.3.10	Número Requerido de Vehículos de Recolección.....	II - 28
Tabla II.3.11	Resultados de la Viabilidad Financiera.....	II - 37
Tabla II.3.12	Mejoramiento propuesto para los canales de drenaje (Periodo de Retorno de 5 años).....	II - 42
Tabla II.5.1	Frecuencia de Monitoreo Medioambiental.....	II - 62
Tabla II.5.2	Parámetros de Monitoreo Medioambiental.....	II - 62
Tabla II.6.1	Programa de Implementación del Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno.....	II - 67
Tabla II.8.1	Costos del Proyecto del Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas en la Bahía Interior de Puno.....	II - 71

### **CAPITULO - III ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Tabla III.2.1	Generación y Cantidad de Recolección de Residuos.....	III - 2
Tabla III.2.2	Cantidad Necesaria de Vehículos Recolectores y Capacidad de Transporte entre el 2002 y 2008.....	III - 3
Tabla III.2.3	Plan para el Personal.....	III - 4
Tabla III.2.4	Capacidad Necesaria para el Relleno Sanitario.....	III - 4
Tabla III.2.5	Plan Total de las Instalaciones.....	III - 6
Tabla III.5.1	Tabla de Comparación entre el Actual y Futuro Lugar de Disposición.....	III - 11
Tabla III.5.2	Resultados de la Viabilidad Financiera.....	III - 12
Tabla III.5.3	Combinaciones Recomendables.....	III - 13

## **CAPITULO - IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>Tabla IV.1.1</b>	<b>Resultados de la TIRE.....</b>	<b>IV - 3</b>
<b>Tabla IV.1.2</b>	<b>Análisis de Sensibilidad del TIRE del Plan Integral propuesto.....</b>	<b>IV - 4</b>

## LISTA DE FIGURAS

Página

### **CAPITULO - I INTRODUCCIÓN**

Figura I.1	Area de Estudio.....	I - 3
------------	----------------------	-------

### **CAPITULO - II PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS DE LA BAHÍA INTERIOR DE PUNO**

Figura II.1.1	La Transición en la Bahía Interior de Puno y su Entorno.....	II - 2
Figura II.2.1	Figura Conceptual del Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno.....	II - 5
Figura II.3.1	Esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.....	II - 15
Figura II.3.2	Fluctuación del Balance de Liquidez.....	II - 21
Figura II.3.3	Flujo de los Residuos Sólidos en la ciudad de Puno (1998).....	II - 25
Figura II.3.4	Flujo de los Residuos Sólidos en la ciudad de Puno (2025).....	II - 27
Figura II.3.5	Generación de Residuos Sólidos y Capacidad Objetivo de Recolección y Transporte (Alcance del índice de recolección = 100% para 2025).....	II - 31
Figura II.3.6	Cronograma de Implementación y Desembolsos del Proyecto.....	II - 36
Figura II.3.7	Mejoramiento propuesto para los canales de drenaje.....	II - 43
Figura II.3.8	Areas propuestas para el Recubrimiento del Sedimento (Arenas de la Bahía Interior de Puno).....	II - 51
Figura II.3.9	Figura Conceptual del Trabajo de Recubrimiento (Arenas de la Bahía Interior de Puno).....	II - 52
Figura II.3.10	Area de Planeamiento de Replantación de totora.....	II - 55
Figura II.3.11	Semillero Requerido para la Siembra de Totora.....	II - 56
Figura II.5.1	Puntos de Monitoreo en la Bahía Interior de Puno.....	II - 63
Figura II.5.2	Puntos de Monitoreo de Canales de Drenaje.....	II - 64

### **CAPITULO - III ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Figura III.2.1	Mapa de la Localización de Sitio.....	III - 5
Figura III.3.1	Programa de Implementación.....	III - 8

### **CAPITULO - IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Figura IV.1.1	Proyección de la Reducción de las Cargas Contaminantes Externas por el Plan Propuesto (DBO).....	IV - 6
Figura IV.1.2	Proyección de la Reducción de las Cargas Contaminantes Externas por el Plan Propuesto (T-N).....	IV - 7
Figura IV.1.3	Proyección de la Reducción de las Cargas Contaminantes Externas	



## ABREVIACIONES

### 1. Organizaciones Peruanas

ALT :	Autoridad Autónoma Binacional del Lago Titicaca
APECO :	Asociación Peruana de Conservación
CAPET :	Cámara de Pesquería del Titicaca
CONAM :	Consejo Nacional del Medio Ambiente
DIGESA :	Dirección General de Saneamiento Ambiental, Ministerio de Salud
EMSAPUNO :	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado
ENAFER :	Empresa Nacional Ferroviaria
GOP :	Gobierno Peruano
INADE :	Instituto Nacional de Desarrollo
INADUR :	Instituto Nacional de Desarrollo Urbano
INEI :	Instituto Nacional de Estadística e Información
INRENA :	Instituto Nacional de Recursos Naturales
MITINCI :	Ministerio de Industria, Turismo, Integración Nacional y Comercio Internacional
MTCVC :	Ministerio de Transporte, Vivienda y Construcción
PELT :	Proyecto Especial Binacional del Lago Titicaca
PRONAA :	Programa Nacional de Asistencia Alimenticia
PRONAP :	Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado
SENAMHI :	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SUNASS :	Superintendencia Nacional de Servicios Sanitarios
SUNAT :	Superintendencia Nacional de Tributación
UNA :	Universidad Nacional del Altiplano - Puno

### 2. Organizaciones Japonesas/Internacionales

CEPIS :	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Medioambientales, WHO
GOJ :	Gobierno Japonés
IBRD :	Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (Banco Mundial)
IDB :	Banco Interamericano de Desarrollo
IMF :	Fondo Monetario Internacional
JICA :	Agencia Internacional de Cooperación Japonesa
JST :	Equipo de Estudio de JICA
KfW :	Banco Alemán de Reconstrucción
OECD :	Organización de Cooperación Económica y Desarrollo
WHO :	Organización Mundial de la Salud

### 3. Medidas de Medición

#### 1) Físicas

mm	:	milímetros(s)
cm	:	centímetros(s)
m	:	metros(s)
km	:	kilómetros(s)
ha(s)	:	hectárea(s)
l, ltr	:	litros(s)
g, gr	:	gramos(s)
kg	:	kilogramos(s)
t, ton	:	toneladas(s)
s, sec	:	segundos(s)
min	:	minutos(s)
h(hrs)	:	horas(s)
d(dys)	:	días(s)
y, yr(yrs)	:	años(s)

#### 2) Químicos

mg/l	:	miligramos(s)
------	---	---------------

#### 3) Otras

a.s.l.	:	sobre el nivel del mar
inh/ha	:	habitantes por hectárea
nos/l	:	números por litros

### 4. Términos Monetarios

¥	:	Yen Japonés
US\$	:	Dólar Americano
S/.	:	Nuevo Sol Peruano
DM	:	Marco Alemán

### 5. Otros

DBO	:	Demanda Biológica de Oxígeno
CIF	:	Costo, Seguro y Flete
DQO	:	Demanda Química de Oxígeno
Chl-a	:	Clorofila
D/D	:	Diseño
D/S	:	Estudio Definitivo
DF/R	:	Reporte Final Preliminar
DID	:	Distrito Habitado Densamente
DL	:	Línea de Dato

DO	: Oxígeno Disuelto
E/S	: Servicio de Ingeniería
EIA	: Estimación de Impacto Ambiental
TIRE	: Tasa Interna de Retorno Económico
F/R	: Reporte Final
F/S	: Estudio de Factibilidad
FDS	: Lugar de Disposición Final
TIRF	: Tasa Interna de Retorno Financiero
FY	: Año Fiscal
GDP	: Producto Bruto Familiar
GNP	: Producto Bruto Interno
IC/R	: Reporte Inicial
IEE	: Evaluación Ambiental Inicial
IGV	: Impuesto General a las Ventas
IT/R	: Reporte Intermedio
M/P	: Plan Maestro
MSL	: A Nivel del Mar
N	: Nitrógeno
NGO	: Organización No Gubernamental
P	: Fósforo
P/R	: Reporte Progresivo
S/W	: Alcance del Estudio
SS	: Sólidos Suspendidos
STP	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
SWM	: Manejo de Residuos Sólidos
TSD	: Total de Sólidos Disueltos
VAT	: Valor Agregado

## **CAPITULO - I    INTRODUCCION**



# CAPITULO - I

## INTRODUCCION

### 1. FONDO DEL ESTUDIO

Se espera que la Ciudad de Puno experimente un crecimiento sustancial de la población en el futuro, debido a nuevas comunidades emergentes en las afueras de la ciudad, adicionalmente a la afluencia de la misma población. Sin embargo, el mejoramiento y ampliación de la infraestructura urbana se ha retrasado con respecto al índice de crecimiento de la población, por lo tanto la mayoría de las aguas residuales son descargadas directamente sin tratamiento alguno en la Bahía Interior de Puno. Además, existen otros problemas, como son la afluencia de residuos sólidos en la bahía interior durante las temporadas de lluvias, causados por la insuficiencia del sistema de recolección de basura.

Actualmente la bahía sufre de la contaminación progresiva y la eutroficación causado por la afluencia de aguas residuales y otros tipos de desechos desde la Ciudad de Puno. La hidrofita, gran benefactor como la Totorá (caña) ha ido decreciendo mientras que la *Lemma* flotante (lenteja de agua) se ha desarrollado en grandes cantidades, cubriendo una extensa parte del lago.

Ante estas circunstancias, el Estudio fue dirigido por el Equipo de Estudio de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), en cooperación con el Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) desde Setiembre de 1998 a Enero de 2000.

Los objetivos del Estudio son:

- 1) Elaborar el Plan Maestro del mejoramiento integral de la calidad de agua de la Bahía Interior de Puno.
- 2) Dirigir el estudio de factibilidad (F/S) del proyecto de prioridad identificado por el Plan Maestro.
- 3) Transferir tecnología al personal de la contraparte durante el Estudio.

El área del Estudio cubre la Bahía Interior (aproximadamente 17 km<sup>2</sup>) y su área de captación circundante (aproximadamente 36 km<sup>2</sup>), como se muestra en la *Figura 1.1*.

**Los informes del Estudio elaborados son:**

**Informe Principal (Inglés)**  
**Informe Principal (Español)**  
**Informe de Apoyo**  
**Informe Resumen (Inglés)**  
**Informe Resumen (Español)**  
**Libro de Datos**

**Las versiones de los informes en español han sido elaboradas como referencia.**

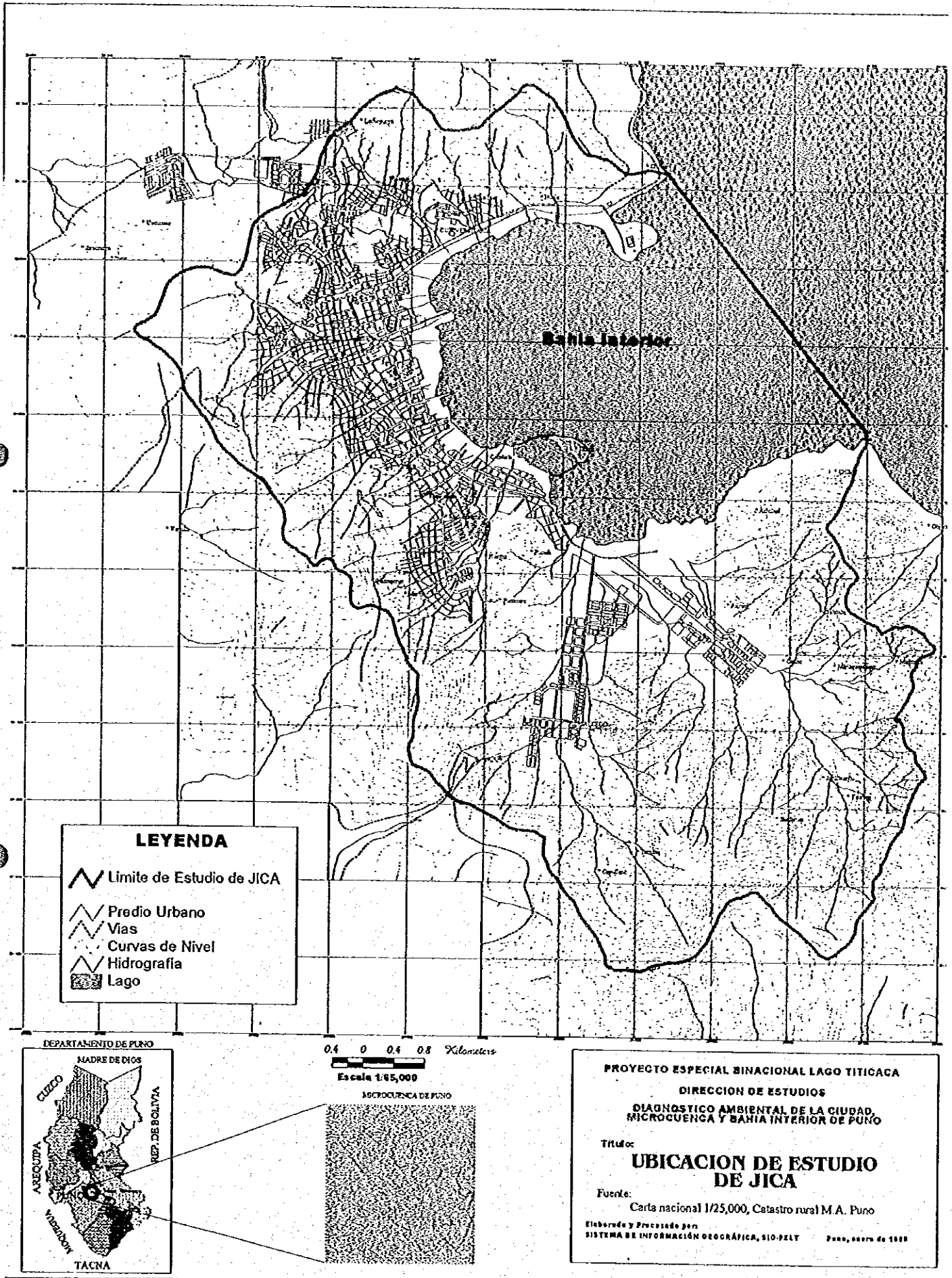


Figura I.1 Area de Estudio

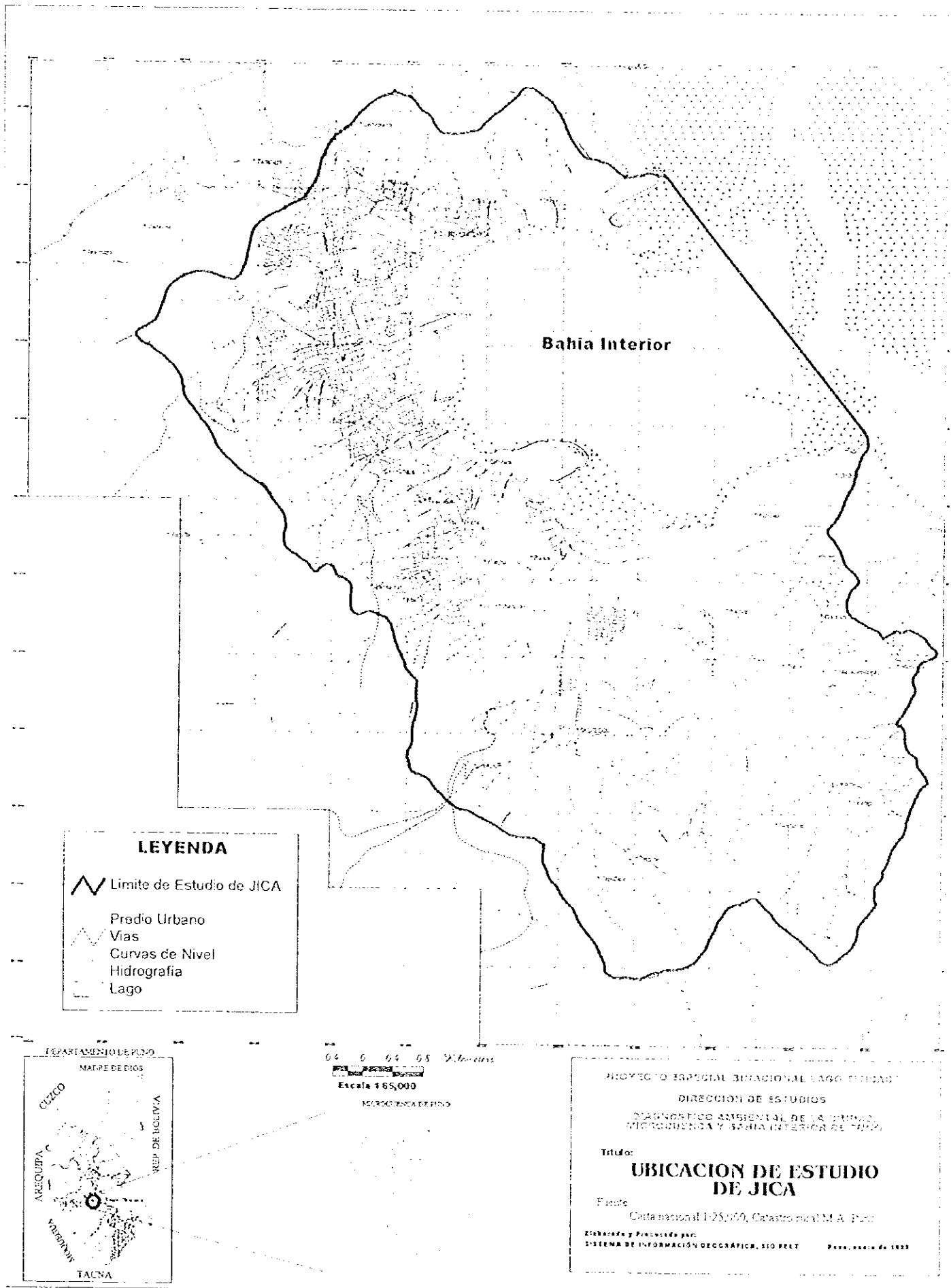


Figura I.1 Area de Estudio

## **CAPITULO - II**

### **PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION DE AGUAS DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

## CAPITULO – II

### PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION DE AGUAS DE LA BAHIA INTERIOR DE PUNO

#### 1. PROBLEMAS EXISTENTES EN LA BAHIA INTERIOR DE PUNO

La *Figura II.1.1* muestra el registro de los eventos ambientales de las últimas décadas, tales como observaciones meteorológicas e hidrológicas y el desarrollo del sistema de alcantarillado. Esta figura muestra también la transición de las condiciones ambientales en la Bahía Interior de Puno.

La calidad del agua en la Bahía Interior de Puno se ha ido deteriorando a partir o antes de los años 70s. Particularmente, la ribera oeste es afectada por aguas residuales principalmente de uso doméstico y comercial, provenientes del área urbana de la ciudad de Puno.

Los problemas existentes del medio ambiente acuático en la Bahía Interior de Puno que han sido identificadas mediante el estudio en campo y entrevistas a los pobladores, se describen a continuación:

- (1) Cuerpo de agua encerrado y poco profundo propenso a la contaminación
- (2) Problemas en el uso de agua causados por la eutroficación significativa
- (3) Depreciación de los recursos turísticos
- (4) Destrucción del Ecosistema
- (5) Olor ofensivo
- (6) Problemas de salud pública

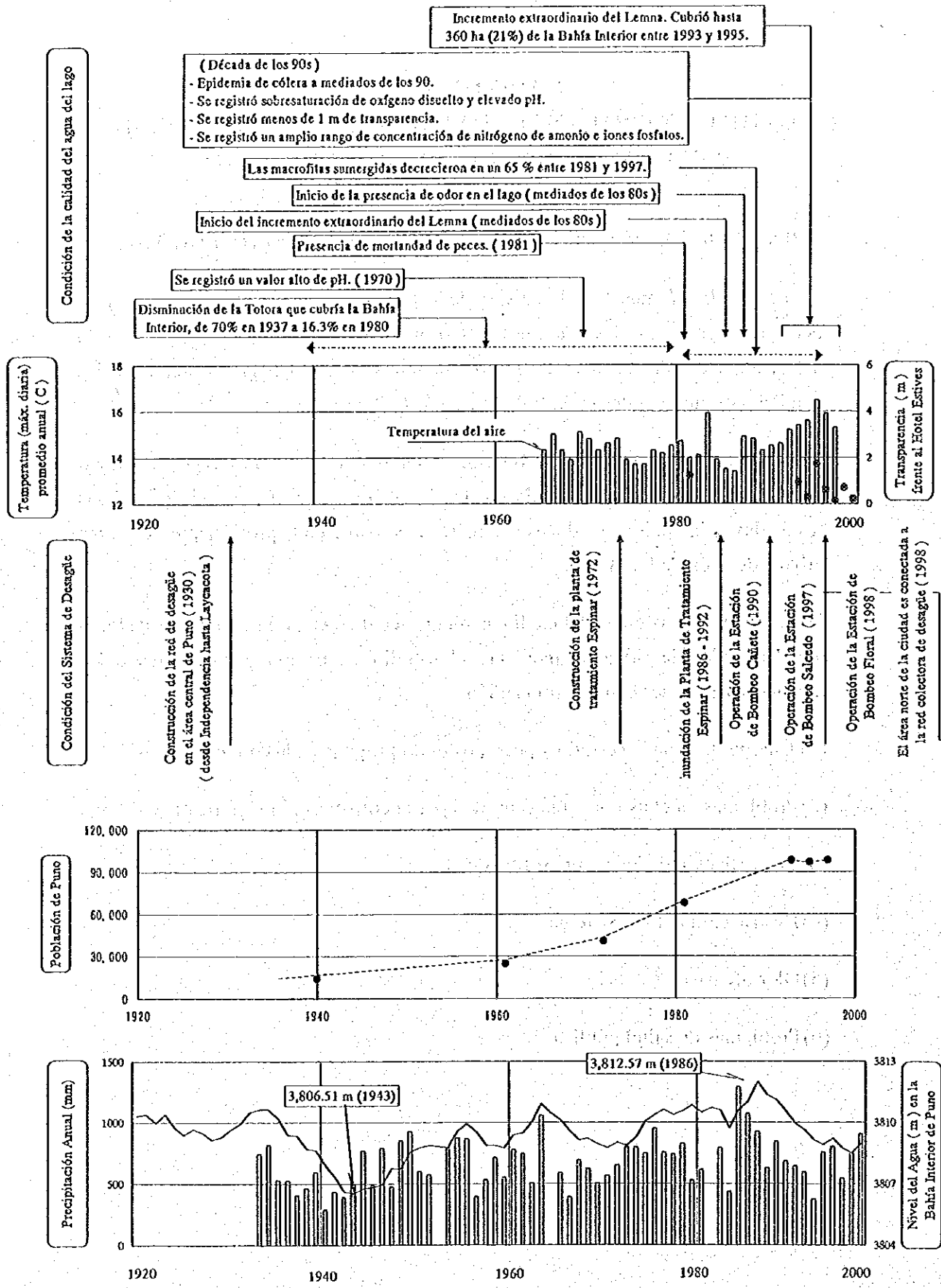


Figura II.1.1 La Transición en la Bahía Interior de Puno y su Entorno

## **2. MARCO DE TRABAJO DEL PLAN DE CONTROL INTEGRAL DE LA CONTAMINACION DE AGUAS PARA LA BAHIA INTERIOR DE PUNO**

### **2.1 CONCEPTO DEL PLAN DEL CONTROL INTEGRAL DE CONTAMINACION DE AGUAS**

#### **(1) Meta**

El Plan de Control Integral de la Contaminación de Aguas tiene como objetivo principal el mejoramiento de la calidad de aguas de la Bahía Interior de Puno, contaminadas por las urbanizaciones de la ciudad de Puno y consecuentemente contribuir con la conservación de su único medio ambiente natural y desarrollo de las condiciones económicas y de vivienda regional.

#### **(2) Objetivos**

##### **1) Calidad del Agua de la Bahía Interior de Puno**

Recuperación de la aceptable calidad de agua como lo fue en los 1970's.

##### **2) Paisaje de la Bahía Interior de Puno**

- Reducción de la distribución de *Lemna*
- Reducción de los residuos sólidos esparcidos hasta conseguir un nivel insignificante

##### **3) Ecosistema de la Bahía Interior de Puno**

- Rehabilitación de la faja cañaveral (Totora).
- Conservación del hábitat para aves silvestres.
- Recuperación de los peces y bentos.
- Recuperación de las macrofitas sumergidas.

##### **4) Condiciones de la Salud Pública de la Bahía Interior y de la Ciudad de Puno**

- Reducción de los residuos sólidos esparcidos en la cuenca y en el lago
- Detención de la contaminación bacteriana en la cuenca y en el lago



### (3) Año Objetivo

Año objetivo a corto plazo: Año 2008

Año objetivo a mediano plazo: Año 2015

Año objetivo a largo plazo: Año 2025

### (4) Metodología

En general, los esfuerzos posibles para el mejoramiento del medio ambiente lacustre están clasificados dentro de las siguientes tres categorías:

- Medidas Estructurales
- Medidas No Estructurales
- Monitoreo del Medio Ambiente

Las medidas estructurales son definidas como medidas tomadas por cuerpos administrativos para el mejoramiento físico del medio ambiente del Lago Titicaca. Las medidas no estructurales tienen como objetivo la motivación de los gobiernos locales, sectores privados o ciudadanos a tomar acciones para el mejoramiento del medio ambiente. El monitoreo del medio ambiente es definido como una herramienta de administración medioambiental, que detecta e identifica los problemas del medio del ambiente, evalúa los efectos e impactos causados por la implementación de las medidas estructurales y hace un llamado a la conciencia popular. Aunque las medidas estructurales deberían ser de categoría principal, el plan integral no cumplirá su función a menos que todas medidas sean sistemáticamente combinadas. La figura conceptual del “Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno” se muestra en la *Figura II.2.1.*

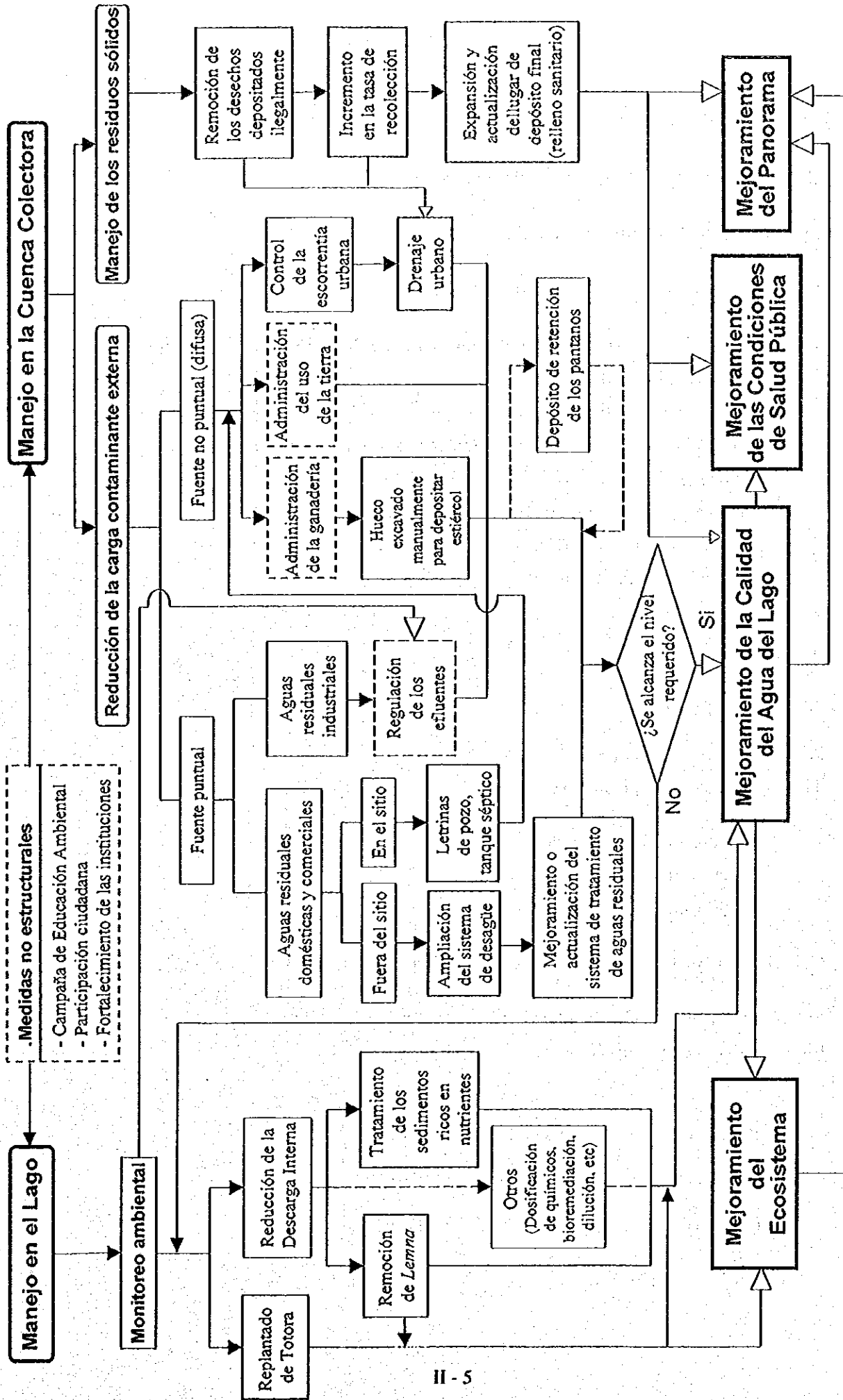


Figura II.2.1 Figura Conceptual del Plan de Control Integral de Contaminación de Aguas de la Bahía Interior de Puno