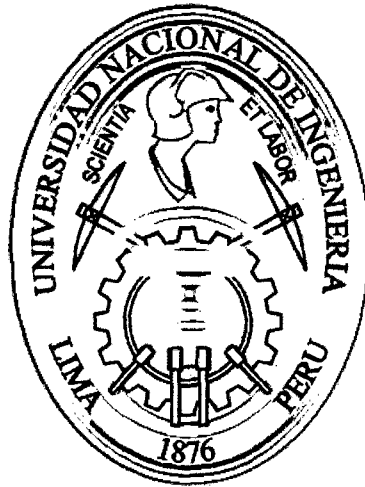


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA Y CIENCIAS SOCIALES



**"INTEGRACIÓN DE TRATAMIENTO Y REÚSO: PROPUESTA  
METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE  
PROYECTOS DE INVERSIÓN DE REÚSO DE AGUAS  
RESIDUALES DOMÉSTICAS"**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ECONOMISTA  
POR LA MODALIDAD DE TESIS

ELABORADO POR

**WILBER ORÉ SUÁREZ**

Lima - Perú  
2012

Digitalizado por:

Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse

## **DEDICATORIA**

**A mis inolvidables padres, ya fallecidos: Moisés y Edita, por darme la vida y que en vida dieron mucho por mí.**

**A mis hermanos y tías, por su incondicional apoyo.**

## **AGRADECIMIENTO**

**A la Universidad Nacional de Ingeniería a través de la Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales, por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa institución y ser parte de su formación de calidad.**

**Y a todas las personas que participaron e hicieron posible este trabajo.**

## RESUMEN

En la presente investigación se analiza e identifica la problemática de los sistemas de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas en el Perú, actividades que tradicionalmente se han realizado en forma separada e independiente. La identificación del problema se realiza mediante la revisión y análisis de documentación sobre plantas de tratamiento de aguas residuales y de experiencias de reúso en el país.

En el sistema actual las inversiones en plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú son poco eficientes e insostenibles, uno de los resultados de esta situación negativa es la contaminación de los cuerpos de agua por efluentes de insuficiente calidad provenientes de las plantas y por vertimientos de aguas residuales crudas que provienen de los sistemas de alcantarillado.

El reúso de aguas residuales es inadecuado, informal y no planificado en la mayoría de casos; por otro lado existe un uso ineficiente de los recursos hídricos, el cual es escaso, principalmente, en ciudades de la costa.

Ante la problemática, bajo la perspectiva de la gestión integral y sistémica, en el estudio se plantea el modelo de sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas, el cual dimensiona el tratamiento en función de los requerimientos de calidad y cantidad del tipo de aprovechamiento, considerando la calidad del agua en tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental.

El enfoque principal de la propuesta es el uso del agua residual doméstica tratada en alguna actividad productiva, lo que involucra la exploración de diferentes opciones reales o potenciales por parte de los interesados. El sistema integrado estará incorporado a la gestión eficiente del agua en la cuenca.

En el estudio se propone el reúso planificado, el cual tiene que llevarse a cabo como un proceso integral a través de un enfoque sistemático, teniendo en consideración: la identificación y caracterización de la demanda potencial del agua tratada, los requerimientos del tratamiento, las necesidades de almacenamiento y distribución, los potenciales impactos negativos, etc.

Además, en el trabajo se propone una guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales en el marco del SNIP, la cual coadyudará a solucionar el problema de inadecuado reúso, promover la integración del tratamiento y reúso, ayudar a que exista un uso eficiente de los recursos hídricos y finalmente hacer que los proyectos de inversión de este tipo sean eficientes y sostenibles.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>GENERALIDADES</b>	4
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 ANTECEDENTES.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 Objetivo general.....	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	10
1.5.1 Hipótesis general.....	10
1.5.2 Hipótesis específicos .....	10
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	10
1.7 METODOLOGÍA.....	12
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	15
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	15
2.2 SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	24
2.2.1 Aguas residuales .....	24
2.2.2 Tratamiento de aguas residuales.....	25
2.2.3 Reúso de agua residual.....	27
2.2.4 Definición de sistema integrado tratamiento y reúso aguas residuales.....	28
2.2.5 El modelo y la gestión eficiente del agua.....	30
2.2.6 Importancia del tratamiento y reúso de aguas residuales.....	32
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</b>	34
3.1 PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES A NIVEL NACIONAL.....	34
3.2 SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	36
3.3 SITUACIÓN DEL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES.....	41
3.3.1 Reúso de aguas residuales en el ámbito internacional. ....	41
3.3.2 Reúso de aguas residuales en el Perú.....	44
3.3.3 Normas internacionales sobre reúso de aguas residuales.....	49
3.4 NECESIDAD DE INTEGRAR EL TRATAMIENTO Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES.....	54
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES</b>	58

4.1 ASPECTOS GENERALES.....	58
4.1.1 Nombre del proyecto.....	58
4.1.2 Unidad formuladora y unidad ejecutora.....	60
4.1.3 Participación de los involucrados.....	61
4.1.4 Marco de referencia.....	63
4.2 IDENTIFICACIÓN.....	66
4.2.1 Diagnóstico de la situación actual.....	66
4.2.1.1 Diagnóstico del área de influencia y área de estudio.....	67
4.2.1.2 Diagnóstico de los servicios.....	80
4.2.1.3 Diagnóstico de los involucrados en el Proyecto. ....	88
4.2.2 Definición del problema, sus causas y efectos.....	91
4.2.2.1 Definición del problema central.....	91
4.2.2.2 Análisis de causas .....	92
4.2.2.3 Análisis de efectos.....	93
4.2.3 Objetivo del proyecto.....	95
4.2.4 Alternativas de solución.....	98
4.3 FORMULACIÓN.....	103
4.3.1 Horizonte de evaluación.....	103
4.3.2 Análisis de la demanda.....	103
4.3.3 Análisis de la oferta.....	123
4.3.4 Balance oferta - demanda.....	130
4.3.5 Planteamiento técnico de las alternativas de solución.....	132
4.3.6 Costos a precios de mercado.....	138
4.4 EVALUACIÓN.....	153
4.4.1 Evaluación social.....	153
4.4.1.1 Beneficios sociales.....	154
4.4.1.2 Costos sociales.....	164
4.4.1.3 Indicadores de rentabilidad social.....	172
4.4.2 Análisis de sensibilidad.....	176
4.4.3 Análisis de sostenibilidad.....	178
4.4.4 Impacto ambiental.....	180
4.4.5 Selección de alternativas.....	183
4.4.6 Plan de implementación.....	184
4.4.7 Organización y gestión.....	184
4.4.8 Matriz de marco lógico.....	186
4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	188
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>191</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>196</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>199</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.01 Matriz de consistencia.....	11
Cuadro 3.01 Tratamiento de aguas residuales en porcentaje.....	38
Cuadro 3.02 Principales problemas de operación de las PTAR.....	40
Cuadro 3.03 Principales problemas de mantenimiento en las PTAR.....	40
Cuadro 3.04 Destino de los efluentes de las PTAR.....	48
Cuadro 3.05 Directrices OMS de calidad microbiológica requerida según el tipo de reúso.....	49
Cuadro 3.06 Guía de la FAO sugeridas para el reúso agrícola de las aguas tratadas .....	50
Cuadro 3.07 Medidas de control de protección a la salud de la OMS.....	40
Cuadro 3.08 Normativa de la EPA sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola.....	52
Cuadro 4.01 Matriz de involucrados.....	62
Cuadro 4.02 Área de influencia del Proyecto.....	69
Cuadro 4.03 Indicadores demográficos del área de influencia del Proyecto.....	70
Cuadro 4.04 Población Censada de 15 años de edad a más por niveles de educación.....	71
Cuadro 4.05 Casos de enfermedades respiratorias – Distritos de Lima Sur.....	72
Cuadro 4.06 PEA, tasa de actividad de población e ingresos .....	73
Cuadro 4.07 Tipo de abastecimiento de agua.....	78
Cuadro 4.08 Tipo de disposición de excretas y aguas residuales.....	79
Cuadro 4.09 Disponibilidad de alumbrado eléctrico .....	79
Cuadro 4.10 Plantas de tratamiento de aguas residuales de Sedapal.....	82
Cuadro 4.11 Características de la PTAR San Juan .....	83
Cuadro 4.12 Características de la PTAR San Bartolo.....	83
Cuadro 4.13 Áreas verdes en el sistema vial Panamericana Sur – Tramo 31 puente Alipio Ponce – Intercambio vial puente Pucusana.....	85
Cuadro 4.14 Inventario de la infraestructura existente almacenamiento y sistema de riego.....	86
Cuadro 4.15 Población afectada.....	90
Cuadro 4.16 Áreas verdes con vegetación y a revegetar en el área de influencia .....	106
Cuadro 4.17 Áreas mejoradas e incorporadas en la situación con proyecto.....	107
Cuadro 4.18 Eficiencia parcelaria (Ep), según el tipo de riego.....	111
Cuadro 4.19 Evapotranspiración potencial para la zona del proyecto.....	114
Cuadro 4.20 Valores de los coeficientes de cultivo (Kc) por especie.....	114
Cuadro 4.21 Demanda hídrica por cultivo (cantidad).....	115
Cuadro 4.22 Demanda hídrica total .....	116
Cuadro 4.23 Límites máximos permisibles para los efluentes de las PTAR domésticas.....	118
Cuadro 4.24 Estándares de calidad ambiental para agua - Parámetros para riego de vegetales....	119
Cuadro 4.25 Directrices sobre calidad microbiológica requerida según el tipo de reúso.....	120
Cuadro 4.26 Recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público.....	120
Cuadro 4.27 Límites máximos permisibles del agua residual tratado para el reúso propuesto.....	122
Cuadro 4.28 Características físicas y operativas de PTAR San Juan .....	126
Cuadro 4.29 Características físicas y operativas de PTAR San Bartolo.....	126
Cuadro 4.30 Resultados de análisis de agua del Efluente de las PTAR.....	127
Cuadro 4.31 Capacidad instalada de componentes del sistema de reúso Situación sin proyecto.....	128
Cuadro 4.32 Capacidad instalada de componentes del sistema de reúso Situación sin proyecto.....	129

Cuadro 4.33 Balance Oferta - Demanda de Tratamiento.....	130
Cuadro 4.34 Balance Oferta - Demanda de componentes de Captación y Conducción .....	131
Cuadro 4.35 Balance Oferta - Demanda de Almacenamiento.....	131
Cuadro 4.36 Costos de operación y mantenimiento sin proyecto.....	140
Cuadro 4.37 Costos de inversión de la Alternativa 1 .....	145
Cuadro 4.38 Costos de inversión de la Alternativa 2 .....	146
Cuadro 4.39 Costos de operación y mantenimiento con proyecto - Alternativa 1.....	148
Cuadro 4.40 Costos de operación y mantenimiento con proyecto - Alternativa 2.....	149
Cuadro 4.41 Costos incrementales de operación y mantenimiento.....	150
Cuadro 4.42 Flujo de costos incrementales a precios de mercado de la Alternativa 1.....	151
Cuadro 4.43 Flujo de costos incrementales a precios de mercado de la Alternativa 2.....	152
Cuadro 4.44 Ahorro en el costo de agua para riego de algunas áreas verdes.....	158
Cuadro 4.45 Beneficios por ahorro de costos en agua para riego de áreas verdes.....	163
Cuadro 4.46 Factores de corrección de precios básicos.....	165
Cuadro 4.47 Factores de corrección de mano de obra No Calificada .....	165
Cuadro 4.48 Factores de conversión a precios sociales a nivel de componentes de inversión.....	166
Cuadro 4.49 Costos de inversión de la Alternativa 1 a precios sociales.....	167
Cuadro 4.50 Costos de inversión de la Alternativa 2 a precios sociales.....	168
Cuadro 4.51 Costos de operación y mantenimiento sin proyecto a precios sociales.....	169
Cuadro 4.52 Costos de operación y mantenimiento con proyecto Alternativa 1 a precios sociales.....	169
Cuadro 4.53 Costos de operación y mantenimiento con proyecto Alternativa 2 a precios sociales.....	169
Cuadro 4.54 Costos de operación y mantenimiento a precios sociales.....	170
Cuadro 4.55 Flujo de costos incrementales a precios sociales de la Alternativa 1.....	171
Cuadro 4.56 Flujo de costos incrementales a precios sociales de la Alternativa 2.....	172
Cuadro 4.57 Flujo de beneficios y costos sociales – Alternativa 1.....	175
Cuadro 4.58 Flujo de beneficios y costos sociales – Alternativa 2.....	175
Cuadro 4.59 Sensibilidad ante la variación del costo de inversión.....	177
Cuadro 4.60 Costo del plan demanejo ambiental .....	183
Cuadro 4.61 Indicadores de evaluación social .....	184
Cuadro 4.62 Plan de implementación del proyecto.....	184
Cuadro 4.63 Matriz del marco lógico.....	187



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases básicas de los proyectos de inversión.....	17
Figura 2. Uso directo de aguas residuales.....	27
Figura 3. Uso indirecto de aguas residuales.....	28
Figura 4. Esquema de desarrollo del sistema integrado.....	29
Figura 5. Manejo tradicional del Agua - Sin Reúso.....	31
Figura 6. Manejo del Agua según modelo propuesto - Con Reúso.....	32
Figura 7. Acantilado de la Costa Verde y del parque María Reiche, regados con efluentes de la planta de tratamiento de Miraflores.....	33
Figura 8. Las EPS y su clasificación.....	36
Figura 9. Comparación de tratamiento de aguas residuales de empresas peruanas y latinoamericanas.....	38
Figura 10. Reúso de aguas residuales en Osaka, Japón.....	57
Figura 11. Lugar de recarga de aguas subterráneas en Los Angeles, California.....	57
Figura 12. Ubicación geográfica del proyecto .....	68
Figura 13. Árbol de causas y efectos del caso EMAPE.....	95
Figura 14. Árbol de objetivos del caso EMAPE.....	99
Figura 15. Identificación de acciones para los medios fundamentales.....	101
Figura 16. Balance hídrico .....	105
Figura 17. Evolución del Kc durante la fase de desarrollo de la planta.....	109
Figura 18. Demanda hídrica total mensual.....	116
Figura 19. Gráfico que muestra la variación del VAN de las alternativas ante el incremento de los costos de inversión.....	177

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

**ANA:** Autoridad Nacional del Agua  
**BID:** Banco Interamericano de Desarrollo  
**BM:** Banco Mundial  
**CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente  
**CER:** Certificados de emisiones reducidas  
**CF:** Coliformes Fecales  
**CIID:** Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC por sus siglas en inglés)  
**DBO:** Demanda bioquímica de Oxígeno  
**DGPI:** Dirección General de Política de Inversiones  
**DIGESA:** Dirección General de Salud Ambiental  
**DQO:** Demanda Química de Oxígeno  
**ECA:** Estándares de calidad ambiental  
**EIA:** Evaluación del impacto ambiental  
**EPS:** Empresas prestadoras de servicios de saneamiento  
**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)  
**INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática  
**IPES:** Promoción del Desarrollo Sostenible  
**IWA:** International Water Association  
**JBIC:** Banco de Cooperación Internacional del Japón  
**KfW:** Banco estatal de Crédito para la Reconstrucción y el Desarrollo de Alemania  
**LMP:** Límites máximos permisibles  
**MEF:** Ministerio de Economía y Finanzas  
**MINAM:** Ministerio del Ambiente  
**MML:** Municipalidad Metropolitana de Lima  
**MVCS:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento  
**PTAR:** Planta de tratamiento de aguas residuales  
**OD:** Oxígeno disuelto  
**OMS/WHO:** Organización Mundial de la Salud/World Health Organization.  
**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.  
**OPS:** Organización Panamericana de la Salud  
**OPS/CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, de la Organización Panamericana de la Salud  
**PAMA:** Planes de adecuación y manejo ambiental  
**PCM:** Presidencia del Consejo de Ministros  
**PMO:** Plan maestro optimizado  
**PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
**PNUMA/UNEP:** Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente/ United Nations Environment Programme  
**PROINVERSIÓN:** Agencia de Promoción de la Inversión Privada  
**PTAR:** Plantas de tratamiento de aguas residuales  
**SEDAPAL:** Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima  
**SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía  
**SERPAR:** Servicio de Parques  
**SST:** Sólidos Suspendidos Totales  
**SUNASS:** Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento  
**SWITCH:** Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana (por sus siglas en inglés)

## INTRODUCCIÓN

*“Las aguas residuales son un valioso recurso que debería emplearse siempre que fuera posible, con las debidas medidas de protección sanitaria...”. (OMS, 1990).*

En los últimos años se ha evidenciado la crisis del agua como producto de las diversas acciones antropogénicas, en este sentido la comunidad internacional ha adoptado estrategias y lineamientos para enfrentarla. En la cumbre de Naciones Unidas del 2000, se declararon ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio; uno de esos objetivos es la Meta 10: “Reducción a la mitad, para el año 2015, del porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible al agua potable y saneamiento” (PNUD, 2000).

En Perú el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento determinó que para cumplir la meta 10 de los Objetivos de Milenio en el 2015, la cobertura de agua a nivel nacional debería subir a 82%, saneamiento a 77% y la cobertura de tratamiento de aguas residuales recolectadas por los sistemas de alcantarillado deberá llegar a 100% en el ámbito urbano. Para alcanzar dicha meta establecida, se aprobó el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015.

El Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 estimó que para alcanzar la meta en tratamiento de aguas residuales al 2015, a partir del nivel de cobertura alcanzado en el año 2005, se requiere en las EPS una inversión de US\$<sup>1</sup> 948 millones en ampliación y de US\$ 30 millones en rehabilitación de los sistemas existentes.

Los sistemas de alcantarillado administrados por las empresas de saneamiento en el Perú en el año 2010, recolectaron aproximadamente 785,1 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales provenientes de conexiones domiciliarias, de los cuales 418,9 millones de m<sup>3</sup> fueron generados en las ciudades de Lima y Callao. Debido a la inadecuada infraestructura a nivel nacional, solamente el 32,7% de las aguas servidas recibió algún tipo de tratamiento antes de su descarga en un cuerpo receptor; lo cual significa que 528,3 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales sin tratar se volcaron directamente a un cuerpo receptor (SUNASS, 2010).

---

<sup>1</sup> US\$: Dólar de Estados Unidos de América.

En Perú, pocas son las inversiones en construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales que puedan llamarse exitosas, debido a la visión sesgada de las EPS que no llega a descubrir el potencial socioeconómico de las aguas residuales tratadas, la cual se manifiesta en las actividades de operación y mantenimiento de estos sistemas y por la ausencia de una cultura de protección del ambiente. El resultado es la contaminación de los cuerpos de agua por efluentes de insuficiente calidad provenientes de las plantas y por vertimientos de aguas residuales crudas que provienen de los sistemas de alcantarillado.

La mayoría de las inversiones en sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Perú son insostenibles, debido a los escasos recursos para cubrir los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura de tratamiento; los cuales se reflejan en las deficiencias en operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento (SUNASS, 2007).

El control de la contaminación de los cuerpos hídricos contribuye con el alcance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, dado que involucra estrategias de manejo de aguas residuales, que deben implementarse en el contexto de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, considerando la cuenca hidrográfica como la unidad de análisis (Moscoso y Alfaro, 2007).

El crecimiento acelerado de la población, la contaminación de las fuentes naturales de agua superficial y subterránea causada por las actividades poblacionales (rurales y urbanas), actividades productivas, pasivos ambientales y actividades ilegales, la desigual distribución espacial del recurso hídrico y los períodos de estiaje, vienen forzando la necesidad de propuestas innovadoras como fuentes alternativas para el abastecimiento de agua e implementación de estrategias más costo-efectivas que contribuyan a la solución de la problemática. En este contexto, las aguas residuales adecuadamente tratadas constituyen una fuente adicional alternativa para atender la demanda del recurso hídrico destinado para usos no potables.

En el Perú las prácticas de manejo de las aguas residuales no son planeadas ni controladas adecuadamente y generan volúmenes considerables de infiltración, con el peligro de contaminar los acuíferos que se utilicen para el abastecimiento de agua potable en las ciudades, constituyéndose en una fuente difusa de contaminación continua.

El reúso de agua residual en la agricultura se ha incrementado sustancialmente a nivel mundial (Carr et al., 2004), debido a la creciente escasez de los recursos hídricos para riego, los costos elevados de los fertilizantes, por la seguridad de que los riesgos para la salud y el daño a los suelos es mínimo cuando se toman las precauciones necesarias y por el reconocimiento del valor de ésta práctica por parte de los planificadores del recurso hídrico. Sin embargo, el desconocimiento de su potencialidad considerando aspectos normativos, sociales, ambientales y económicos; hace que el agua residual no sea vista como un recurso alternativo en la agricultura.

El tratamiento planificado y controlado de grandes volúmenes de aguas residuales, constituye una fuente alternativa para proveer el abastecimiento de agua con un amplio rango de propósitos poblacionales, industriales, agrícolas y recreativos. El agua residual tratada, constituye un valioso recurso que podría sustituir un importante volumen de agua de primer uso, en actividades que no requieren de la calidad de agua potable.

En el Perú, no se cuenta con una metodología para la formulación y evaluación de proyectos de tratamiento y reúso, por lo cual es difícil disponer de un instrumento técnico metodológico que permita mejorar la calidad y alcance de las inversiones; además, que ayude a promover la integración del tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales domésticas.

La guía presentada en el capítulo IV del presente trabajo de investigación, es un instrumento técnico metodológico para el desarrollo de un estudio a nivel de perfil de proyectos de tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas, y tiene como principal referencia a la Guía<sup>2</sup> General de Identificación, Formulación y Evaluación Social de PIP a nivel de perfil del MEF, en concordancia con las normas del SNIP<sup>3</sup>. Incluye un conjunto de conceptos teóricos y metodológicos relacionados con el proceso de identificación, formulación y evaluación de PIP de tratamiento y reúso, los cuales se complementan con el desarrollo de ejemplos prácticos, con el propósito de ilustrar los mencionados conceptos.

---

<sup>2</sup> Pautas para la Identificación, formulación y evaluación proyectos de inversión pública de perfil, DGPI-MEF 2011.

<sup>3</sup> De acuerdo a los contenidos mínimos vigentes. Ver Anexo SNIP 5A.

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

### **1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.1 Planteamiento del Problema**

La mayoría de las inversiones en sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Perú son poco eficientes e insostenibles, debido a los escasos recursos para cubrir los costos de operación y mantenimiento<sup>4</sup> de la infraestructura de tratamiento; los cuales se reflejan en deficiencias en operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

De acuerdo a la evaluación de las 143 plantas de tratamiento administradas por las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) a nivel nacional al 2007 permitió conocer que 16 de ellas se encuentran inoperativas por diversas causas y al menos 50 (de las que se tiene información) presentan alguna deficiencia de mantenimiento (arenamiento, exceso de lodos, maleza y macrófitas). Además, 43% de las plantas reciben un caudal mayor al de diseño (SUNASS, 2007).

La inadecuada operación y mantenimiento de las inversiones en sistemas de tratamiento, e incluso fallas de diseño, impide lograr sus objetivos en 67 ecosistemas de igual número de cuerpos receptores, lo que además, pone en riesgo la salud pública por el riego sin control de 61 áreas de cultivo y 12 áreas verdes recreativas.

De las inversiones en construcción de PTAR en el Perú, pocos son los proyectos que puedan llamarse exitosos. Ello se debe, por un lado, a la visión sesgada de las EPS que no llega a descubrir el potencial socioeconómico de las aguas residuales tratadas, la cual se manifiesta al efectuar las actividades de operación y mantenimiento de las plantas y, por otro lado, a la ausencia de una cultura de protección del ambiente como parte de la misión de las EPS. El resultado es la contaminación de los cuerpos de agua que reciben tanto los efluentes de

---

<sup>4</sup> Los recursos destinados por las EPS a la operación y mantenimiento de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales son insuficientes y se encuentran incluso por debajo de los costos eficientes definidos por SUNASS en los Plan Maestro Optimizado (PMO).

insuficiente calidad de las PTAR como los vertimientos de aguas residuales crudas provenientes de los sistemas de alcantarillado.

El tratamiento y uso de las aguas residuales son dos actividades que tradicionalmente se realizan en forma separada e independiente en el Perú, por lo que en la mayoría de los casos existe una limitada concertación de intereses y alianzas entre los operadores y beneficiarios.

En el Perú, no se cuenta con una metodología para la formulación y evaluación de proyectos de reúso o de sistemas de tratamiento, que a la vez integre el uso de aguas residuales domésticas, por lo cual es difícil disponer de un instrumento técnico metodológico que permita mejorar la calidad y alcance de las inversiones; además, que ayude a promover la integración del tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales domésticas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Problema general**

Inversiones poco eficientes e insostenibles en plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú, debido a la falta de integración del tratamiento y uso de las aguas residuales y por ausencia de instrumento técnico metodológico.

### **1.2.2 Problemas específicos**

1. En el Perú, no se cuenta con un instrumento técnico metodológico para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas.
2. La falta de integración del tratamiento y uso de las aguas residuales, hace que las inversiones en plantas tratamiento sean poco eficientes e insostenibles en el Perú.

## **1.3 ANTECEDENTES**

### **1.3.1 Antecedentes en América Latina**

Entre el año 2000 y 2003, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (IDRC) ejecutaron una de las investigaciones de mayor envergadura acerca del manejo del agua residual doméstica en la

Región Latinoamericana. En esta investigación, denominada “Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial”, participaron catorce países.

Su tarea consistió en analizar las experiencias de manejo de las aguas residuales, recomendar estrategias para el diseño e implementación de sistemas que integren el tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales, e identificar nuevas oportunidades de intervención en esta región.

Las experiencias sistematizadas a través de este proyecto han permitido desarrollar un modelo de gestión para integrar el tratamiento al uso productivo de las aguas residuales domésticas, utilizando tecnologías de bajo costo y orientadas principalmente a remover los organismos patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover materia orgánica y nutrientes que sí son aprovechados por la agricultura o las áreas verdes.

Además, el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en el riego significa reducir y hasta eliminar las descargas que generan impactos negativos en el ambiente. El modelo de gestión incorpora el tratamiento y uso del agua residual a la gestión eficiente de los recursos hídricos en una cuenca.

### **1.3.2 Antecedentes del uso de las aguas residuales tratadas en Perú**

El manejo racional de los recursos hídricos en el Perú presenta dificultades, debido a la escasa disponibilidad y a la baja calidad de las aguas, originadas por la competencia de las actividades, que las derrochan y contaminan. Esas aguas contaminadas se descargan a los cuerpos receptores, que luego son utilizados como fuentes de agua para bebida y para el riego de los productos agrícolas, o terminan en áreas destinadas a la recreación, tales como las playas, incrementando el riesgo de enfermedades infecciosas, especialmente en los grupos más vulnerables.

Paradójicamente, el Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos que logró experiencias exitosas en el uso de las aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes productivas y recreativas en el desierto costero. El Proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta



agua a bajo costo y aprovecharla en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales, que permitieron desarrollar 600 ha en el desierto del sur de Lima. Luego le siguieron muchos proyectos en Tacna, Piura, Chiclayo, Trujillo e Ica, entre otros que, juntos, sobrepasan las 5,000 hectáreas agrícolas regadas con aguas residuales, aunque una quinta parte se realiza con agua sin tratar.

### **1.3.3 Acontecimientos recientes en el Perú**

Eventos naturales como el cambio climático y el fenómeno del niño así como la presión de las actividades extractivas y productivas hacia los recursos naturales, afectan al medio ambiente, tales factores ponen en riesgo la conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad. El deterioro de la calidad del agua es uno de los problemas más graves del país. Entre sus principales causas están los vertimientos industriales y domésticos sin tratamiento (el 70% de los vertimientos domésticos no son tratados y solo en Lima se vierten al menos 400 millones de m<sup>3</sup>/anuales de aguas servidas al mar), así como el uso indiscriminado de agroquímicos, el de insumos químicos en la producción de drogas ilegales y en la minería informal.

Ante esta situación el Gobierno del Perú, a través del Ministerio del Ambiente, ha establecido como política de Estado, la promoción de la actividad empresarial ecoeficiente con el objetivo de fomentar una nueva cultura de uso eficiente de los recursos de energía, papel, agua y recursos logísticos que genere un ahorro importante al Estado, además, de propiciar en los trabajadores que son los principales consumidores de estos servicios, el uso ambientalmente responsable a fin lograr el menor impacto en el ambiente.

El uso del agua potable para actividades agrícolas, riego de áreas verdes o recreativas coloca en un potencial peligro la suficiencia de la cantidad del agua para consumo doméstico de muchas localidades; además de aguas residuales sin tratar o inadecuadamente tratadas y su posterior vertimiento en cuerpos receptores ponen en riesgo la salud de las personas, al medio ambiente y las actividades económicas que son el sustento de las comunidades.

Desde el año 2008 se empezaron hacer los primeros acuerdos, para buscar el mejoramiento e implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Ministerio del Ambiente a través de la Dirección General de Calidad Ambiental viene desarrollando una serie de Programas enfocados al fortalecimiento de capacidades para el desarrollo y

mejoramiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, así como también la aplicación de estas aguas tratadas para el reúso en las diversas localidades priorizadas en el país, que incluye también los aspectos de capacitación, investigación y asistencia técnica.

Actualmente, la visión de la Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM es el planteamiento de un programa modelo de gestión para el uso de aguas residuales. Este modelo propone el adecuado mejoramiento de la calidad del agua mediante la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para su reúso en diferentes tipos como forestación, urbanístico, paisajístico entre otros y de autofinanciamiento para su operación y mantenimiento, esto implica mejorar los índices de eficiencia en el sistema de tratamiento a partir de priorizar los aspectos sobre la remoción de patógenos para proteger la salud pública, así como de remover materias orgánicas, en lugar de nutrientes que sí son aprovechados por la agricultura o la acuicultura.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) aprobó el 05 de noviembre de 2010 los "Lineamientos de Política para la promoción del tratamiento para el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas" mediante la Resolución Ministerial N° 176-2010-VIVIENDA, estos lineamientos son cinco y son los siguientes:

- Lineamiento 1. El reúso de las aguas residuales domésticas y municipales tratadas para riego de áreas verdes en zonas urbanas y periurbanas deberá incorporarse a la política, planes y estrategias sectoriales, de forma que contribuya a la gestión integrada de los recursos hídricos a nivel nacional, propiciando la sustitución del agua potable.
- Lineamiento 2. El uso de tecnologías efectivas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, para el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas deberá ser parte de la política nacional de saneamiento, promoviendo y apoyando la implementación de investigaciones específicas que contribuyan a mejorar la eficiencia del proceso, reducir los costos de tratamiento y mitigar los impactos ambientales.
- Lineamiento 3. La activa participación del sector público, el sector privado, la sociedad civil y los organismos internacionales es clave para fortalecer la gestión de Recursos Hídricos y garantizar el principio de sostenibilidad y el financiamiento necesario para la gestión de los sistemas de tratamiento para el reúso de aguas residuales domésticas y

municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas.

- Lineamiento 4. La promoción de la participación ciudadana y el acceso público a la información debe asegurarse como forma de garantizar la transparencia, el control y la eficiencia en la gestión de los sistemas de tratamiento para el reúso de aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas.
- Lineamiento 5. El fortalecimiento de las capacidades y el entrenamiento de los diversos actores públicos y privados debe ser parte de una política sectorial permanente, dotada de recursos específicos orientados a satisfacer las demandas de los distintos actores vinculados al tratamiento para el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas.

Toda la experiencia acumulada a nivel nacional e internacional permite asegurar que las aguas residuales tratadas pueden ser bien aprovechadas en el riego de áreas verdes productivas y recreativas. Por tanto, debe ser el sustento del desarrollo y mantenimiento de las áreas verdes municipales (parques y jardines) y privadas (colegios, clubes y cementerios), así como de entornos ecológicos que contribuyan a la protección ambiental de las ciudades y a la lucha contra la desertificación y el calentamiento global.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar una nueva metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas, que permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las inversiones en plantas de tratamiento, al integrar el tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar y describir los aspectos más importantes en la formulación y evaluación de proyectos de reúso de aguas residuales domésticas, que permita mejorar la eficiencia de estas inversiones.
2. Justificar la necesidad de integrar el tratamiento y uso de aguas residuales domésticas.

## **1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **1.5.1 Hipótesis general**

La aplicación de la nueva metodología, en la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas, permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las inversiones en plantas de tratamiento, al integrar el tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

1. La identificación de la problemática a través de las variables e involucrados pertinentes, permitirá formular adecuadamente los proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas.
2. La integración del tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas, contribuirá a que la implementación de plantas de tratamiento sea eficiente e económicamente sostenible.

Ver la matriz de consistencia detallada en el cuadro 1.01 (página 11).

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Ante la escasa disponibilidad de recursos hídricos en zonas de clima árido, la cada vez mayor demanda de agua por parte de una población creciente y la presión ejercida por actividades como la agricultura, la actividad industrial y riego de áreas verdes sobre las reservas de agua; el agua residual tratada, constituye un valioso recurso que podría sustituir un importante volumen de agua de primer uso, en actividades que no requieren de la calidad de agua potable. Por otro lado, el riego con aguas residuales domésticas crudas o inadecuadamente tratadas representa un serio riesgo para la salud pública, por lo que es necesario promover el reúso planificado aguas residuales tratadas.

El Sistema Nacional de Inversión Pública en Perú aún no cuenta con un instrumento técnico metodológico para la formulación de proyectos de aprovechamiento de aguas residuales o uno que permita integrar el tratamiento y el uso productivo de aguas residuales domésticas

Cuadro 1.01 Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis
<p><b>Problema general</b></p> <p>Inversiones poco eficientes e insostenibles en plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú, debido a la falta de integración del tratamiento y uso de las aguas residuales y por ausencia de instrumento técnico metodológico.</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Diseñar una nueva metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas, que permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las inversiones en plantas de tratamiento, al integrar el tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La aplicación de la nueva metodología, en la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas, permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las inversiones en plantas de tratamiento, al integrar el tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas.</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el Perú, no se cuenta con un instrumento técnico metodológico para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas.</li> <li>2. La falta de integración del tratamiento y uso de las aguas residuales, hace que las inversiones en plantas tratamiento sean poco eficientes e insostenibles en el Perú.</li> </ol>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificar y describir los aspectos más importantes en la formulación y evaluación de proyectos de reúso de aguas residuales domésticas, que permita mejorar la eficiencia de estas inversiones.</li> <li>2. Justificar la necesidad de integrar el tratamiento y uso de aguas residuales domésticas</li> </ol>	<p><b>Hipótesis específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La identificación de la problemática a través de las variables e involucrados pertinentes, permitirá formular adecuadamente los proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas.</li> <li>2. La integración del tratamiento y uso de aguas residuales domésticas, contribuirá a que la implementación de plantas de tratamiento sea eficiente e económicamente sostenible.</li> </ol>

tratadas, y de esta manera mejorar la calidad y alcance de las inversiones del sector. Actualmente la mayoría de las inversiones en sistemas de tratamiento de aguas residuales en el país son poco eficientes e insostenibles.

Debido a la escasez de aguas superficiales y subterráneas y por el elevado costo para riego de áreas verdes, existe gran interés de los municipios por reemplazar este recurso por aguas residuales, principalmente, en Lima Metropolitana. Algunas entidades públicas han formulado proyectos de reúso y otras tienen la intención de hacerlo, ante esta realidad, es oportuno dotar de un instrumento técnico metodológico, para mejorar la calidad de los estudios.

Una guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas tratadas, puede ayudar a la promoción de la integración del tratamiento y el uso de las aguas residuales para sus distintos fines como agrícola, forestal, áreas verdes, etc., y así reducir la contaminación ambiental y mejorar la salud pública.

De acuerdo a las experiencias sistematizadas la integración del tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas genera beneficios económicos, sociales, ambientales y de salud pública. Por estos importantes beneficios que genera la integración del tratamiento al uso de las aguas residuales domésticas, esta investigación pretende aportar una guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas, ya que el Sistema Nacional de Inversión Pública en el Perú aún no cuenta con un instrumento técnico metodológico.

Este trabajo puede resultar útil tanto para instituciones públicas (unidades formuladoras), instituciones privadas o profesionales independientes que decidan realizar la formulación de los estudios de preinversión de proyectos de tratamiento para fines de reúso o de uso de aguas residuales domésticas, al igual que a los evaluadores de las entidades públicas (oficinas de programación e inversiones). Ayudará a obtener proyectos bien formulados y evaluados.

## **1.7 METODOLOGÍA**

El presente trabajo de tesis de acuerdo al tipo de investigación es cualitativo, descriptiva y de acuerdo al método de investigación a utilizarse es deductivo.

El estudio se realiza mediante la revisión y análisis de información secundaria obtenida de estudios, publicaciones y páginas electrónicas peruanas e internacionales referentes a tratamiento y reúso de las aguas residuales.

En el capítulo 2 de Marco Teórico se define el modelo de sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas, el cual plantea dimensionar el tratamiento de las aguas residuales en función de los requerimientos de cantidad y calidad del uso propuesto y considera, entre otros aspectos, la incorporación del tratamiento y reúso de aguas residuales a la gestión integrada de los recursos hídricos.

En el capítulo 3 se diagnostica la problemática del tratamiento y uso de aguas residuales domésticas en el Perú, las experiencias en el ámbito internacional y nacional del reúso de aguas residuales y posteriormente se evalúa la necesidad de integrar el tratamiento y reúso de aguas residuales en el país. Para este procedimiento se realizó la revisión de información, sobre tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas y municipales en el Perú, en los informes y estudios de la SUNASS, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio del Ambiente, Autoridad Nacional del Agua, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), etc.

En el capítulo 4 se propone una guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales en el marco del SNIP. Para este propósito se identifica y revisa la mayor cantidad de estudios generales, complementarios y de viabilidad de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas, realizados por la CEPIS entre 2000 y 2002, los estudios de preinversión de proyectos de inversión existentes en el marco SNIP, estudios y publicaciones relacionado al tratamiento y aprovechamiento de aguas residuales domésticas de OMS, FAO, PNUMA, U.S. EPA, etc., referentes a reúso de aguas residuales domésticas.

Después de la revisión y análisis de toda la información y teniendo en cuenta las pautas generales para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública y demás parámetros y normas del Sistema Nacional de Inversión Pública, se plantea una guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas.

Es importante indicar, que para algunos aspectos técnicos considerados en el trabajo se consultó a especialistas de la Gerencia de Proyectos y Obras de SEDAPAL, Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos del ANA, Dirección General de Política de Inversiones del MEF y Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM.



## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN**

##### **2.1.1 Proyecto**

Es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, según PMBOK<sup>5</sup>. «Temporal» significa que tiene un inicio y fin, y «único» que el servicio o producto es diferente e identificable de otros similares. Puede involucrar una unidad de negocio o cruzar los límites de la organización en joint ventures y sociedades.

##### **2.1.2 Proyecto de inversión**

Proyecto es un conjunto de actividades de cualquier naturaleza, que se realiza utilizando recursos escasos o limitados, para producir y ofrecer bienes y/o servicios a sus clientes meta o población objetivo, y lograr que los utilicen, con la esperanza de generar en un período de tiempo mayor, beneficios superiores a los que se obtienen con el empleo actual de dichos recursos.

Un proyecto se refiere a un conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de un equipo de personas idóneas, así como de otros recursos cuantificados en forma de presupuesto, que prevé el logro de determinados resultados sin contravenir las normas y buenas prácticas establecidas, y cuya programación en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada (Banco Mundial).

Proyecto es una propuesta ordenada de acciones que pretenden la solución o reducción de la magnitud de un problema que afecta a un individuo o grupo de individuos y en la cual se

---

<sup>5</sup> Project Management body of knowledge. Project Management Institute (PMI).

plantea la magnitud, características, tipos y periodos de los recursos requeridos para completar la solución propuesta dentro de las limitaciones técnicas, sociales, económicas y políticas en las cuales el proyecto se desenvolverá (BID).

Un proyecto se concibe para el logro de ciertos objetivos que se manifiestan en beneficios para los usuarios o aquellos a quienes se destina la acción. Según su naturaleza proyectos de inversión pueden ser privados, públicos o mixtos.

### **2.1.3 Proyectos de inversión pública**

Según el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) es toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente, recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar capacidad productora de bienes o servicios, cuyos beneficios se generarán durante la vida útil del proyecto y éstos serán independientes de los de otros proyectos.

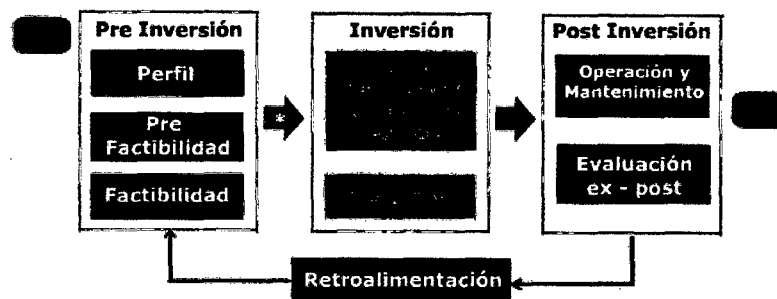
No son Proyectos de Inversión Pública las intervenciones que constituyen gastos de operación y mantenimiento, destinadas a mantener la capacidad actual optimizada de la Entidad (en cantidad y calidad) para la producción de bienes o prestación de servicios.

### **2.1.4 Ciclo de vida de los proyectos**

En los proyectos de inversión se destacan tres fases básicas: Preinversión, Inversión y Postinversión. Durante la Fase de Preinversión de un proyecto se identifica un problema determinado y luego se analizan y evalúan -en forma iterativa- alternativas de solución que permitan para encontrar la de mayor rentabilidad social. En la fase de Inversión se pone en marcha la ejecución proyecto conforme a los parámetros aprobados en la declaratoria de viabilidad para la alternativa seleccionada de mientras que, en la fase de Postinversión, el proyecto entra a operación y mantenimiento y se efectúa la evaluación ex post.

#### **a. Preinversión.**

La preinversión tiene como objetivo evaluar la conveniencia de realizar un Proyecto de



**Figura 1 Fases básicas de los proyectos de inversión**

(\*) La declaración de viabilidad es un requisito para pasar de la fase de preinversión a la fase de inversión.

Inversión Pública (PIP) en particular, es decir, exige contar con los estudios que sustenten que es socialmente rentable, sostenible y concordante con los lineamientos de política establecida por las autoridades correspondientes. Estos criterios sustentan su declaración de viabilidad, requisito indispensable para iniciar su ejecución.

Los estudios de preinversión se deben basar en un diagnóstico del área de influencia del PIP, del servicio sobre el cual se intervendría, así como de los grupos involucrados en todo el ciclo. Con sustento en el diagnóstico se definirá el problema a solucionar, sus causas y sus efectos; sobre esta base, se plantea el PIP y las alternativas de solución. Es necesario conocer la brecha de servicios que atenderá el PIP, que será el punto de referencia para dimensionar los recursos y estimar los costos de inversión, operación y mantenimiento. Finalmente, se estimarán los flujos de beneficios y costos sociales para definir su rentabilidad social. Es importante, así mismo, demostrar la sostenibilidad en la provisión de los servicios objeto de intervención.

Es importante mencionar que no todos los proyectos requieren el mismo nivel de análisis técnico en la fase de preinversión: a mayor magnitud de inversión, mayores serán los riesgos de pérdida de recursos y, consecuentemente, es mayor la necesidad de información y estudios técnicos que reduzcan la incertidumbre en la toma de decisiones.

Los niveles de estudios de preinversión mínimos que deberá tener un proyecto para poder ser declarado viable son los siguientes:

Monto de un Proyecto	Estudios requeridos
Hasta S/. 1.200.000	Perfil simplificado
Mayor a S/. 1.200.000 hasta S/. 10.000.000	Perfil
Mayor a S/. 10.000.000	Factibilidad

La Unidad Formuladora (UF) es la responsable de formular los estudios de preinversión del proyecto y puede ser cualquier oficina o entidad del sector público (ministerios, gobiernos nacionales, gobiernos regionales o gobiernos locales) que sea designada formalmente en la entidad y registrada por la Oficina de Programación de Inversiones correspondiente.

Los PIP son registrados por la UF en el Banco de Proyectos del SNIP, utilizando un formato estándar. De acuerdo con las competencias de las OPI, el Banco asignará automáticamente a la responsable de su evaluación; dicha OPI es la que declarará la viabilidad al PIP si cumple con los criterios establecidos. La Dirección General de Política de Inversiones (DGPI) declara la viabilidad de los PIP que son financiados con endeudamiento público.

El Banco de Proyectos es una herramienta informática que permite almacenar, actualizar, publicar y consultar información resumida, relevante y estandarizada de los proyectos en su fase de preinversión.

#### **b. Inversión**

Una vez que un proyecto ha cumplido satisfactoriamente la fase de preinversión, es decir, cuenta con los estudios de preinversión (perfil, prefactibilidad y factibilidad) y ha sido declarado viable por la OPI correspondiente, se encuentra habilitado para ingresar a la fase de inversión.

En esta fase se puede distinguir las etapas de diseño (el desarrollo del estudio definitivo, expediente técnico u otro documento equivalente) y la ejecución misma del proyecto, que debe ceñirse a los parámetros técnicos, económicos y ambientales con los cuales fue declarado viable:

- **Diseño:** Se elabora el estudio de detalle (o equivalente) del proyecto, incluyendo la planificación de la ejecución, el presupuesto, las metas físicas proyectadas, las

especificaciones técnicas, el programa de conservación y reposición de equipos y los requerimientos estimados de personal para la operación y mantenimiento.

- **Ejecución:** Se realiza la implementación de las actividades programadas y, según caso, el desarrollo de la obra física. En esta etapa se realizan las acciones del proyecto, la licitación de los bienes, servicios u obras a adquirir e implementar, el seguimiento y control de los contratos así como la revisión periódica de los avances de la ejecución del proyecto. El cierre de la ejecución del proyecto marca el fin de la Fase de Inversión.

La Unidad Ejecutora (UE) es responsable de la elaboración del estudio de detalle (o equivalente), de la ejecución, cierre y transferencia del proyecto a la Entidad responsable de la operación y mantenimiento, cuando corresponda.

### **c. Postinversión**

La postinversión comprende la operación y mantenimiento del proyecto así como la evaluación ex post. Esta última fase se inicia cuando se ha cerrado la ejecución del proyecto y éste ha sido transferido a la Entidad responsable de su operación y mantenimiento. En esta fase, y durante todo su periodo de vida útil, se concreta la generación de beneficios del proyecto.

- **Operación y mantenimiento:** En esta etapa se debe asegurar que el proyecto ha producido una mejora en la capacidad prestadora de bienes o servicios públicos de una Entidad de acuerdo a las condiciones previstas en el estudio que sustentó su declaración de viabilidad. Para ello, la Entidad responsable de su operación y mantenimiento, deberá priorizar la asignación de los recursos necesarios para dichas acciones.
- **Evaluación ex post:** Es un proceso que permite investigar en qué medida las metas alcanzadas por el proyecto se han traducido en los resultados esperados en correlato con lo previsto durante la fase de preinversión. Las Unidades Ejecutoras, en coordinación con la Oficina de Programación e Inversiones que evaluó el proyecto, son las responsables por las evaluaciones ex post de los PIP que ejecutan. En los PIP cuya viabilidad ha sido declarada sobre la base de un Perfil, la evaluación Ex post la puede realizar una agencia independiente o un órgano distinto de la UE que

pertenezca al propio Sector, Gobierno Regional o Local, sobre una muestra representativa de los PIP cuya ejecución haya finalizado. Los estudios de evaluación Ex post se considerará terminados cuando cuenten con la conformidad por parte de la DGPI respecto de la evaluación efectuada.

En los PIP cuya viabilidad ha sido declarada sobre la base de un estudio de Prefactibilidad o Factibilidad, una agencia independiente realiza la evaluación Ex post sobre una muestra representativa del total de los PIP cuya ejecución haya finalizado.

### **2.1.5 Formulación**

La formulación es la etapa centrada en el diseño de las alternativas del proyecto, es decir, las opciones técnicamente viables para alcanzar los objetivos de impacto perseguidos o, complementariamente, para solucionar el problema que le dio origen. Las alternativas surgen de la teoría disponible, de la experiencia de los especialistas en el área y de las evaluaciones ex post llevadas a cabo en proyectos análogos.

### **2.1.6 Evaluación**

La evaluación de proyectos de inversión es un proceso sistemático que permite identificar, medir y valorar los costos y beneficios relevantes asociados a una decisión de inversión, para emitir un juicio objetivo sobre la conveniencia de su ejecución desde distintos puntos de vista: económico, privado o social.

Los proyectos de inversión surgen como respuesta a determinadas necesidades humanas y su éxito depende de la importancia de la necesidad a satisfacer.

### **2.1.7 Evaluación privada del proyecto**

Identifica, mide y valora los costos y beneficios legítimamente atribuibles al proyecto en cuestión en cada año, durante un horizonte de evaluación. Entrega como resultado un Valor Actual o un Valor Presente de los flujos de Beneficios Netos (Beneficios menos Costos) acaecidos en cada año, los cuales descuenta utilizando una tasa que refleja el costo del capital para el dueño del proyecto; este valor actual mide el aumento en la riqueza del dueño

del proyecto, respecto de la que habría alcanzado si hubiera invertido en otros proyectos que rinden su costo del capital.

### **2.1.8 Evaluación social del proyecto**

Identifica, mide y valora los costos y beneficios - para todo el país - legítimamente atribuibles al proyecto en cada año (período) y durante un horizonte de evaluación. Para valorar utiliza los llamados precios sociales, nacionales o sombra, tanto para los beneficios como los costos asociados al proyecto. Es decir, no usa necesariamente precios de mercado.

### **2.1.9 Criterios de la evaluación social**

- **Eficiencia.** Asigna o utiliza los productos escasos adecuadamente para lograr el mayor impacto sobre el bienestar social. Conduce al mayor nivel posible del bienestar nacional dado los recursos escasos disponibles (puede beneficiar a muchos y perjudicar a algunos).
  
- **Equidad.** Se enfrenta al objetivo (o meta) de asignar o utilizar recursos que permitan una mejor distribución de ingresos y riquezas consideradas como justa (incorpora juicios de valor). Aquí si interesa a quien beneficia el proyecto(o política económica). Los proyectos (o política económica) deben contribuir a disminuir la brecha de pobreza.

### **2.1.10 Sostenibilidad**

La sostenibilidad de un sistema está influenciada por diversos factores tales como: la participación de la comunidad local, la selección adecuada de tecnología, la capacidad económica y financiamiento, la operación y mantenimiento del sistema, el manejo integrado del recurso hídrico y el apoyo Institucional. De acuerdo con (Restrepo, 1998), la sostenibilidad es la capacidad de un sistema de suministrar un nivel apropiado de beneficios durante periodos extensos y que puedan ser usados de manera eficiente sin afectar el medio ambiente.

La sostenibilidad es la capacidad de un sistema de continuar desempeñando sus funciones a un nivel aceptable, durante un período de tiempo indefinido, haciendo uso solo de los insumos requeridos en el diseño y después de que la parte principal de la asistencia financiera, administrativa y técnica de un ente externo haya terminado y el sistema pueda ser financiado o cofinanciados por los usuarios (Restrepo, 1998; Galvis y Vargas, 1998).

#### **2.1.11 Gestión integrada del recurso hídrico (GIRH)**

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales<sup>6</sup> (GWP Technical Advisory Committee, 2000).

La GIRH es el paradigma que resume el conjunto de principio, lineamientos estratégicos y recomendaciones para la acción que se considera necesaria atender o implementar para lograr el desarrollo sustentable de los recursos hídricos.

#### **2.1.12 Sistema Nacional de Inversión Pública**

El Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) es un sistema administrativo del Estado que certifica la calidad de los proyectos de inversión pública, a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas relacionados con las diversas fases de los proyectos de inversión. Con ello se busca:

- a) Eficiencia en la utilización los recursos de inversión
- b) Sostenibilidad en la mejora de la calidad o ampliación de la provisión de los servicios relacionados a los proyectos
- c) Mayor impacto socioeconómico, es decir, un mayor bienestar para la población.

---

<sup>6</sup> Es la definición sobre GIRH que ha logrado mayor aceptación y fue elaborada por el Comité de Asesoramiento Técnico de Global Water Partnership (GWP).



El SNIP es una herramienta de planificación de la inversión que es anterior a la formulación del presupuesto, y tiene como finalidad optimizar el uso de los recursos públicos destinados a la inversión. La más alta autoridad técnico-normativa del Sistema es la Dirección General de Política de Inversiones, quien dicta las normas técnicas, métodos y procedimientos que rigen los Proyectos de Inversión Pública en el Perú.

*“La calidad del gasto del sector público es tan importante como el equilibrio fiscal. Los proyectos de gran escala y bajo rendimiento (que suelen proliferar cuando la evaluación es débil) tienden a agravar las crisis financieras” (Robert Picciotto, Banco Mundial).*

La inversión pública debe estar orientada a mejorar la capacidad prestadora de servicios públicos del Estado de forma que éstos se brinden a los ciudadanos de manera oportuna y eficaz. La mejora de la calidad de la inversión debe orientarse a lograr que cada nuevo sol (S/.) invertido produzca el mayor bienestar social. Esto se consigue con proyectos sostenibles, que operen y brinden servicios a la comunidad ininterrumpidamente.

Hay diferentes actores en el SNIP y cada uno de ellos es responsable de cumplir determinadas funciones a lo largo de la preparación, evaluación ex ante, priorización, ejecución y evaluación ex post de un proyecto.

El **Órgano Resolutivo** o más alta autoridad ejecutiva de la entidad (alcaldes, presidentes de gobiernos regionales, ministros, etc.)

Las **Unidades Formuladoras (UF)** u órganos responsables de la formulación de los estudios de preinversión.

Las **Oficinas de Programación e Inversiones (OPI)** encargadas de la evaluación y declaración de viabilidad de los PIP y las **Unidades Ejecutoras (UE)** responsables de la ejecución, operación, mantenimiento y evaluación ex post de los PIP en las diferentes entidades públicas de todos los niveles de Gobierno.

Las disposiciones del SNIP se aplican a más de 1.980 Unidades Formuladoras (UF) y más de 920 Oficinas de Programación e Inversiones (OPI) de alrededor de 850 entidades sujetas al sistema entre ministerios, institutos, escuelas nacionales, universidades nacionales, empresas

de FONAFE, gobiernos regionales, gobiernos locales, empresas de tratamiento empresarial, etc.

## **2.2 SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

### **2.2.1 Aguas residuales**

Las aguas residuales son aquellas efluentes de desecho que resultan de la utilización de agua limpia en actividades domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y pecuarias y en general de cualquier uso, o la mezcla de ellos, las que se alteran o modifican su composición y calidad original, presentando características físicas, químicas o biológicas que afecten o puedan afectar los cuerpos receptores en donde se vierten. Estas aguas contienen material orgánico e inorgánico disuelto o en suspensión.

A las aguas residuales también se les llama aguas servidas o cloacales. En la presente investigación se utilizarán indistintamente aguas residuales y aguas servidas para referirse a lo mismo.

En general, el agua residual está constituida en un 99,9% por agua y tan sólo el 0,1% restante son residuos de tipo orgánico, inorgánico y biológico, que deberán ser reducidos en los procesos de tratamiento.

Las aguas residuales domésticas, son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (Ley de Recursos Hídricos, 2009).

Los constituyentes convencionales presentes en las aguas residuales domésticas son: sólidos suspendidos y coloidales, materia orgánica e inorgánica medida como demanda química y bioquímica de oxígeno (DQO y DBO, respectivamente), carbono orgánico total (COT), nitrógeno (amoniaco, orgánico, nitritos y nitratos), fósforo, bacterias, protozoarios y virus (Metcalf y Eddy, 2003). La cuantificación de estos componentes es condición necesaria para definir una estrategia de tratamiento que garantice técnica y económicamente una calidad

del agua residual tratada adecuada para su uso posterior y para minimizar el riesgo potencial para la salud pública y el ambiente (Universidad Nacional de Colombia, 2008).

Las aguas residuales municipales son aquellas aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Ley de Recursos Hídricos, 2009).

### **2.2.2 Tratamiento de aguas residuales**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final, o su aprovechamiento mediante el reúso. Los Niveles de tratamientos de aguas residuales se describen a continuación.

#### **a. Pretratamiento o tratamiento preliminar**

Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos.

#### **b. Tratamiento primario**

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de

tratamiento primario. Por ejemplo en la ciudad de Ayacucho se han instalado 6 unidades de tanque Imhoff como parte del sistema de tratamiento.

#### **c. Tratamiento secundario**

El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO. Los sistemas más empleados son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas.

#### **d. Tratamiento terciario**

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas. El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutroficación o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas.

El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros.

#### **e. Desinfección**

Los procesos de tratamiento deben lograr la mayor reducción de bacterias, pero en el caso de no alcanzar la calidad estipulada para el vertimiento o reúso, el sistema deberá ser

complementado por un proceso adicional de desinfección intermitente o continua. La Norma considera que la desinfección de aguas residuales crudas no es una opción técnicamente aceptable.

El diseño de instalaciones de cloración debe estar sustentado con las dosis de cloro, el tiempo de contacto, la capacidad de la cámara de contacto, y otros detalles de las instalaciones de dosificación, inyección, almacenamiento y dispositivos de seguridad.

La Norma de Saneamiento S.090<sup>7</sup> no especifica los criterios para el diseño de otras técnicas de desinfección, indicando tan sólo que deberá sustentar el uso de radiación ultravioleta, ozono u otros.

### 2.2.3 Reúso de agua residual

El reúso de agua residual es el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad para suplir las necesidades de otros usos (Lavrador Filho, 1987). El reúso de aguas residuales se puede dar de manera directa o indirecta. La manera directa se da cuando se utiliza el agua residual cruda o tratada e indirecta cuando se utiliza un cuerpo de agua receptor contaminada o mezclado con agua residual cruda; tal como se ilustra en las figuras 2 y 3.

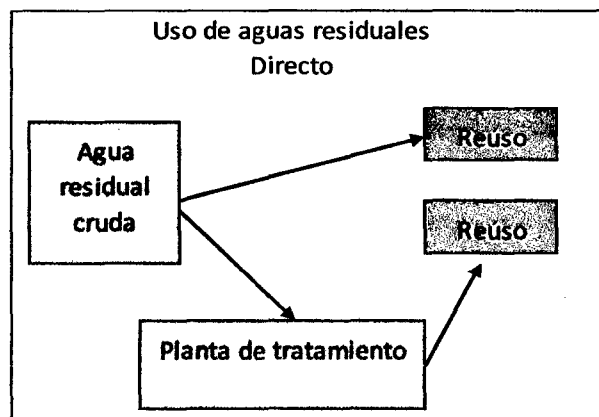


Figura 2: Uso directo de aguas residuales

<sup>7</sup> Norma Técnica OS.090 "Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales" del Reglamento Nacional de Edificaciones, que reglamenta las tecnología de tratamiento convencionales de tratamiento preliminar, tanques Imhoff y de sedimentación, filtros percoladores, lagunas de estabilización, lodos activados y reactores anaeróbicos.

El reúso que se propone en el estudio, es la utilización directa de las aguas residuales adecuadamente tratadas para el propósito específico de aprovechamiento productivo (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2004); el cual además, tiene que ser planificado<sup>8</sup>.

En la presente investigación se utilizarán indistintamente aguas residuales y aguas servidas para referirse a lo mismo.

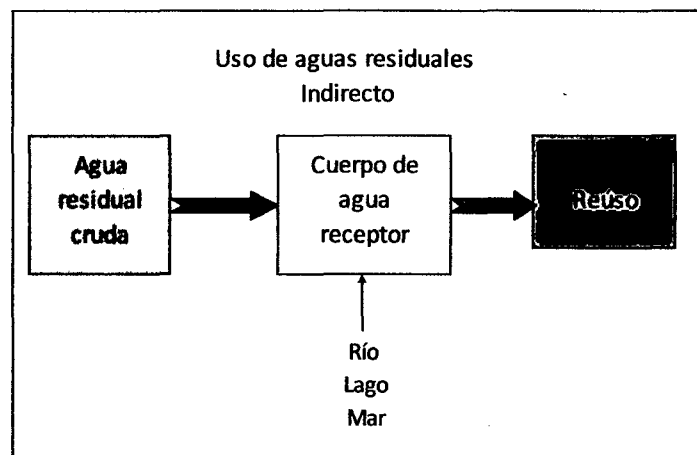


Figura 3: Uso indirecto de aguas residuales

#### 2.2.4 Definición de sistema integrado tratamiento y reúso aguas residuales

En el Perú, el tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales son dos actividades que tradicionalmente se han realizado en forma separada e independiente, razón por la cual en la mayoría de los casos ha existido una limitada concertación de intereses y alianzas entre los operadores del tratamiento y los usuarios de aguas residuales domésticas tratadas (CEPIS, 2002). El modelo de sistema integrado propone dimensionar el tratamiento en función de los requerimientos de calidad y cantidad del uso propuesto (cantidad y tipo de aprovechamiento).

El enfoque principal de la propuesta es el uso del agua residual doméstica tratada en alguna

<sup>8</sup> Según Rafael Mujeriego, la utilización planificada del agua está constituida de tres elementos técnicos 1) su transporte desde la planta de tratamiento hasta el lugar de utilización, 2) su almacenamiento o regulación temporal para adecuar el caudal suministrado por la planta a los caudales consumidos, y 3) la definición de unas normas de utilización del agua que permitan minimizar los posibles riesgos directos o indirectos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población circundante al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con el agua regenerada.

actividad productiva, razón por el cual, el modelo se orientará a definir la viabilidad de la propuesta integral, lo que involucra la exploración de diferentes opciones reales o potenciales por parte de los interesados.

De acuerdo a la evaluación del tratamiento y reúso aguas residuales existentes en la situación actual, se podrían presentar cuatro casos diferentes:

- Situación CT-CR: Cuando la localidad en estudio tenga tanto tratamiento como uso de sus aguas residuales domésticas.
- Situación CT-SR: Cuando la localidad en estudio algún tipo de tratamiento de las aguas residuales domésticas, sin tener un uso directo de estas aguas en actividades de reúso.
- Situación ST-CR: Cuando la localidad en estudio presentan un uso parcial o total de sus aguas residuales domésticas, sin que exista un tratamiento previo de las mismas.
- Situación ST-SR: Cuando la localidad en estudio actualmente no tiene tratamiento ni uso de sus aguas residuales domésticas.

Teniendo en consideración la situación real de cada caso en estudio, se buscará mejorar los sistemas existentes o proponer opciones para desarrollar el componente faltante. Por ello, la propuesta deberá definir los componentes que se deberá instalar, mejorar o ampliar en el caso estudiado. La figura 4 ilustra cómo la propuesta podría variar de acuerdo con la situación del caso.

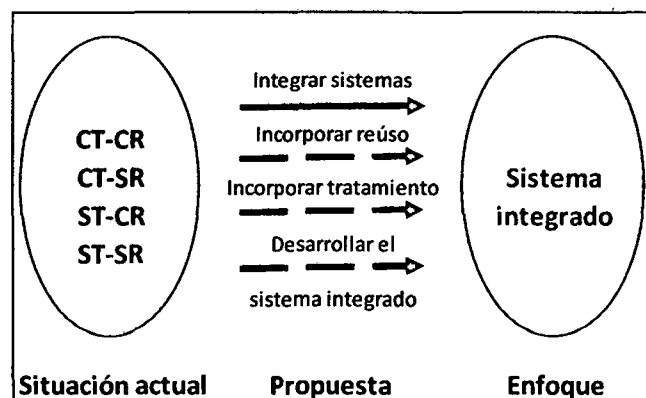


Figura 4 Esquema de desarrollo del sistema integrado  
Fuente: CEPIS, 2002.

En el modelo de sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas deben abordarse los aspectos sanitarios, ambientales, agrícolas, sociales, institucionales, legales y económicos.

En la implementación de sistemas integrados de tratamiento y el uso de aguas residuales domésticas se deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad sanitaria estará determinada por las concentraciones de parásitos, representados por los huevos de helmintos y los coliformes fecales como indicador de los niveles de bacterias, así como virus causantes de enfermedades entéricas al ser humano. La calidad agronómica estará relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y cantidades excesivas de boro, metales pesados y otros. Finalmente, la calidad ambiental en principio involucra todos los indicadores antes mencionados y otros<sup>9</sup>.

### **2.2.5 El modelo y la gestión eficiente del agua**

El manejo tradicional de los recursos hídricos es destinar las aguas superficiales y subterráneas al uso poblacional, agrícola, actividades industriales, riego de áreas verdes y mineras. Parte de las aguas residuales domésticas e industriales son tratadas y luego vertidas a cuerpos de agua receptores, generando problemas de contaminación en muchos casos. Este manejo tradicional se muestra en la figura 5, que es una situación hipotéticamente Sin Reúso de aguas residuales tratadas.

---

<sup>9</sup> Para mayor información ver Medidas de protección sanitaria en el aprovechamiento de aguas residuales. Directrices sobre la calidad de los efluentes empleados en la agricultura.



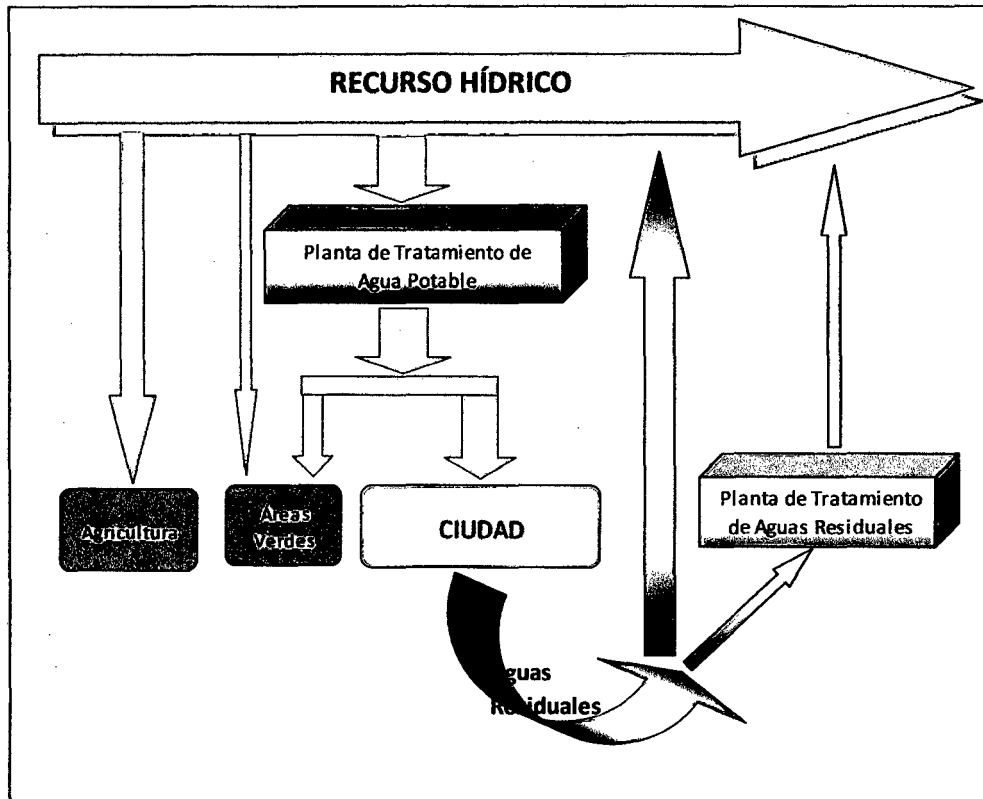


Figura 5. Manejo tradicional del Agua - Sin Réuso

En el presente trabajo, se propone incorporar el sistema integrado de tratamiento y reúso de aguas residuales a la gestión eficiente del agua en la cuenca. Para dicho fin la incorporación del tratamiento y reúso dentro del ciclo de agua; implica adecuar el tratamiento de las aguas residuales a los requerimientos de calidad del reúso, lo que implica priorizar la remoción de patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover la materia orgánica y los nutrientes que sí pueden ser aprovechados en algunos tipos de reutilización.

El aprovechamiento de las aguas residuales tratadas permitirá reducir y hasta eliminar las descargas directas de aguas residuales en los ambientes acuáticos naturales, ya que, por más tratamiento exista, de alguna forma siempre generaran impactos negativos al ambiente (OPS/CEPIS, 2002).

En la figura 6 se muestra el manejo del agua con el modelo de sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales propuesto, esto es con tratamiento adecuado y reúso. En ella se puede apreciar los comprende siguientes componentes: fuentes, demanda de agua,

manejo de los desagües de la ciudad, su tratamiento adecuado para aprovechamiento y finalmente su reúso.

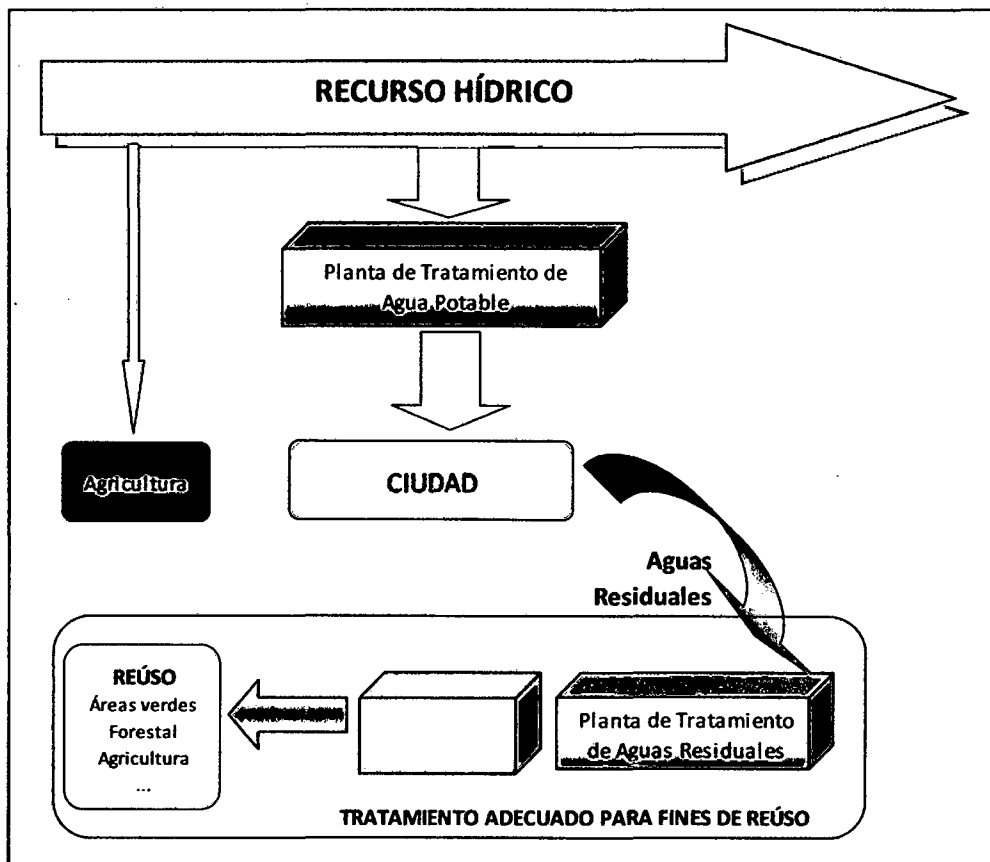


Figura 6. Manejo del Agua según modelo propuesto - Con Reúso

### 2.2.6 Importancia del tratamiento y reúso de aguas residuales

Las aguas residuales producidas requieren el tratamiento apropiado, previo a su aprovechamiento o disposición final, con la finalidad de proteger el ambiente y la salud de la población.

En la perspectiva de los Municipios Ecoeficientes<sup>10</sup>, se trata de plantear la mejor combinación de opciones tecnológicas, que permitan el tratamiento de las aguas contaminadas,

<sup>10</sup> La ecoeficiencia significa "producir más con menos recursos y menos impactos negativos al ambiente"; está estrechamente ligada al desarrollo sostenible, ya que equivale a optimizar tres objetivos: crecimiento económico, equidad social y valor ecológico (MINAM, 2009).

minimizando el uso de recursos disponibles, con el mayor beneficio ambiental y al menor costo económico.

En la selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, la ecoeficiencia busca integrar unidades que en conjunto permitan alcanzar los objetivos del tratamiento, pero basado en los siguientes criterios:

- Menor área de terreno empleado.
- Reducir el empleo de energía eléctrica.
- Reducir el uso de químicos u otros insumos que impliquen consumo de recursos y por lo tanto, mayor costo.
- Reducir la generación de lodos resultantes del proceso de tratamiento.
- Promover la generación de biogás como subproducto del tratamiento.
- Reúso de las aguas residuales tratadas.

El resultado de un sistema ecoeficiente de tratamiento de desagües es finalmente aquel que priorice los máximos beneficios que se pueda obtener con dicho sistema.



Figura 7. Acantilado de la Costa Verde y del parque María Reiche, regados con efluentes de la planta de tratamiento de Miraflores.

## **CAPÍTULO 3**

### **SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

#### **3.1 PROBLEMÁTICA DE LAS AGUAS RESIDUALES A NIVEL NACIONAL**

Los 24 departamentos del país están divididos en 196 provincias, éstas a su vez, se subdividen en 1.833 distritos. Del total de estos distritos, 1.521 son los que reciben la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento a través de municipalidades, juntas administradoras de servicios de saneamiento u otro tipo de operador; mientras que 311 distritos restantes reciben los servicios de una de las 50 EPS reguladas por la SUNASS.

En el año 2010 la empresa EMSAPUNO S.A., dejó de administrar el distrito de Juli que ha pasado a ser administrado por la Municipalidad Distrital de Chucuito-Juli, si bien la EPS no ha comunicado a la SUNASS la modificación formal de sus estatutos. Del mismo modo, EMAPA CAÑETE S.A., ha dejado de remitir información del distrito de Chilca porque no estaría siendo administrado pero tampoco se ha comunicado la modificación formal de los estatutos<sup>11</sup>.

Adicionalmente, EMAPA HUANCAVELICA S.A. comunicó que desde diciembre de 2009 hasta la fecha no ha prestado servicios de saneamiento al distrito de Izcuchaca debido a una avería en la línea de impulsión que no ha sido reparada, por lo que tampoco viene cobrando por los servicios que no presta.

Este conjunto de 50 empresas, en sus respectivos ámbitos de responsabilidad suman un total de 18,4 millones de habitantes, lo que representan el 84% de la población urbana. Esta cifra, a su vez, representa el 62% de la población total del Perú, de los cuales cuentan con los servicios de agua potable y recolección de desagües un total de 15,6 y 14,1 millones de habitantes respectivamente.

---

<sup>11</sup> En el año 2008 se administraban 313 distritos, en el 2009 se incluyó el distrito de Manantay en EMAPACOP S.A. con lo que se llegó a 314.

El ámbito de supervisión de SUNASS alcanza actualmente 50 EPS<sup>12</sup>, de las cuales 48 son empresas municipales. De las restantes, una es SEDAPAL S.A. que brinda servicios a la ciudad capital del país y se encuentra bajo la responsabilidad del Gobierno Central, y la otra es Aguas de Tumbes S.A. (ATUSA) empresa privada que brinda servicios a la ciudad de Tumbes operando bajo la modalidad concesión; debiendo resaltar que de acuerdo al Decreto Supremo N° 007- 2011-VIVIENDA, se autorizó a la empresa Aguas de Manizales S.A., la adquisición del 80% del capital social de Aguas de Tumbes S.A. a cargo de la concesión de los servicios de saneamiento en las provincias de Tumbes, Zarumilla y Contralmirante Villar.

La dimensión de SEDAPAL, que atiende a las provincias Lima y Callao, es elevada y concentra a casi la mitad de toda la cobertura de los servicios a nivel nacional; de manera precisa, en el ámbito de la jurisdicción de SEDAPAL se encuentran albergados el 43% de todos los usuarios de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento reguladas por SUNASS.

Según el número de conexiones cubiertas, las EPS se han clasificado en:

- a) SEDAPAL: Por ser la EPS que abastece a la ciudad de Lima y Callao, constituye un grupo por sí misma, ya que tiene 1,28 millones de conexiones de agua potable.
- b) EPS Grandes: Son las que abastecen a ciudades grandes, por lo que tienen entre 40 mil a 200 mil conexiones de agua potable.
- c) EPS Medianas: Tienen entre 10 mil a 40 mil conexiones de agua potable.
- d) EPS Pequeñas: Son las que abastecen a poblaciones urbanas pequeñas, por lo que tienen menos de 10 mil conexiones de agua potable.

En el año 2010, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento registro que el volumen de aguas residuales volcado a la red es de 785.145.586 m<sup>3</sup> anual, de los cuales solamente el 32,7% es tratado; información que fue recopilada de la data entregada por las 50 EPS.

---

<sup>12</sup> A diciembre de 2010

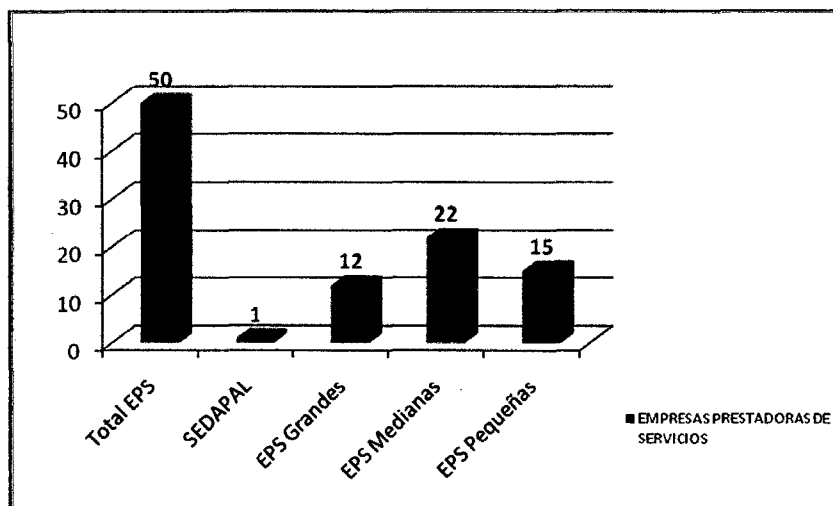


Figura 8. Las EPS y su clasificación

### 3.2 SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales constituye un factor importante en la protección de la salud pública y del medio ambiente, porque la volcadura de estas aguas sin tratamiento previo o mal tratadas en un cuerpo receptor, es una fuente de contaminación.

Los sistemas de alcantarillado administrados por las empresas de saneamiento en el Perú, recolectaron aproximadamente 785,1 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales provenientes de conexiones domiciliarias, de los cuales 418,6 millones de m<sup>3</sup> fueron generados en las ciudades de Lima y Callao (SEDAPAL). Pero, debido a que la infraestructura a nivel nacional es inadecuada, solamente el 32,7% de las aguas servidas recibe algún tipo de tratamiento previo a su descarga en un cuerpo receptor; lo cual significa que 528,3 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales se estarían volcando directamente a un cuerpo receptor sin un tratamiento previo (SUNASS, 2010).

De acuerdo a los datos presentados por la SUNASS en la Conferencia Peruana de Saneamiento-PERUSAN en el 2008, el inventario tecnológico del sector saneamiento indica que existían en Perú: 111 lagunas facultativas, 10 lagunas aireadas, 11 lagunas anaerobias, 5 filtros percoladores, 3 lodos activados, 2 tanques Imhoff y 1 reactor anaeróbico de flujo ascendente (RAFA), haciendo un total de 143 plantas de tratamiento.

De estas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), pocos son los proyectos que puedan llamarse exitosos. Ello se debe, por un lado, a la visión sesgada de las EPS que no llega a descubrir el potencial socioeconómico de las aguas residuales tratadas, la cual se manifiesta al calificar como castigo para el trabajador la designación para efectuar actividades de operación y mantenimiento de las PTAR y, por otro lado, a la ausencia de una cultura de protección del ambiente como parte de la misión de las EPS. El resultado es la contaminación de los cuerpos de agua que reciben tanto los efluentes de insuficiente calidad de las PTAR como los vertimientos de aguas residuales crudas provenientes de los sistemas de alcantarillado.

Otro problema que afecta directamente la eficacia de las PTAR, lo constituye el ingreso de efluentes industriales a los sistemas de alcantarillado, cuya carga orgánica y otros elementos como metales pesados, ácidos y bases que generan sobrecarga en las unidades de tratamiento y afectan negativamente los procesos biológicos de depuración de las PTAR destinadas sólo para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

El porcentaje de tratamiento de aguas residuales ha disminuido respecto al año anterior, por un incremento de la cobertura de alcantarillado y la ampliación insuficiente de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales; pues el índice de tratamiento de aguas residuales del año 2010 es de 32,7%, y en el 2009 alcanzó un valor de 33,6%. Esto demuestra la ausencia de inversiones para incrementar el volumen de tratamiento de aguas residuales.

En lo que se refiere al tratamiento de aguas residuales por tamaño de EPS se ha incrementado en las EPS pequeñas y medianas y ha disminuido en las EPS grandes y en SEDAPAL por el incremento de las coberturas de alcantarillado. El volumen tratado de aguas residuales de SEDAPAL se incrementará en el año 2011 por la entrada en operación de la PTAR de Manchay, cuyo reporte de caudal se inició en enero de este año.

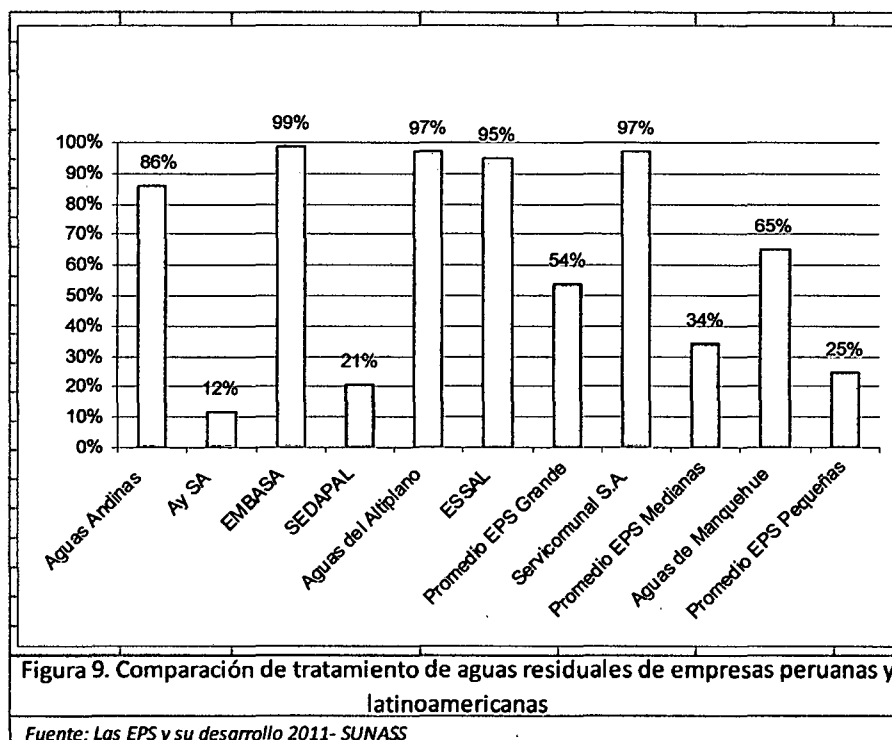
Como se puede notar en el cuadro 3.01, el índice de tratamiento de aguas residuales es bajo, como consecuencia de la influencia de Sedapal, quien solamente trata un 20,7% del total de aguas recolectadas por el sistema de alcantarillado, el restante 79,3 % es vertido directamente al mar. Por esta razón, Sedapal tiene dos mega proyectos en ejecución para Lima; la planta de tratamiento de aguas residuales de Taboada, ubicada en la provincia del

**Cuadro 3.01 Tratamiento de aguas residuales en porcentaje**

Tipo de empresa	Volumen volcado a la red	Volumen tratado	2010	2009	2008	2007	2006	2005
Total	785.145.586	256.739.030	32,7%	33,6%	32,9%	29,1%	28,1%	29,7%
SEDAPAL	418.676.298	86.822.827	20,7%	21,0%	19,5%	13,3%	12,4%	12,2%
EPS Grande	240.250.432	130.377.247	54,3%	57,6%	56,7%	57,3%	51,0%	54,3%
EPS Medianas	92.726.014	31.142.025	33,6%	31,7%	33,4%	28,7%	40,8%	48,2%
EPS Pequeñas	33.492.842	8.396.930	25,1%	24,7%	28,3%	30,3%	38,3%	41,5%

Fuente: SUNASS, 2011.

Callao y con una inversión de US\$ 172 millones tendrá una capacidad para tratar 14 m<sup>3</sup>/s que beneficiará a 4 millones de pobladores de 27 distritos de la zona norte de Lima y Callao y la planta de tratamiento de aguas residuales de La Chira ubicada en el distrito de Chorrillos y con una inversión proyectada de US\$ 87.58 millones con capacidad de 6 m<sup>3</sup>/s y que beneficiará a 3 millones de personas. Ambos proyectos comprende un sistema de tratamiento primario.



En el gráfico se puede observar que las empresas peruanas se encuentran muy por debajo de sus pares de similar tamaño, chilenas y brasileñas, salvo el caso de Aguas y Saneamiento



Argentinos (AySA) que tiene un nivel de tratamiento de aguas residuales menor que el de SEDAPAL. Es importante precisar que la fórmula utilizada para el cálculo de tratamiento de aguas residuales considera sólo el volumen volcado y no la calidad del tratamiento.

Existe informalidad en la construcción y operación de las PTAR, aunque la normatividad nacional exige que toda planta de tratamiento de aguas residuales cuente con autorización sanitaria de funcionamiento, solo nueve de ellas la tienen y 12 cuentan con un plan de adecuación y manejo ambiental (PAMA) aprobado por el MVCS; es decir, sólo 14,7 % de las 143 PTAR tienen tal documentación (SUNASS, 2010).

Las EPS que no tienen interiorizada una cultura ambiental desde el principio. Durante el diseño de los proyectos de tratamiento de aguas residuales no se contemplan el reúso de las aguas residuales tratadas, por lo que se desaprovecha el recurso.

El fracaso de las inversiones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, se deben a que la operadoras no cuentan con suficientes recursos económicos para sufragar sus costos de operación y mantenimiento de la infraestructura, recursos que además, se encuentran por debajo de los costos eficientes definidos por SUNASS en los planes maestro optimizado (PMO); tampoco tienen tarifas que les permita tener un ingreso que asegure su operación y mantenimiento. Como resultado se encuentra muchos sistemas de tratamiento con deficiencias en la operación y mantenimiento (SUNASS, 2007).

De acuerdo a la evaluación de las 143 plantas de tratamiento administradas por las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS) a nivel nacional al 2007 permitió conocer que 16 de ellas se encuentran inoperativas por diversas causas y al menos 50 (de las que se tiene información) presentan alguna deficiencia de mantenimiento (arenamiento, exceso de lodos, maleza y macrófitas). Además, 43% de las plantas reciben un caudal mayor al de diseño.

La inadecuada operación y mantenimiento de las inversiones en sistemas de tratamiento, e incluso fallas de diseño, impide lograr estos objetivos en 67 ecosistemas de igual número de cuerpos receptores, lo que además, pone en riesgo la salud pública por el riesgo sin control de 61 áreas de cultivo y 12 áreas verdes recreativas.

Los principales factores que afectan la operación de las PTAR son la falta de control sobre el caudal y la calidad de los afluentes y efluentes tratados. En la evaluación de las PTAR administradas por las EPS se identificó que solo 26,6% de ellas tenían medidores de caudal, elemento necesario para determinar la carga orgánica que ingresa a la PTAR. Además, sólo 70,6% de las PTAR tenían datos del nivel de DBO<sub>5</sub>, mientras que solo 69,2% contaban con datos del nivel de coliformes fecales, tanto en afluentes como en efluentes.

Cuadro 3.02

Principales problemas de operación de las PTAR		
<b>Control de caudal del afluente</b>	<b>143</b>	<b>100%</b>
PTAR con medidor de caudal	38	26,6%
PTAR sin medidor de caudal	87	60,8%
PTAR sin información	18	12,6%
<b>Monitoreo de calidad (DBO<sub>5</sub>)</b>	<b>143</b>	<b>100%</b>
PTAR con datos	101	70,6%
PTAR inoperativas	16	11,2%
PTAR sin información	26	18,2%
<b>Monitoreo de calidad (Coliformes Fecales)</b>	<b>143</b>	<b>100%</b>
PTAR con datos	99	69,2%
PTAR inoperativas	16	11,2%
PTAR sin información	28	19,6%

Fuente: Información recopilada por SUNASS en septiembre de 2007.

En las PTAR operativas basadas en lagunaje se observan problemas de mantenimiento que afectan la eficiencia del tratamiento, tal como se muestra en el cuadro 3.03.

Cuadro 3.03

Principales problemas de mantenimiento en las PTAR		
<b>Presencia de arenas y lodos</b>	<b>143</b>	<b>100%</b>
PTAR arenadas y con exceso de lodos	44	37,9%
PTAR sin arenas ni de lodos excesivos	43	37,1%
PTAR sin información de estado	29	25,0%
<b>Presencia de maleza y macrófitas</b>	<b>143</b>	<b>100%</b>
PTAR con maleza y macrófitas	17	14,7%
PTAR sin maleza ni macrófitas	75	64,7%
PTAR sin información de estado	24	20,7%

Fuente: Información recopilada por SUNASS en septiembre de 2007.

No se hace la evaluación económica con criterios de enfoque de cuencas, escasez del recurso agua, costos evitados, costos-beneficios, entre otros, que están orientados a dar sostenibilidad técnica, ambiental, social y política al proyecto. Aunque en el sector cada vez más se va adquiriendo conciencia de la necesidad de tomar decisiones en función del impacto

en la cuenca donde se extrae el agua, el impacto sobre los cuerpos donde se descargan las aguas residuales, el impacto en la flora y fauna, y el impacto en la sociedad, con lo cual se da mayor sostenibilidad, por ejemplo, a la construcción y operación de una PTAR (Sunass, 2010).

La evaluación económica de los proyectos de PTAR debe incorporar metodologías de corte ambiental (costos evitados, costo de viajes, valoración contingente, evaluación de daños y otros), que permiten evaluar los proyectos con metodología costo-beneficio en lugar de costo-efectividad, lo que permitirá optimizar el uso de los recursos del Estado.

### **3.3 SITUACIÓN DEL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **3.3.1 Reúso de aguas residuales en el ámbito internacional**

Las primeras evidencias del reúso de aguas residuales corresponden a la Antigua Grecia con sistemas de saneamiento del año 3.000 a.C. en la Civilización Minoica (Asano, 1991). La disposición final de las aguas residuales directamente sobre los campos agrícolas se extiende como una solución de tratamiento en las antiguas granjas de Alemania e Inglaterra, entre 1550 y 1700.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, se produjo la mayor proliferación de sistemas de aplicación de aguas residuales en el suelo, principalmente en Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México y Polonia.

El aprovechamiento planificado de aguas servidas en Estados Unidos empezó en 1920, en reúso agrícola en los estados de Arizona y California; mientras que en Colorado y Florida se desarrollaron sistemas para el reúso urbano (Metcalf y Eddy, 1995). Ésta práctica ha sido ampliamente reconocido "como una alternativa viable al suministro de nuevos recursos de agua".

El uso de las aguas residuales para fertilizar estanques piscícolas se inició en Alemania a fines del siglo XIX. Desde 1930, Calcuta (India) cuenta con el sistema de reúso en acuicultura más grande del mundo (Moscoso et al., 1992).

En el periodo de la posguerra, la creciente necesidad de optimización de los recursos hídricos renovó el interés por el reúso en países de África del Sur, Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Chile, China, Estados Unidos, India, Israel, Kuwait, México, Perú, Sudán y Túnez (Parreiras, 2005).

A nivel mundial la actividad agrícola ubicada en la periferia de las ciudades se ha visto afectada seriamente y en muchos casos, se ha optado por el uso de aguas residuales en el riego agrícola como única alternativa. En Latinoamérica por ejemplo, más de 500 000 ha agrícolas son irrigadas directamente con aguas residuales sin tratar, y como son los casos de países como: México con alrededor de 350 000 ha, Colombia con 327 000 ha, Chile con 74 000 ha, Perú con 6 600 ha y Argentina con 3 700 ha; en otras regiones del mundo sobresale China con aproximadamente 1 300 000 ha agrícolas (CEPIS, 2004).

La actividad agrícola demanda agua residual por la necesidad de un abastecimiento regular que compense la escasez del recurso, por causa de la estacionalidad o la distribución irregular de la oferta de otras fuentes de agua a lo largo del año (Lara y Hernández, 2003; citado en *Agronomía Colombiana*<sup>13</sup>, 2008); adicionalmente, el uso de aguas residuales presenta beneficios asociados al mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas por el aporte de materia orgánica, macronutrientes (N y P) y oligoelementos, como Na y K, permitiendo reducir, y en algunos casos eliminar, la necesidad del uso de fertilizantes químicos y trayendo beneficios económicos al sector (Hoek et al., 2002, citado en *Agronomía Colombiana*, 2008). La preservación del medio ambiente se favorece también, al evitar el vertimiento directo de las aguas residuales o al reducir los costos de su tratamiento, conservando la calidad del agua y la recarga de los acuíferos de aguas subterráneas (Moscoso, 1993; CEPIS, 2004).

En países del sudeste asiático, América Latina y África, el riego con aguas residuales se hizo durante décadas de manera espontánea y no planificada por parte de los agricultores más pobres de las áreas urbanas y periurbanas (Mara y Carnicross, 1990; Bakker et al., 2000).

De acuerdo a los estudios<sup>14</sup> de la CEPIS en los países considerados en el Inventario Regional

---

<sup>13</sup> Universidad Nacional de Colombia. Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. Vol. 26, núm 2

<sup>14</sup> Proyecto Regional Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial del Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS, realizado en el periodo 2000 – 2002.

de Manejo de las Aguas Residuales Domésticas se está prestando mayor atención a la cobertura de alcantarillado antes que al tratamiento de aguas residuales. Los estudios mostraron que los agricultores desconocen los riesgos a la salud asociados al riego con aguas residuales. En todos los casos, la actividad agrícola se desarrolla al margen de las exigencias de tratamiento y no existen mecanismos de coordinación entre las empresas de agua y otras instituciones involucradas.

En cuanto a consumo diario de agua residual (entre tratada y cruda) para diferentes usos, China es el primero del ranking con 14.817, seguidos de México, Estados Unidos y Egipto con consumos de 14.400, 7.600 y 1.920 en miles de m<sup>3</sup> respectivamente; pero en aprovechamiento de agua residual tratada es Estados Unidos de América el que ocupa el primer lugar del ranking mundial con 7.600, seguido de Arabia Saudita con 1.847, Egipto con 1.781 y Siria e Israel con 1.014 (Jiménez y Asano, 2008).

En Israel, 67% del agua residual es usada para riego; en India, 25% y en Sudáfrica, 24%. En América Latina, alrededor de 400 m<sup>3</sup>/s de agua residual cruda es entregada a fuentes superficiales y las áreas son irrigadas, la mayoría de las veces, con aguas residuales no tratadas; más de la mitad de esta cantidad se genera en México (Post, 2006).

En la actualidad en muchos países se practica distintos tipos de reúso, pero es importante destacar el uso planificado de agua residual tratada, que es más común en países desarrollados. En estos países existen muchos estudios que justifican y apoyan la práctica, como los realizados en Israel, Alemania, Cataluña en España, Japón, Australia y los Estados Unidos (Moeller et al., 1997; IWA, 2002).

Israel es el país que está a la vanguardia en el uso planificado de aguas residuales, se plantea que un 70% del agua que demandará la agricultura en 2040 va a ser obtenida mediante el tratamiento de aguas residuales. Éste Estado planificó y realizó esfuerzos intensivos de investigación y desarrollo a largo plazo para integrar las aguas servidas a los recursos hídricos del país.

Israel comenzó a aplicar el riego con aguas residuales en forma masiva a comienzos de los años 70 para la producción de algodón. Hoy en día, todo tipo de cultivos son irrigados con aguas servidas tratadas; el 80% de las aguas residuales tratadas de Israel son reutilizadas en la irrigación agrícola. Hay cerca de 200 reservorios para el almacenamiento de aguas servidas en el país, y varios proyectos nuevos se encuentran en estado avanzado de planificación o construcción. Las aguas residuales tratadas son consideradas una parte integral de los recursos hídricos del país.

Se estima que una décima parte o más de toda la población mundial consume actualmente alimentos que se producen con aguas residuales, aunque no siempre de una manera segura.

Internacionalmente las actividades que más utilizan aguas residuales tratadas son las siguientes:

- Riego agrícola y de áreas verdes de parques, cementerios, campos deportivos y jardines.
- Actividades industriales, fundamentalmente para torres de enfriamiento, alimentación de calderas y necesidades de los procesos. Los usos industriales varían grandemente, y para garantizar agua de calidad adecuada, por regla general, se requieren tratamientos avanzados.
- Recarga de acuíferos subterráneos.
- Alimentación de lagos recreativos, acuicultura, descarga de inodoros, sistemas contra incendios, aire acondicionado.

### **3.3.2 Reúso de aguas residuales en el Perú**

El Perú fue uno de los primeros países de América Latina que logró experiencias exitosas en el uso de las aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes y recreativas en la costa. El Proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta agua a bajo costo y aprovecharla en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales, que permitieron desarrollar 600 ha en el desierto del sur de Lima. Luego le siguieron muchos proyectos en Tacna, Piura, Chiclayo, Trujillo e Ica, entre otros que,

juntos, sobrepasan las 5.000 hectáreas agrícolas regadas con aguas residuales, aunque una quinta parte se realiza con agua sin tratar (MINAM, 2010).

En la zona de Copare en Tacna, se viene desarrollando desde 1974 otra experiencia de uso agrícola de aguas residuales en el Perú, donde se construyó una primera planta de tratamiento de aguas residuales; lo que permitió la habilitación de 400 hectáreas eriazas para la actividad agrícola.

En 1991 el Ministerio de Agricultura inició el Proyecto Nacional de Riego con Aguas Servidas Tratadas, el cual pretende ampliar la frontera agrícola de la costa con 18.000 ha regadas con 20 m<sup>3</sup> de desagües producidos en las principales ciudades de la costa peruana.

El CEPIS brindó asistencia técnica para evaluar el grado de sustitución de los fertilizantes por el aporte de nutrientes de las aguas tratadas. Se evaluaron diferentes dosis de abonamiento desde un testigo con aguas residuales solamente (sin abono) hasta niveles de abonamiento que normalmente se aplican en los cultivos. Se ensayaron diferentes cultivos comerciales como frijol, habichuelas, brócoli, col, maíz, etc.

El proyecto global "Manejo Sostenible del Agua para Mejorar la Salud de las Ciudades del Mañana" (SWITCH) identificó en el año 2008, 37 experiencias de uso de aguas residuales en Lima Metropolitana, reúsos destinados al riego de áreas verdes y agrícolas, abastecidas por 30 plantas de tratamiento entre municipales, de Sedapal y privadas.

Según el estudio de SWITCH<sup>15</sup>, las experiencias de reúso se desarrolló sobre 982 ha que utilizaban un caudal aproximado de 1.692 L/s, de los cuales el 58% de las aguas residuales utilizadas eran tratadas - de las cuales la mayoría no cumple con la calidad requerida para reúso - y el 42% aguas residuales sin tratar.

---

<sup>15</sup> Estudio denominado Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao, realizado por IPES- Promoción del Desarrollo Sostenible en abril del 2008.

El estudio, también permitió comprobar que los altos costos demandados por el riego de las áreas verdes con agua potable han determinado que algunas instituciones decidan tratar y usar las aguas residuales locales para reducir los costos significativamente.

Dicho estudio identificó, además, que muchos municipios de Lima Metropolitana han mostrado gran interés en los últimos años por sustituir el agua potable por agua residual tratada para el riego de sus áreas verdes. Este creciente interés ha determinado que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento lidere un proceso de implementación de los Lineamientos de Política para la Promoción del Tratamiento para el Reúso de las Aguas Residuales Domésticas y Municipales en el Riego de Áreas Verdes Urbanas y Periurbanas, promulgados el 5 noviembre de 2010 como normativa sectorial, como Política para la promoción del uso de aguas residuales tratadas para riego.

Es importante destacar un caso de éxito en riego de la empresa agrícola Pozo Alto, que se dedica a la producción de mandarinas y cítricos en general para la exportación; quien capta las aguas de la PTAR San Bartolo mediante un acuerdo con SEDAPAL, y que le permite utilizar las aguas tratadas de la laguna, con excelentes beneficios. Los efluentes de la PTAR San Bartolo, después del tratamiento tecnificado que reciben no son vertidas al mar. Por el contrario, son utilizadas para irrigar las pampas de San Bartolo donde hay más de 8 mil hectáreas de tierras agrícolas. Entre sus beneficios destaca el ecológico, pues el agua no va al mar, no contamina la playa, ni el río. Además, se está verdeando el desierto. Una importante área, que era totalmente improductiva, se vuelve verde.

Actualmente, en Lima, el 88% de los casos de la actividad productiva se realiza en el ámbito periurbano, quedando claro que el uso de las aguas residuales está más difundido en el riego de cultivos agrícolas ubicados en estas áreas, donde es posible manejar este recurso con mayor facilidad y aceptación. Las experiencias de uso de aguas residuales tratadas desarrolladas en Lima desde hace más de 10 años, permiten recomendar la implementación de actividades productivas como el cultivo de forraje (chala, pasto elefante y alfalfa), árboles frutales (olivos, pecanos, naranjos, chirimoyos, paltos, limoneros e higueras), tara, tuna para producir cochinilla, bambú y viveros de plantas ornamentales y forestales.



La creación de entornos ecológicos es una necesidad imperante en las ciudades, ya que permiten reducir la contaminación del aire. En los centros poblados ubicados en zonas áridas puede constituir una cortina de viento para proteger la salud de la población de las bajas temperaturas y el exceso de partículas de polvo en el aire. El uso de las aguas residuales para la producción forestal tiene la ventaja de un menor requerimiento de cantidad y calidad de agua. En términos prácticos, significa que el costo del tratamiento puede ser menor cuando se apliquen los efluentes de las plantas de tratamiento en el riego de áreas forestales.

En el Perú existe una variada experiencia del desarrollo de entornos ecológicos, especialmente en la costa desértica. Nuevamente es el caso del entorno verde de Tacna, implementado por la Municipalidad Provincial y que ya ha concluido las dos primeras etapas, con 110 hectáreas regadas con los efluentes de la planta de lagunas de estabilización de Magollo. Esta área verde está constituida por árboles forestales y frutales, que han mostrado un desarrollo impresionante en sólo 10 años y que aseguran un manejo sostenible con la producción esperada. Actualmente se está creando campos deportivos, un jardín botánico y un zoológico.

Actualmente, de acuerdo al volumen de vertimiento anual registrado en el Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales - PAVER que existe en la Autoridad Nacional del Agua, alrededor de 54 m<sup>3</sup>/s de agua residual sin tratamiento, es entregado a fuentes superficiales y aproximadamente 4.000 ha de tierras agrícolas son regadas con aguas residuales.

En la mayoría de casos de reúso de aguas residuales existe informalidad, ya que a pesar de que la normatividad exige que previamente al uso de las aguas residuales para fines productivos se debe contar con una autorización sanitaria, sólo tres de las 61 PTAR cuyos efluentes se emplean para fines agrícolas tienen autorización sanitaria o PAMA para el reúso, como se aprecia en el cuadro 3.04. Por otro lado, todas las plantas cuyos efluentes se emplean para el riego de áreas verdes cuentan con un PAMA (Plan de Adecuación y Manejo Ambiental) y esas plantas son administradas por SEDAPAL.

Cuadro 3.04

Destino de los efluentes de las PTAR				
Uso de efluentes	Cantidad PTAR	%	Volumen tratado m <sup>3</sup> /año	%
Uso agrícola (cualquier tallo)	61	42,7%	150.660.620	58,3%
Descarga al mar	37	25,9%	26.803.546	10,4%
Descarga al río o quebrada	28	19,6%	55.973.556	21,7%
Riego de áreas verdes recreativas	12	8,4%	20.087.171	7,8%
Descarga a lago	2	1,4%	4.495.141	1,7%
Infiltración en el suelo	3	2,1%	197.090	0,1%
<b>Total</b>	<b>143</b>	<b>100,0%</b>	<b>258.217.124</b>	<b>100,0%</b>
<i>Nota: Las PTAR inoperativas están incluidas en el número de PTAR, pero el volumen tratado es 0 m<sup>3</sup>/año.</i>				
<i>Se considera el caudal total que pasa por las PTAR.</i>				
<i>Fuente: Información recopilada por la SUNASS de las EPS en septiembre de 2007.</i>				

Algunas de las consecuencias de la problemática en torno al inadecuado tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas en el Perú son:

- **Salud.** La ingesta directa de agua por fuentes contaminadas o indirecta a través de alimentos de consumo crudo regados por aguas residuales sin tratar o insuficientemente tratadas, así como el contacto con campos regados con aguas residuales inadecuadamente tratadas y sin tomar las debidas restricciones, representan un elevado riesgo de infección parasítica (giardiasis, amebiasis, teniasis, ascariasis), vírica (hepatitis, diarreas por rotavirus) y bacteriana (cólera, tifoidea, etc.).
- **Económica.** Debido a las limitaciones fitosanitarias de productos para exportación de especies marinas, lacustres, fluviales, así como para la agroexportación. Afecta el turismo ecológico (ANA, 2011)
- **Medio ambiente.** Debido al deterioro de ecosistemas acuáticos, bioacumulación, eutrofización, generados por descargas de aguas residuales sin tratar o inadecuadamente tratadas.

### 3.3.3 Normas internacionales sobre reúso de aguas residuales

En el reúso de aguas residuales se debe considerar aspectos de calidad con el fin de evitar riesgos a la salud pública, principalmente en lo que se refiere a sus características microbiológicas. Ésta es considerada la principal razón para el establecimiento de guías y regulaciones para el reúso seguro de estas aguas en diferentes aplicaciones (Metcalf y Eddy, 2003).

Una de las principales guías que regulan el reúso son las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sobre la calidad parasitológica y microbiológica de aguas residuales para irrigación, clasificadas en tres categorías, según sus niveles de parásitos y coliformes fecales, indicadores de la presencia de patógenos (virus, bacterias, protozoos y helmintos) en las aguas residuales domésticas (OMS, 1989), como se puede muestra en el cuadro 3.05.

Cuadro 3.05 Directrices OMS de calidad microbiológica requerida según el tipo de reúso

Categoría	Tipo de reúso	Grupo expuesto	Nemátodos	Coliformes fecales	Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica mínima
			Número de huevos por litro	NMP/100 ml	
A	Agrícola (Consumo crudo)	Trabajadores y consumidores finales	≤1	≤1000	Serie de lagunas de estabilización o tratamiento equivalente
	Parques y jardines			≤200	
B	Agrícola (forrajeros e industriales)	Trabajadores	≤1	No se recomienda ninguna norma	Retención en estanques de estabilización de 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
	Forestal				
C	Agrícola bajo riego localizado (forrajeros e industriales)	Ninguno (No hay exposición directa)	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego
	Forestal bajo riego localizado				

Fuente: OMS, 1989

En el año 1999 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) elaboró otro lineamiento para el uso de agua residual en la agricultura y publicó la guía sugerida para el “uso de aguas tratadas en el reúso agrícola y sus requerimientos de tratamiento”, en donde se clasifica el tipo de reúso agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente, que se consumen y se procesan comercialmente, y, cultivos que no se consumen (ver cuadro 3.06).

Cuadro 3.06 Guía de la FAO sugeridas para el reúso agrícola de las aguas tratadas

Tipo de reúso agrícola	Tratamiento	Calidad
Reúso agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente	Secundario Filtración - Desinfección	pH = 6,5 – 8,4 DBO < 10 mg/L < 2 UNT < 14 NMP Coli Fecal*/ 100 mg/L < 1 Huevo/L
Reúso agrícola en cultivos que se consumen y se procesan comercialmente	Secundario - Desinfección	pH = 6,5 – 8,4 DBO < 30 mg /L SS < 30 mg /L < 200 NMP Coli Fecal/ 100 mg/L
Reúso agrícola en cultivos que no se consumen	Secundario - Desinfección	pH = 6,5 – 8,4 DBO < 30 mg /L SS < 30 mg /L < 200 NMP Coli Fecal/ 100 mg/L

DBO, demanda bioquímica de oxígeno; SS, sólidos suspendidos; UNT, unidades nefelométricas de turbidez; RAS, relación adsorción/sodio; NMP, número más probable

\* Coliformes fecales NMP/100 mL: media geométrica de más de 10 muestras por mes; ninguna muestra debe ser mayor de 200 NMP/100 mL.

Fuente: FAO, 1999.

Las guías de la OMS (1989) no tienen normas para la vigilancia, por tanto se propone considerar su diseño, basados en objetivos de salud y consejos de medidas de protección de la salud (Kamizoulis, 2008; Mara y Bos, 2007), consideraciones que fueron tomadas en cuenta en la nueva guía de aguas residuales publicada por la OMS en el año 2006.

Las nuevas guías de uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises del año 2006, son una herramienta de manejo preventivo de aguas residuales en agricultura para maximizar la seguridad para la salud pública, proporcionan una orientación para los tomadores de decisiones sobre su aplicación en los diferentes contextos locales.

La guía incluye el análisis microbiano, esencial para el análisis del riesgo, que comprende la recolección de información relativa a patógenos presentes en aguas residuales, campos y cosechas regados. Estos factores varían según la región, clima, estación, etc. y deben ser

medidos siempre que sea posible, sobre un sitio específico. La guía no da valores sugeridos para patógenos virales, bacteriales o protozoarios, únicamente valores para huevos de helmintos ( $\leq 1/L$ ) tanto para riego con como sin restricción; para el riego por goteo en cultivos de alto crecimiento, no da recomendación alguna. A través de un análisis cuantitativo del riesgo microbiano se puede lograr la remoción de patógenos requerida para no superar el riesgo aceptable por infección. Adicionalmente, se incluyen las medidas de control para la protección de la salud (ver cuadro 3.07).

Cuadro 3.07 Medidas de control de protección a la salud de la OMS

Medida de control	Remoción de patógenos (unidades log)	Comentarios
Tratamientos	1-6	La remoción de patógenos requerida depende de la combinación selectiva de medidas de control para la protección de la salud
Riego por goteo en cultivos de bajo crecimiento	2	Tubérculos y hortalizas, como lechuga, que crecen justo sobre el suelo con contacto parcial
Riego por goteo en cultivos de alto crecimiento	4	Cultivos en los que las partes a cosechar no están en contacto con el suelo, como tomates
Inactivación de patógenos por decaimiento	0.5-2 por día	Es la reducción del número de patógenos por decaimiento que ocurre entre el último riego y el consumo final. La meta en la remoción de unidades log depende de condiciones climáticas (temperatura, intensidad solar), tipo de cultivo, etc.
Lavado con agua	1	Lavado de hortalizas, vegetales y frutas con agua limpia
Desinfección	2	Lavado de hortalizas, vegetales y frutas con una solución diluida de desinfectante y enjuague con agua limpia
Pelado	2	Frutas y tubérculos

Fuente: OMS, 2006

Las guías de la OMS tienen como objetivo principal apoyar la formulación de normatividad y reglamentación respecto al uso y manejo del agua residual, considerando aspectos propios de cada país (Blumenthal et al., 2007; Kramer y Mara, 2007; Mara y Bos, 2007; Organización Mundial de la Salud, 2006).

En Estados Unidos de América, la Agencia de Protección Ambiental (EPA<sup>16</sup>) recomienda una

<sup>16</sup> Environmental Protection Agency

normativa a nivel federal sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola, para aquellos estados que no han desarrollado su propia regulación, la que se muestra en el cuadro 3.08.

Las recomendaciones de la EPA son mucho más estrictas que las de la OMS, y define una calidad de agua para el riego de cultivos comestibles no procesados comercialmente similar a la calidad del agua potable, lo que implica la utilización de procesos de tratamientos muy eficientes y específicos sobre todo, para la desinfección, pero que pudieran necesitar elevadas dosis de desinfectantes que serían muy agresivos para los cultivos regados, como es el caso del cloro. Estas normas contemplan otros indicadores como pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y turbidez o sólidos suspendidos (SS) y definen los tratamientos necesarios en cada caso.

Cuadro 3.08

Normativa de la EPA sobre la reutilización de aguas residuales para uso agrícola.

Tipo de reutilización	Tratamiento	Calidad	Distancia de seguridad
Riegos de cultivos comestibles no procesados comercialmente.	Secundario Filtración Desinfección	pH = 6 - 9 < 10 mg/L DBO < 2 UNT 0 CF/100 mL 1 mg/L ClO <sub>2</sub>	15 m a fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.
Riego de cultivos que se consumen procesados.	Secundario Desinfección	pH = 6 - 9 < 30 mg/L DBO < 30 mg/L SS 200 CF/100 mL 1 mg/L ClO <sub>2</sub>	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.
Riego de pastos de animales productores de leche y cultivos industriales.	Secundario Desinfección	pH = 6 - 9 < 30 mg/L DBO < 30 mg/L SS 200 CF/100 mL 1 mg/L ClO <sub>2</sub>	A 90 m de fuentes o pozos de agua potable. A 30 m de zonas permitidas al público.

DBO Demanda bioquímica de oxígeno. UNT Unidades nefelométricas de turbiedad. SS Sólidos suspendidos. CF Coliformes fecales.

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency, 1992.

Adicionalmente, la FAO estableció las directrices físico-químicas para interpretar la calidad de las aguas de riego. En ellas se clasifica el grado de restricción de uso en tres niveles, de acuerdo con el problema potencial definido por características físico-químicas del agua, como la conductividad y el RAS (relación adsorción/sodio).

En el Perú no existe normatividad peruana para el reúso de aguas residuales para diferentes fines, como el agrícola y áreas verdes, por lo tanto la autoridad competente aplica en cuanto a parámetros de calidad microbiológica, los parámetros establecidos en las “Directrices Sanitarias sobre el uso de aguas residuales en Agricultura y Acuicultura” de la Organización Mundial de la Salud, cuando corresponda, y para calidad fisicoquímica, toma como referencia los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

Por otro lado, para los fines no contemplados en las directrices sanitarias de la Organización Mundial de la Salud, se las aplicará de manera referencial, verificando que las eficiencias de los sistemas de tratamiento implementados garanticen que no se ponga en peligro la salud humana, el normal desarrollo de la flora y fauna ni se afecten otros usos, de conformidad con lo establecido en el literal c. del artículo 148º del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos.

Hasta la fecha solo existe los límites máximos permisibles para los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, las cuales fueron aprobadas en 2010 por Decreto Supremo Nº 003-2010 MINAM, especifica la calidad de las aguas residuales para su vertimiento a los cuerpos receptores naturales de agua.

La autorización de descargas y reúso de aguas residuales tratadas en el Perú, se realiza en cumplimiento de la Ley 29338 – Ley de Recursos Hídricos. La autorización de reúso de agua residual tratada como se indicó, es en función a las directrices sanitarias de la Organización Mundial de la Salud.

Ley de Recursos Hídricos promulgada en 2009 indica en su artículo 82 que la ANA, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la autoridad ambiental nacional. También indica que la distribución de las aguas residuales tratadas debe considerar la oferta hídrica de la cuenca. Por tanto la ANA ha procedido a dictar por la Resolución Jefatural 291 sobre las disposiciones para el otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reúso de aguas residuales tratadas.

### **3.4 NECESIDAD DE INTEGRAR EL TRATAMIENTO Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES**

Entre el año 2000 y 2003, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (IDRC) ejecutaron una de las investigaciones de mayor envergadura acerca del manejo del agua residual doméstica en la región latinoamericana denominada "Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial", participaron catorce países.

Su tarea consistió en analizar las experiencias de manejo de las aguas residuales, recomendar estrategias para el diseño e implementación de sistemas que integren el tratamiento y el uso productivo de las aguas residuales, e identificar nuevas oportunidades de intervención en la región.

Las experiencias sistematizadas a través de este estudio permiten proponer el modelo de gestión para integrar el tratamiento al uso productivo de las aguas residuales domésticas en el Perú, utilizando tecnologías de bajo costo y orientadas principalmente a remover los organismos patógenos para proteger la salud pública, en lugar de remover materia orgánica y nutrientes que pueden ser aprovechados en la agricultura o riego de áreas verdes.

El modelo integrado propone la adecuación del tratamiento de las aguas residuales para fines de reúso, lo que implica priorizar la remoción de patógenos para proteger la salud pública, además, el modelo incorpora el tratamiento y uso del agua residual a la gestión eficiente de los recursos hídricos en una cuenca, especialmente en zonas de indicios de escasez de agua, como la costa peruana.

Con la integración del tratamiento y reúso de aguas residuales se asegurará que las aguas residuales tratadas adecuadamente, pueden ser bien aprovechadas en el riego de áreas verdes productivas y recreativas. Por tanto, debe ser el sustento del desarrollo y mantenimiento de las áreas verdes municipales (parques y jardines) y privadas (colegios, clubes y cementerios), así como de entornos ecológicos que contribuyan a la protección ambiental de las ciudades y a la lucha contra la desertificación y el calentamiento global (CEPIS, 2002).



La integración del tratamiento y reúso ayudará en gran medida que las inversiones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú sean eficientes y económicamente sostenibles, pues existirá concertación de intereses y alianzas entre los operadores y usuarios de las aguas residuales y por lo tanto ingresos por la venta del agua residual tratada; y de esta manera se asegurará la operación y mantenimiento de las PTAR.

De acuerdo a las experiencias sistematizadas el modelo integrado de tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas genera beneficios económicos, sociales, ambientales y de salud pública. Los potenciales beneficios que generará la ejecución de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas son:

- Mejora de la calidad ambiental del agua, al desarrollar un sistema de reúso de las aguas residuales el cual evitará el proceso de descarga directa de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales hacia un cuerpo receptor (ríos, lagos, mares).
- Disminución de las descargas de los contaminantes provenientes de las plantas de tratamiento hacia los cuerpos de agua superficiales, el reúso de las aguas residuales orientadas al riego agrícola, forestal y de áreas verdes permiten reducir y eliminar el grado de afectación de la calidad ambiental y sanitaria del agua (CEPIS, 2002).
- Gestión eficiente del recurso agua, con el desarrollo de un sistema integrado de tratamiento y reúso para facilitar un uso sostenible del agua de esta manera se garantizará la disponibilidad de agua de primera calidad para consumo humano, mediante el intercambio de las aguas residuales tratadas por agua de primer uso.
- Reducción en costos por tratamiento de potabilización del agua, debido a que las aguas superficiales han reducido sus niveles de contaminación, materia orgánica y patógenos provenientes del vertimiento de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Generación de servicios ambientales producto de la forestación con aguas residuales tratadas, estos servicios se encuentran definidos bajo el marco de Protocolo del Kyoto

como captura de carbono, servicios hidrológicos, conservación de la biodiversidad y belleza escénica.

- Ahorro en costos de consumo de volúmenes de agua potable, al ser el agua residual reemplazada por el agua potable, generando beneficios económicos a los usuarios, mostrando ser eficiente este modo de intercambio de uso, al cubrir los costos de operación y mantenimiento del tratamiento y uso del agua residual.
- Disminución de enfermedades de origen hídrico. Existen diversas enfermedades relacionadas con el contacto de aguas residuales crudas, entre ellas las intestinales, cutáneas y oftálmicas. Este beneficio será aplicable cuando con el sistema de reúso de aguas residuales se eliminen o reduzcan las descargas de contaminantes, bacterias, virus y demás patógenos los cuales ocasionan enfermedades gastrointestinales como hepatitis, tifoidea y nematodos intestinales. Estos beneficios son percibidos por reducción de la incidencia de enfermedades, tasas de mortalidad y en la reducción de costos de tratamiento por los pacientes.
- Reducción del uso de fertilizantes en la agricultura, porque permite reciclar nutrientes; lo que implica que los agricultores no tienen que comprar fertilizantes caros y, cumple una función ecológica de renovación del agua (C. Chartres<sup>17</sup>).
- Mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas debido al aporte de materia orgánica, posibilitando una mayor retención de agua, además el aporte de macronutrientes (N, P, K) el cual trae beneficios económicos al sector. En aspectos relacionados con la calidad, el reúso agrícola permite la preservación de las fuentes hídricas al evitar el vertimiento directo de las aguas residuales, y considerando el medio de recepción del agua residual (suelo), permitirá un aumento en la calidad del recurso garantizando la calidad de la recarga de los acuíferos (Moscoso, 1993; Moscoso y Young, 2002).

---

<sup>17</sup> Colin Chartres, Director General del Instituto Internacional de la Gestión del Agua (IWMI), durante la Semana Mundial del Agua que tiene lugar en Estocolmo, Suecia.

➤ Reducción de la contaminación de suelos y cultivos.



Figura 10. Reúso de aguas residuales en Osaka, Japón.

Fuente: United Nations Environment Programme



Figura 11. Lugar de recarga de aguas subterráneas en Los Angeles, California.

Fuente: United States Environmental Protection Agency

## **CAPÍTULO 4**

# **GUÍA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES**

### **4.1 ASPECTOS GENERALES**

Describe brevemente al proyecto e incluye la adecuada denominación, la identificación de la entidad encargada de formular el estudio y las entidades encargadas de la ejecución y operación y mantenimiento; además de la matriz de involucrados y el marco de referencia del proyecto. Se debe revisar este capítulo al finalizar el estudio ya que no siempre se tiene toda la información requerida al inicio.

#### **4.1.1 Nombre del proyecto**

La denominación debe ser claro y preciso y debe indicar cuál es el tipo de intervención, cuál será el bien o servicio (o conjunto de servicios) en el que Intervendrá y cuál es la localización del mismo.

##### **a) Naturaleza de la intervención.**

Son las acciones principales que el proyecto ejecutará para solucionar el problema identificado como relevante. Las tipologías de intervenciones de proyectos de reúso de aguas residuales domésticas se describen a continuación:

- **Instalación:** Intervenciones que permiten dotar del sistema de tratamiento y/o reúso de aguas residuales domésticas, en una localidad o centro poblado, que actualmente no tiene.
- **Ampliación:** Intervenciones orientadas a incrementar la capacidad del bien o servicio para atender a nuevos usuarios. Se incrementa la cobertura del servicio.

- **Mejoramiento:** Intervenciones orientadas a mejorar uno o más factores que afectan la calidad del servicio; incluye la adaptación o adecuación a estándares establecidos por el Sector. Implica la prestación de servicios de mayor calidad a los usuarios que ya disponen de él o al mismo número de usuarios.
  
- **Rehabilitación:** Intervenciones orientadas a la recuperación de la capacidad normal de prestación del bien o servicio, con acciones aceptadas sobre las condiciones técnicas y funcionales con las que se diseñó la infraestructura.

**b) Objeto de la intervención.**

Conjunto de servicios públicos que serán proporcionados por el proyecto. Se puede intervenir en: el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, sistema de reúso de aguas residuales domésticas o ambos.

**c) Localización geográfica.**

De acuerdo con el área de influencia del proyecto, precisa la(s) localidad(es) y/o centro(s) poblado(s) beneficiado(s). Incluye esquemas de macro y microlocalización.

El nombre del proyecto se define preliminarmente al inicio del estudio. Sin embargo, durante el proceso de formulación del perfil el mismo es revisado y se ajusta de tal manera que al finalizar la formulación del perfil del proyecto, el nombre del mismo refleje efectivamente la intervención a realizarse.

Ejemplos<sup>18</sup>:

- ✓ “Instalación del Sistema de Tratamiento y Mejoramiento del Sistema de Reúso de Aguas Residuales Domésticas en el Fundo San Agustín, en la provincia de Callao”
- ✓ “Instalación del Sistema de Reúso de Aguas Residuales Domésticas en la Localidad de San Antonio, distrito de San Antonio, provincia de Cañete, región Lima”

---

<sup>18</sup> Los nombres señalados, se presentan sólo a modo de ejemplo y no necesariamente son proyectos ya formulados.

## 4.1.2 Unidad Formuladora y Unidad Ejecutora

### 4.1.2.1 Unidad Formuladora – UF

Señala el nombre de la UF responsable de la elaboración del estudio de preinversión, el sector al que pertenece, el nombre y cargo del responsable de ésta, incluyendo información como dirección, teléfono y fax. La UF debe encontrarse registrada en el Banco de Proyectos del SNIP.

Ejemplo:

Sector:	Gobiernos Locales
Pliego:	Municipalidad Provincial de Lima
Nombre:	Empresa Municipal Administradora de Peaje - EMAPE S.A.
Persona Responsable de Formular:	Ing. Percy Caro Céspedes
Persona Responsable de la Unidad Formuladora:	Eco. María Elena Sánchez Zambrano
Dirección	Vía de Evitamiento km 1.70 (Peaje Monterrico)
Teléfono:	436 – 2063
E-mail:	<a href="mailto:altadirec@emape.gob.pe">altadirec@emape.gob.pe</a>

### 4.1.2.2 Unidad Ejecutora – UE

La Unidad Ejecutora es el área responsable de la ejecución del proyecto de inversión y está registrada en la Dirección General de Presupuesto Público (DGPP). Se debe señalar:

- Nombre de la unidad propuesta para la ejecución.
- Las competencias y funciones de la UE en su institución (señala su campo de acción y su vínculo con el proyecto).
- Su capacidad técnica y operativa para ejecutar el proyecto (experiencia en la ejecución de proyectos similares, disponibilidad de recursos físicos y humanos, calificación del equipo técnico, entre otros).

En el caso de Unidades Coejecutoras, se debe indicar el órgano técnico responsable para cada UE encargada de la conducción, coordinación y ejecución de las metas técnicas de los

componentes a su cargo, el mismo que debe ser definido en la propuesta de organización y gestión del proyecto. Se debe sustentar la capacidad técnica operativa de cada una de las Unidades Ejecutoras y Órganos Técnicos correspondientes.

Ejemplo:

Sector:	Gobiernos Locales
Pliego:	Municipalidad Provincial de Lima
Nombre:	Empresa Municipal Administradora de Peaje - EMAPE S.A.
Persona Responsable de Formular:	Ing. Percy Caro Céspedes
Persona Responsable de la Unidad Formuladora:	Eco. María Elena Sánchez Zambrano
Dirección	Vía de Evitamiento km 1.70 (Peaje Monterrico)
Teléfono:	436 – 2063
E-mail:	<a href="mailto:altadirec@emape.gob.pe">altadirec@emape.gob.pe</a>

La entidad responsable de la formulación deberá realizar los arreglos institucionales necesarios con otras entidades coejecutoras para la implementación de todos los componentes del proyecto.

#### 4.1.3 Participación de los involucrados

Identificar a las personas y/o instituciones involucradas en el Proyecto. Presenta una matriz de involucrados, en la que se incluye información sobre los grupos sociales y entidades, públicas o privadas, que tendrán relación con la ejecución, la operación y el mantenimiento del proyecto: entidades del gobierno nacional, gobiernos regionales y locales, empresas prestadoras del servicio de saneamiento, administraciones locales de agua, junta de usuarios, junta de regantes, organizaciones de productores, organizaciones vecinales, comunidades campesinas, organismos de cooperación nacional e internacional y potenciales beneficiarios.

Describe el proceso por el que se ha recogido la opinión de los beneficiarios y los demás involucrados, en especial de las autoridades locales, las que deberán pronunciarse por escrito sobre la prioridad que tiene el proyecto.

Se anexa copias de las actas suscritas por los involucrados en relación a los acuerdos, compromisos y opiniones señaladas.

Como ejemplo, se presenta una matriz de involucrados<sup>19</sup> elaborada para un PIP de reúso en áreas verdes.

Cuadro 4.01 Matriz de involucrados

Grupos involucrados	Problemas percibidos	Objetivos /Intereses	Estrategias	Acuerdos y compromisos
<b>Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL)</b>	Preocupación por la escasez del agua y su disponibilidad para otros usos, distinto al consumo.	Mejorar los servicios de saneamiento, incluyendo el tratamiento de aguas residuales.	Coordinación permanente, respecto al manejo operación y mantenimiento de los sistemas de agua en la ciudad.	
<b>Autoridad Nacional del Agua (ANA)</b>	Escasez de los recursos hídricos en la cuencas hidrográficas.	Promover el uso eficiente del recurso hídrico.	Autorizar a EMAPE el derechos de uso del agua residual tratada para fines de irrigación de áreas verdes en el ámbito del proyecto	Autorizar el reúso en aéreas verdes, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional (MINAM).
<b>Ministerio del Ambiente (MINAM)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poca conservación y el uso insostenible de los recursos hídricos.</li> <li>• Escasa incorporación del concepto de reúso de aguas residuales tratadas en las políticas de las entidades locales, y baja promoción de su aprovechamiento</li> </ul>	Aplicación de ecoeficiencia municipal en la gestión de aguas residuales (tratamiento y su reúso).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar con el MVCS los procedimientos y metodologías para los protocolos de monitoreo de LMP de efluentes de PTAR para su aprobación</li> <li>• Promover el reúso de aguas residuales tratadas.</li> </ul>	Control, seguimiento y fiscalización de los ECA del agua y el LMP de efluente de PTAR que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental.
<b>Población</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preocupación por la contaminación ambiental.</li> <li>• Preocupación por el origen de las infecciones respiratorias agudas (IRA), neumonía, asma y otras vinculadas al aire y la contaminación.</li> </ul>	Disponer de un ambiente inocuo y libre de contaminación.		Disponibilidad para pagar por un ornato público limpio y con menor contaminación.

<sup>19</sup> Modificada y/o corregida de la matriz del caso "Instalación de un Sistema de Captación y Conducción de Agua Residual Tratada para Mejorar las Condiciones de Conservación de las Áreas Verdes en la Panamericana Sur km 13 al km 57, Provincia de Lima - Lima".



Principalmente en proyectos de reúso agrícola, es muy importante tener en cuenta el aspecto cultural de la población, pues el nivel de aceptación del reúso será un factor determinante para la viabilidad del proyecto; por ello será necesario llevar a cabo un programa de sensibilización acerca de la inocuidad de la utilización aguas residuales cuando éstas reciben previamente un adecuado tratamiento para fines de reutilización.

#### **4.1.4 Marco de referencia**

En este acápite se deberán realizar las siguientes acciones:

- Indicar los antecedentes del proyecto y describir los hechos importantes relacionados al origen del mismo e intentos anteriores para solucionar el problema central.
- Describir brevemente el proyecto y constatar que sea consistente y se enmarque dentro de los lineamientos de política sectorial-funcional, los planes de desarrollo concertados, el programa multianual de inversión pública, los programas presupuestales estratégicos, el presupuesto participativo y los planes de ordenamiento territorial. Realiza una síntesis de los lineamientos de política relacionados al tratamiento y reúso.
- Debe comprobarse que el proyecto de inversión esté dentro de las competencias del Estado y de la institución que propone llevar a cabo, considerando su contexto internacional, nacional, regional y local, realiza un análisis de las competencias.

Debido a que la declaración de viabilidad considera como un requisito que el PIP se enmarque dentro de las políticas nacionales, sectoriales, regionales, locales, etc., se debe tener en cuenta la siguiente normativa relacionada al Sector.

- ❖ Plan Nacional de Saneamiento – PNS 2006-2015
- ❖ Ley General de Servicios de Saneamiento- Ley N° 26338, Reglamento y modificatoria
- ❖ Ley Orgánica de Municipalidades – Ley N° 27972
- ❖ Ley Orgánica de Gobiernos Regionales – Ley N° 27867
- ❖ Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338 y Reglamento
- ❖ Ley General del Ambiente Ley N° 28611

- ❖ Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma de Saneamiento S.090 para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
- ❖ Ley N° 28245 - Ley marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- ❖ Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura (1989)
- ❖ Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua – DS N° 002-2008-MINAM.

Ejemplo: Caso EMAPE<sup>20</sup>:

Escasa disponibilidad de recursos hídricos para el mantenimiento de las áreas verdes en la Panamericana Sur entre el puente Alipio Ponce (km 13) y el intercambio vial puente Pucusana (km 57). El proyecto aprovechará parte del efluente de las aguas residuales tratadas de los sistemas de SEDAPAL (PTAR San Bartolo o San Juan) para el riego de las áreas verdes de la Panamericana Sur, en lugar de agua de pozo.

#### Lineamientos de política relacionados al tratamiento y reúso

- La Ley de Recursos Hídricos promulgada en 2009 establece en su artículo 79 que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP), quedando prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización
- La Ley de Recursos Hídricos indica en su artículo 82 que la ANA, a través del Consejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional.

---

<sup>20</sup> Sobre la base del caso "Instalación de un Sistema de Captación y Conducción de Agua Residual Tratada para Mejorar las Condiciones de Conservación de las Áreas Verdes en la Panamericana Sur km 13 al km 57, Provincia de Lima - Lima".

- El Lineamiento 1 de los “Lineamientos de Política para la promoción del tratamiento para el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas” aprobado en noviembre de 2010 por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), indica que el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales tratadas para riego de áreas verdes en zonas urbanas y periurbanas deberá incorporarse a la política, planes y estrategias sectoriales, de forma que contribuya a la gestión integrada de los recursos hídricos a nivel nacional, propiciando la sustitución del agua potable.
  
- El Plan Maestro Optimizado de SEDAPAL 2009-2013 contempla ejecutar inversiones en la optimización y mejoramiento de los sistemas primarios de agua potable y alcantarillado (incluye el tratamiento de aguas residuales), de los cuales considerando los recursos hídricos limitados para Lima Metropolitana ha priorizado el desarrollo en implementación de proyectos de uso de agua servidas en Lima Metropolitana para fines de irrigación.

#### Lineamientos de la Política Local e Institucional

El proyecto se enmarca en lo dispuesto en la Ordenanza N° 953 de la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) publicado en junio del 2006, que establece las bases del Sistema Metropolitano de gestión Ambiental de la Municipalidad con la finalidad de integrar, coordinar, supervisar y garantizar la aplicación de políticas, planes, programas y acciones destinadas a la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en la provincia de Lima, en cumplimiento de lo que dispone los artículos 22 y 24 de la Ley 28245 - Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental. En el artículo 8º del Capítulo II - Gestión Ambiental Metropolitana, se menciona la Línea de Gestión Agua: “Se busca implementar políticas públicas de administración metropolitana para la protección de la calidad del recurso hídrico, promoviendo el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización”.

El Proyecto es compatible con el Plan Estratégico Institucional (PEI) 2009-2011 de EMAPE S.A., cuyo Objetivo Estratégico 7 es “Modernizar y Optimizar los Servicios Viales”. Los servicios que se consideran dentro de este objetivo entre otros son el mejoramiento y creación de áreas verdes, en base a los productos o resultados del Mantenimiento de las Áreas Verdes en los intercambios viales, bermas y el tratamiento de las aguas residuales para fines de riego.

De igual forma como proyecto, se contempla en el Plan Operativo Institucional 2011 de EMAPE S.A., asignado su Responsabilidad al Departamento de Áreas Verdes y Ornato de la Gerencia de Servicios Viales, cuyo estudio de preinversión se desarrollará en el presente año a fin de iniciar la etapa de inversión con la elaboración del expediente técnico a nivel de obra.

También se enmarca dentro de los Objetivos Estratégicos de la MML, como se especifica en la Resolución de Alcaldía N° 232 del 31-08-2010 que aprueba la Visión y Misión Institucional, Líneas de Política General, Objetivos estratégicos, Objetivos Institucionales, Escala de Prioridades y Estructura Funcional para el año 2011. Se enmarca en la Línea de Política General 2, Objetivo Estratégico V, Objetivo General 10 "Brindar Limpieza Pública y el Medio Ambiente Sano". En la escala de prioridades para el año 2011 este Objetivo General se menciona como Prioridad IV.

## **4.2 IDENTIFICACIÓN**

El propósito de este capítulo es definir claramente el problema principal o central que se intenta solucionar con el proyecto, determinar el objetivo central y específicos del mismo, así como plantear las posibles alternativas para alcanzar dichos objetivos.

### **4.2.1 Diagnóstico de la situación actual**

Recopila, sistematiza, interpreta y analiza la información de fuentes secundarias y primarias para la elaboración del diagnóstico.

El trabajo de campo, la observación in situ del problema y el contacto directo con los involucrados, así como la información de proyectos anteriores, publicaciones y documentos de trabajo, son fundamentales para hacer un buen diagnóstico de la situación actual. Este diagnóstico sustentará el planteamiento de los objetivos, fines y medios que se buscan alcanzar con el proyecto, así como las alternativas de solución.

#### **4.2.1.1 Diagnóstico del área de influencia y área de estudio**

Analiza las variables que permitan conocer el contexto donde se desarrollará el proyecto. Para ello define del área de influencia y el área de estudio. El área de influencia es el ámbito donde se ubican los afectados por el problema y, el área de estudio, el espacio donde se localiza o se localizarán los sistemas de tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas.

Recurre a información disponible a nivel general, local y sectorial, y a la literatura existente sobre estos temas en el INEI, MINSA, MINAG, Gobierno Regional, Municipalidad Distrital y/o Provincial, las EPS, etc.

Recurre a ilustraciones (mapas cartográficos ó croquis), donde se visualice el departamento, provincia, distrito y la localidad o centro poblado, así como el área de estudio.

Como ejemplo, se presenta lo siguiente:

El área de influencia del Proyecto es una porción del total de los ocho (8) distritos, que corresponde a los alrededores del Sistema Vial Metropolitano y esta comprendida entre el puente Alipio Ponce (km 13), el intercambio vial puente Pucusana (km 57) y la franja de 300 m a cada lado de la Panamericana Sur.

Entre los temas que se deben considerar están:

##### **a) Localización.**

Menciona la región, provincia, distrito y un listado completo de las localidades afectadas o beneficiadas, indicando su ubicación. Se recomienda la georreferenciación mediante coordenadas UTM (GPS). Incluye el mapa de ubicación del área de influencia en mapa de carta nacional.

Ejemplo:

El Área de influencia del Proyecto se ubicada en la región y provincia de Lima y abarca ocho (8) distritos y tiene una extensión total de 27,52 km<sup>2</sup>, como se detalla en el cuadro 4.02.

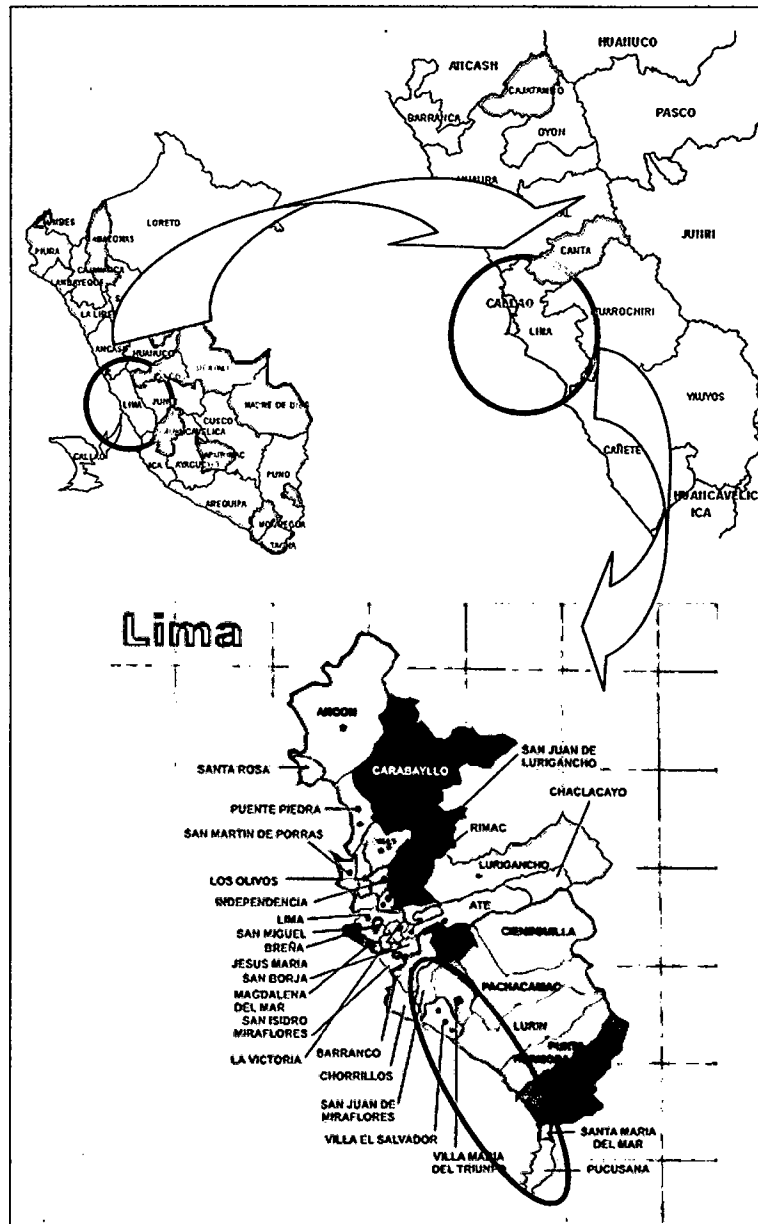


Figura 12. Ubicación del proyecto

**b) Características físicas.**

Considera las características geográficas, fisiográficas, hidrológicas, climáticas, etc. Analiza el medio físico, natural, el medio biológico que podrían ser afectados por el proyecto para evaluar el impacto ambiental. Identifica y caracteriza los peligros para el análisis del riesgo (sismos, inundaciones, deslizamientos, etc.).

Cuadro 4.02 Área de influencia del Proyecto

Distritos	Longitud*	Extensión**
	m	km <sup>2</sup>
San Juan de Miraflores	3.976	2,38
Villa El Salvador	8.073	4,84
Lurín	12.578	7,54
Punta Hermosa	5.493	3,29
Punta Negra	4.990	2,99
San Bartolo	2.357	1,41
Santa María del Mar	4.390	2,63
Pucusana	4.060	2,44
Total	45.917	27,52

\*Longitud a lo largo Panamericana Sur

\*\*Área de influencia del Proyecto para 300 m ancho de cada lado de la Panamericana

Fuente: Perfil EMAPE 2011

**c) Vías de comunicación.**

- Accesibilidad, existencia y condiciones de los caminos y de los medios de transporte.
- Riesgos que podría confrontar la movilización de recursos para ejecutar el proyecto.

**d) Aspectos socioeconómicos.**

- Diagnostica la situación socioeconómica de la población y sus posibilidades de crecimiento y desarrollo económico.
- Determina indicadores demográficos, niveles de educación, salud (relación de las enfermedades más comunes en el área de influencia), higiene (mejora en los hábitos de las familias y en sus actividades dentro de la comunidad), limpieza pública, calidad de las viviendas, condiciones económicas, niveles de ocupación, entre otros.

Ejemplo:

El área de estudio involucra población de los distritos de San Juan de Miraflores, Villa El Salvador, Lurín, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa María del Mar y Pucusana.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI para el 2007, la población total en estos distritos del área de estudio fue de 833.024 habitantes, la cual representa el 11% de la

población total provincial de Lima<sup>21</sup>; siendo los más populosos Villa El Salvador y San Juan de Miraflores con 381.790 y 362.643 habitantes respectivamente y el menos poblado Santa María del Mar con 761.

En cuanto a la tasa de crecimiento promedio anual, es elevado y es el distrito de Santa María del Mar el que muestra mayor tasa de 10,6% y Villa El Salvador el menor (2.9%) en el período comprendido entre 1993 – 2007.

La densidad poblacional por distrito es otro importante indicador partiendo de la información de población del Censo de 1993, se observan cambios referidos al incremento del número de habitantes por kilómetro cuadrado. Estos cambios estarían asociados a la evolución demográfica del componente de fecundidad, al proceso de urbanización (rural/urbano) y a la migración interna. Según los resultados del Censo del 2007, se observa que los distritos de San Juan de Miraflores y Villa El Salvador tienen una mayor cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado y los distritos de Punta Negra y Punta Hermosa con una menor cantidad, tal como se presenta en el cuadro 4.03.

Cuadro 4.03 Indicadores demográficos del área de influencia del Proyecto

Distritos	Población 2007	Densidad poblacional (hab./km <sup>2</sup> )	Tcd <sup>1/</sup> (1993-2007)	Población <sup>2/</sup> 2011
Lurín	61.274	349,2	4,3%	72.513
Pucusana	10.566	335,8	6,7%	13.695
Punta Hermosa	5.423	48,2	4,0%	6.344
Punta Negra	5.284	40,5	5,8%	6.621
San Bartolo	5.283	129,1	4,0%	6.180
San Juan de Miraflores	362.643	15.122,7	1,7%	387.939
Santa María del Mar	761	77,6	10,6%	1.139
Villa El Salvador	381.790	5.363,0	2,9%	428.042
<b>Total</b>	<b>833.024</b>			<b>922.472</b>

<sup>1/</sup>Tasa crecimiento intercensal

<sup>2/</sup>Población estimada según tci 1993-2007

Fuentes: Perfil Sociodemográfico de la Provincia de Lima-INEI, setiembre 2008.

<sup>21</sup> La población total de la provincia de Lima es 7.605.742 habitantes según INEI 2007.



Para estimar la población al año 2011 de los distritos del área de influencia, se consideró la tasa crecimiento intercensal 1993-2007 y utilizando la fórmula geométrica siguiente:

$$\text{Población}_{2011} = \text{Población}_{2007} * (1 + \text{tci})^4$$

Donde:

tci = Tasa crecimiento intercensal 1993-2007.

Con relación a la educación, las poblaciones de los distritos de Lurín (54.2%) y Pucusana (55.6%) tienen un alto porcentaje de nivel de educación secundaria y la población del distrito de San Juan de Miraflores un nivel de educación superior (universitaria un 24.6% y no universitaria un 18.2%). En el cuadro 4.04 se presenta los niveles de educación de los distritos ámbito del Proyecto.

Cuadro 4.04  
Población Censada de 15 años de edad a más por niveles de educación

Distritos	Primaria <sup>1/</sup>	Secundaria	Superior	Total (hab.)
Lurín	19,8%	54,2%	26,0%	44.152
Pucusana	21,4%	55,6%	23,0%	7.239
Punta Hermosa	14,3%	47,7%	38,0%	4.276
Punta Negra	14,6%	47,9%	37,5%	3.848
San Bartolo	14,4%	47,0%	38,6%	4.306
San Juan de Miraflores	15,7%	41,5%	42,8%	269.590
Santa María del Mar	19,5%	47,6%	32,9%	569
Villa El Salvador	16,2%	46,9%	36,9%	271.780

<sup>1/</sup>Incluye el nivel inicial y sin nivel.

Fuentes: Perfil Sociodemográfico de la Provincia de Lima-INEI, setiembre 2008.

Las enfermedades que se presentan en el ser humano debido a la exposición a altas concentraciones de contaminantes del aire, están relacionadas principalmente al sistema respiratorio, siendo las más frecuentes las infecciones respiratorias agudas (IRA), afecciones que se presentan – entre otros - por cambios de temperaturas según los climas de la región.

La información proporcionada de enfermedades respiratorias agudas del Ministerio de Salud es de carácter genérico, y no existen estadísticas exactas de una relación entre concentraciones de contaminantes en el aire y casos de enfermedades respiratorias originadas por dicha contaminación; sin embargo, esta información permite identificar zonas que presentan mayor cantidad de enfermedades del tracto respiratorio. En el PISA L-C 2005 -

2010 se determinó que los mayores casos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), se presentan en las zonas norte y sur de Lima, seguida por el centro de la ciudad. Asimismo, los mayores casos de asma se presentan en las zonas norte y céntrica de Lima. Coincidentemente, de acuerdo a los estudios realizados por DIGESA, estas zonas son las más contaminadas del área metropolitana Lima-Callao.

En el cuadro 4.05 se presenta los casos de enfermedades respiratorias para los distritos ámbito del Proyecto registrados en el año 2008.

Cuadro 4.05 Casos de enfermedades respiratorias – Distritos de Lima Sur

Morbilidad	Lurín	Pucu_sana	Punta_Hermosa	Punta_Negra	San_Bartolo	San Juan de Miraflores	Santa María del Mar	Villa El Salvador	Total
Infecciones agudas de las vías respiratorias	16,509	4,983	1,667	2,497	3,310	53,408	247	59,139	141,760
Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	4,928	589	80	231	262	13,792	45	16,065	35,992
Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores	1,368	473	191	1,138	58	9,751	1	9,945	22,925
Otras infecciones agudas en vías respiratorias inferiores	2,442	785	39	62	145	8,119	26	9,645	21,263
Influenza y neumonía	47	7	1	3	5	421	2	263	749
Total	25,294	6,837	1,978	3,931	3,780	85,491	321	95,057	222,689

Fuente: OITE -DISA II LIMA -SUR 2008

La disponibilidad o incremento de áreas verdes coadyuvará entre otras acciones a disminuir la contaminación atmosférica de área de influencia del proyecto; por lo tanto disminuirían las enfermedades respiratorias agudas.

**e) Principales actividades económicas del área de influencia y niveles de ingreso.**

- Tipos de producción y actividad económica predominante y en qué forma la desarrollan (individual, cooperativas, obreros agrícolas, entre otros).
- Indica el ingreso promedio familiar mensual.
- Actividad agrícola de la cuenca de ser el caso.

Como ejemplo, se presenta lo siguiente:

En la provincia de Lima la población en edad de trabajar (PET) de 14 y más años de edad, se estimó en 5.837.514 personas. La población económicamente activa (PEA), asciende a 3.395.942 personas, 2.010.859 son hombres y 1.385.83 son mujeres. Del total de personas que conforman la PEA de la provincia de Lima, 3.274.973 personas tienen empleo y 120.969

se encuentran desempleados. En los distritos ámbito del proyecto la PEA asciende a 375,081 personas que representan un 11% de la PEA de la provincia de Lima.

El 58,2% de la población en edad de trabajar de la provincia de Lima participa en la actividad económica, ya sea como ocupado o buscando empleo activamente. En los distritos del proyecto esta tasa es superior, por ejemplo en Villa El Salvador es del 61.5% y en San Bartolo está por debajo del tasa provincial, tal como se puede apreciar el Cuadro 4.06.

Al examinar la PEA, se identifica a la población que estuvo participando en la generación de algún bien económico o en la prestación de un servicio (población ocupada), y a la población que no encontró un empleo.

Los resultados del Censo del 2007, revelan que en la provincia de Lima existen 3.274.973 personas, que participan generando un bien económico o prestando algún servicio, lo que representa el 96,4% de la PEA, y 120.969 personas se encuentran desempleados, es decir, el 3,6% de la PEA. Este comportamiento porcentual también se observa para los distritos del ámbito del Proyecto (cuadro 4.06).

Cuadro 4.06 PEA, tasa de actividad de población e ingresos

Distrito	PEA Total (hab.)	Tasa de actividad (%)	PEA Ocupada (%)	Ingresos <sup>1/</sup> (S/.)
Lurín	27.152	59,7	97,0	576,00
Pucusana	4.384	59,0	95,6	652,00
Punta Hermosa	2.671	60,7	94,7	-
Punta Negra	2.170	55,1	95,5	-
San Bartolo	2.363	53,5	96,0	694,00
San Juan de Miraflores	163.951	59,3	96,3	634,00
Santa María del Mar	357	61,0	96,1	-
Villa El Salvador	172.031	61,5	95,7	610,00

<sup>1/</sup>Ingresos promedio familiares por mes

Fuentes: Perfil Sociodemográfico de la Provincia de Lima-INEI, setiembre 2008.

En cuanto a los niveles de ingreso promedio familiares, según los resultados de las encuesta que realiza el Grupo Apoyo Opinión y Mercado S.A. (2008), el ingreso mensual familiar promedio de un hogar de Lima, es de US\$ 409 (S/. 1.162), aunque el 62% de los hogares gana menos de US\$ 300 (S/. 852) mensuales, y en términos de ingreso per cápita para Lima es de

US\$ 103 (S/. 293) mensual. De otro lado según los cálculos efectuados por el INEI para el año 2009 en algunos distritos del ámbito del Proyecto, los ingresos promedios familiares por mes varían entre S/. 576 (Lurín) a S/. 694 (San Bartolo), tal como se muestra en el cuadro 4.06.

**f) Evaluación de los recursos agua y suelo**

El conocimiento básico de los recursos hídricos, la fisiografía y capacidad de uso de los suelos permitirán definir el potencial de reúso de la cuenca a fin de ubicar el proyecto en el lugar más apropiado.

La evaluación de las fuentes de agua (lluvia, aguas superficiales, subterráneas y residuales), así como de su calidad sanitaria y agronómica, será importante para el estudio.

La información confiable de la demanda de agua para uso agropecuario, municipal, etc., permitirá conocer la disponibilidad efectiva del agua para riego. Al final se deberá establecer un balance hídrico y la variación estacional de las fuentes estudiadas.

Para formular la propuesta, será necesario conocer la extensión actual y potencial de las tierras irrigables, área que a la vez debe incluir el sistema de tratamiento. Debido a la cantidad de terreno que demandan el área agrícola que será regada y las lagunas de estabilización, es conveniente localizar el proyecto en áreas disponibles amplias y baratas, algo alejadas de la ciudad. Este sistema generará un entorno ecológico de mínimo impacto negativo para la población y la ruta del sistema de conducción también promoverá un desarrollo urbano planificado (CEPIS, 2001).

Ejemplo:

**Disponibilidad de recursos hídricos**

La disponibilidad del recurso hídrico en Lima Metropolitana como consecuencia de la casi nula precipitación que recibe (alrededor de 25 mm por año), se hace cada vez mas crítico debido al crecimiento poblacional desmesurado, con altas tasas de crecimiento, que en un futuro cercano no se pueda disponer del agua para consumo, por consiguiente para otros

usos tal es el caso de riego de parques y jardines. La fuente de agua para Lima Metropolitana es principalmente aguas superficiales, seguida de aguas subterráneas.

La fuente de abastecimiento son los ríos Rímac y Chillón, así como el agua subterránea proveniente de los acuíferos de las cuencas de los Rímac, Chillón y Lurín. Los recursos hídricos superficiales están constituidos por 19 lagunas y 2 represas, ubicadas en las cuencas Marcapomacocha, Santa Eulalia y San Mateo con una capacidad útil de almacenamiento total de 282 millones de metros cúbicos que a su vez conforman tres subsistemas: el embalse Yuracmayo, la red de lagunas que se encuentran en la cuenca del río Santa Eulalia y las lagunas de los sistemas Marca I y Marca III. Esta es la fuente superficial de agua para consumo en Lima Metropolitana.

Las aguas del río Rímac presentan alta contaminación, debido a las actividades minera, agrícola, industrial y a los centros poblados asentados entre Carapongo y La Atarjea, que descargan aguas servidas sin tratamiento al cauce del río.

La problemática que viene afectando a las cuencas de los ríos se caracteriza por:

- Deforestación de la cuenca, lo que ha generado el incremento de huaycos en la temporada de avenidas.
- Contaminación del río con residuos químicos de los relaves mineros y residuos orgánicos de población.
- Invasión de terrenos adyacentes al río y arrojo indiscriminado de basura y desmonte, todo lo cual reduce su capacidad hidráulica.

De acuerdo con una evaluación hidrogeológica del acuífero Rímac-Chillón realizada en 1997 (Quintana, J. y Tovar, J. 2002. Evaluación del acuífero de Lima (Perú) y medidas correctivas para contrarrestar la sobreexplotación, con el empleo de modelos de simulación matemática, se determinó que en dicho acuífero no se debería extraer un caudal superior a los 8 m<sup>3</sup>/s (límite), estimándose que el caudal seguro que podía garantizar el equilibrio entre recarga y descarga del acuífero estaría en los 6 m<sup>3</sup>/s.

Actualmente las aguas subterráneas en Lima, presentan algunas señales de sobre explotación, según registros se extrae un total de 8,3 m<sup>3</sup>/s de los cuales 4,9 m<sup>3</sup>/s corresponde a SEDAPAL, 2,7 m<sup>3</sup>/s a usuarios de fuente propia y 0,7 m<sup>3</sup>/s de usuarios clandestinos.

Existe un déficit hídrico de fuente agua para consumo humano y por consiguiente, no existe un superávit de agua (superficial y subterránea) para ser utilizado en regar parques, jardines y otras áreas verdes en Lima Metropolitana.

Ante el déficit hídrico de aguas superficiales y subterráneas, es conveniente utilizar agua residual tratada para regar parques, jardines y otras áreas verdes en Lima Metropolitana con un manejo y/o tratamiento complementario de ser el caso y según las exigencias de clasificación y parámetros de los ECA. Estas aguas serían una oferta potencial hídrica en el futuro para ser utilizado en estos fines y otras actividades industriales.

#### **Abastecimiento de agua para riego**

El servicio de abastecimiento de agua para el mantenimiento de las áreas verdes brinda en la actualidad SERPAR Lima, el cual tiene un Convenio Marco Interinstitucional con EMAPE S.A., formalizado por Resolución de Alcaldía N° 25185 del 10 de agosto del 2001 y Adenda. Mediante este convenio se autoriza a EMAPE a transferir recursos a SERPAR Lima con cargo a los ingresos municipales de la Cuenta Peaje, con la finalidad de cubrir el costo del mantenimiento de las áreas verdes ubicadas en las vías expresas y vías de peaje administradas por EMAPE.

La fuente de agua utilizada para regar las áreas verdes es de pozo (aguas subterráneas) proveniente de Lurín. El transporte de agua desde el pozo hasta las áreas verdes es mediante camiones cisternas de 9.000 galones<sup>22</sup> de capacidad. El servicio lo está brindado en la actualidad SERPAR Lima, y el costo es S/. 200 por cisterna que incluye los costos de personal, combustible, mantenimiento del vehículo y regado. El costo de un privado es entre S/. 400 a S/. 450 por cisterna, el cual también incluye el transporte y el regado.

---

<sup>22</sup> Galón internacional (estadounidense) que equivale a 3,785411784 litros

Sobre la base de esta información el costo por metro cúbico de agua para fines de irrigación de las áreas verdes en el tramo del sistema vial de la Panamericana Sur es de S/. 5.87 el m<sup>3</sup> por el servicio brindado por SERPAR Lima y S/. 11.74 por m<sup>3</sup> en caso de contratar a una empresa privada.

La cantidad de agua utilizada en la actualidad para regar es de 8,517 m<sup>3</sup> por mes, que equivale a 250 cisternas, el cual es cubierto con tres camiones cisterna de dos a tres turnos por día. En volumen total de agua utilizada es equivalente a un caudal de 3.30 L/s.

La demanda de agua para regar las áreas verdes en condiciones óptimas de uso de la infraestructura existente de almacenamiento y sistema de riego (riego por goteo) es de 2,160 m<sup>3</sup>/día, que equivale a 25 L/s. La tasa de consumo de agua considerada para el riego es de 0,4 L/s-ha.

**g) Servicio de agua potable**

Se presenta información sobre el servicio de agua potable, analiza la calidad del agua, la continuidad del servicio, cobertura, principales problemas y las necesidades de rehabilitación o ampliación del sistema.

Ejemplo:

El censo del 2007 revela que la provincia de Lima se abastece de agua principalmente por conexión a red pública dentro de la vivienda en un 75.4% y un 7.4 % con red pública fuera de la vivienda, un 9,0% de viviendas, lo hacen mediante camión cisterna u otro similar y que también acceden al agua potable a través de pilón de uso público un 3.8%. En el extremo opuesto un 0,4% de las viviendas utiliza el agua proveniente de río, acequia o manantial y el 1,8% la obtiene de pozo, mayor porcentaje de viviendas la solicitan a los vecinos y otras formas de abastecimiento de agua (2,2%).

En los distritos de Villa El Salvador y San Juan de Miraflores las viviendas particulares que cuenta con una conexión a la red pública de agua, representan un 75.4% y 84.4% del total de viviendas en estos distritos respectivamente. Opuestamente en los distritos de Punta

Hermosa, Punta Negra y San Bartolo, más del 90% de las viviendas se abastecen de camión cisterna o similar. En los distritos de Lurín y Pucusana el tipo de abastecimiento de agua de las viviendas, en mayor proporción, es mediante una conexión a la red pública y por camiones cisternas, tal como se aprecia en el cuadro 4.07.

Cuadro 4.07 Tipo de abastecimiento de agua

Tipo de abastecimiento de agua	Lima Provincia	Lurín	Pucusana	Punta Hermosa	Punta Negra	San Bartolo	San Juan de Miraflores	Santa María del Mar	Villa El Salvador
Red pública dentro de la vivienda	75.4%	45.6%	35.4%	3.6%	1.1%	2.8%	84.0%	49.3%	75.6%
Red pública fuera de la vivienda	7.4%	3.9%	3.4%	0.3%	0.4%	0.1%	3.8%	4.7%	3.0%
Pilón de uso público	3.8%	5.5%	2.4%	0.1%	2.0%	0.6%	2.6%	0.9%	3.0%
Camión cisterna o similar	9.0%	24.5%	47.8%	95.6%	95.8%	96.2%	7.8%	45.1%	14.9%
Pozo	1.8%	17.0%	0.7%	0.1%	0.6%	0.3%	0.5%	0.0%	1.1%
Manantial o acequia	0.4%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vecino	1.8%	2.4%	8.6%	0.1%	0.1%	0.0%	0.9%	0.0%	2.1%
Otros	0.4%	0.8%	1.6%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.3%

Fuente: Censo Nacional 2007 - INEI

#### h) Servicio de alcantarillado

Evalúa cómo se realiza la evacuación de excretas por parte de la población. Incluye:

- Características del sistema de alcantarillado. Indicar quien administra el sistema, la cobertura de población servida y cantidad de aguas residuales producidas.
- Caracterización del crudo: caudales y calidad sanitaria
- Parámetros indicadores de calidad del agua

Ejemplo:

Respecto al servicio de saneamiento (alcantarillado y otras formas de disposición de aguas residuales y excretas), según el Censo del 2007, un 75.6 % de las viviendas de la provincia de Lima disponen de servicio higiénico conectado a la red pública de desagüe dentro de la vivienda, seguida de un 8.1% de viviendas que poseen pozo ciego o negro/ letrina. Las viviendas que utilizan el río, acequia o canal como servicio higiénico, representa un 0.5% de las viviendas y las viviendas que no tienen este servicio es el 3,0% del total, como se observa en el cuadro 4.08.



Cuadro 4.08 Tipo de disposición de excretas y aguas residuales

Tipo de disposición	Lima Provincia	Lurin	Pucu- sana	Punta Hermosa	Punta Negra	San Bartolo	San Juan de Miraflores	Santa María del Mar	Villa El Salvador
Red pública dentro de la vivienda	75.6%	42.4%	39.8%	3.7%	1.1%	39.0%	83.5%	84.7%	75.9%
Red pública fuera de la vivienda	7.7%	4.8%	3.3%	1.4%	0.4%	9.0%	4.5%	4.7%	3.1%
Pozo séptico	5.1%	20.1%	14.4%	10.6%	55.4%	20.1%	3.1%	2.8%	5.3%
Pozo ciego /Letrina	8.1%	24.5%	24.9%	83.4%	41.1%	30.2%	6.5%	7.4%	13.0%
Acequia /canal	0.5%	2.9%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.5%	0.1%
No Tiene	3.0%	5.3%	17.5%	0.7%	1.9%	1.6%	2.3%	0.0%	2.7%

Fuente: Censo Nacional 2007 - INEI

**i) Otros servicios existentes.**

- Analiza el equipamiento social y productivo con que se cuenta dentro de la zona del proyecto, en términos de cantidad y calidad.
- Contempla la situación de otros servicios públicos que pudieran estar vinculados con el proyecto (p.ej.: energía eléctrica cuando se requiere de bombeo).

Como ejemplo, se presenta lo siguiente:

**Servicio de energía eléctrica**

La población de los distritos involucrados del Proyecto cuenta con el servicio de energía eléctrica. Según el Censo del 2007, más del 85% de las viviendas disponen de alumbrado público a excepción de Pucusana (70%), Punta Hermosa (75%) y San Bartolo (78%), 78%), como se presenta en el cuadro 4.09.

Cuadro 4.09 Disponibilidad de alumbrado eléctrico

Distritos	Dispone
Lima Provincia	95%
Lurín	86%
Pucusana	70%
Punta Hermosa	75%
Punta Negra	87%
San Bartolo	78%
San Juan de Miraflores	93%
Santa María del Mar	91%
Villa El Salvador	88%

Fuente: Censo Nacional 2007 - INEI

#### **4.2.1.2 Diagnóstico de los servicios**

Dependiendo de la situación particular del caso en estudio, con tratamiento y reúso (CT-CR), con tratamiento y sin reúso (CT-SR), sin tratamiento y con reúso (ST-CR) o sin tratamiento ni reúso (ST-SR), será necesario conocer las características de los sistemas de tratamiento y reúso que se encuentren en operación en la situación actual.

##### **a) Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales**

Describe y evalúa las características de la operación y la infraestructura existente del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, caracterización del crudo y los efluentes, indicadores de eficiencia, disposición final de los efluentes, principales problemas y las necesidades de rehabilitación o ampliación del sistema.

En caso de que ya exista el tratamiento, en base a la información secundaria y el trabajo de campo realizado, se presenta un diagnóstico considerando los siguientes indicadores:

- **Características de la planta de tratamiento.** Se deberá nombrar y describir los datos generales de la planta (nombre de la planta, empresa operadora, ubicación de la planta, localidades servidas, población servida, fecha de construcción, etc.), características del sistema de conducción de crudo a la planta, procesos unitarios de la planta de tratamiento (procesos unitarios que conforman la planta de tratamiento, agua residual y lodos y señalar el número de unidades de cada componente), la situación de la infraestructura de cada componente del sistema y otras características que merecen destacarse. Presentar un esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- **Caracterización del crudo y los efluentes.** Presentar los parámetros de control, resultado del monitoreo de la calidad de las aguas residuales crudas y tratadas que realiza periódicamente la EPS o municipalidad.

- **Indicadores de eficiencia.** Indicar el porcentaje de eficiencia de remoción para los siguientes parámetros: sólidos suspendidos, materia orgánica (DBO<sub>5</sub>)<sup>23</sup>, coliformes fecales (termotolerantes), parásitos (nematodos), nitrógeno, fósforo.
- **Disposición final de los efluentes.** Indicar lo siguiente:

Calidad del efluente. Indicar si la calidad del agua residual tratada es o no adecuada para su disposición final o utilización según la legislación peruana vigente.

Tipo de disposición de los efluentes. Indicar si la disposición está en: uso directo en riego de cultivos para consumo humano o animal, riego de áreas verdes (paisajista), riego para desarrollo forestal (no frutales), acuicultura, otro tipo de riego (floricultura, etc.); o disposición en un cuerpo de agua receptor.

Características del cuerpo receptor del efluente. Nombre del cuerpo receptor, tipo de ambiente acuático y calidad

En el caso de no existir tratamiento, el estudio deberá:

- Identificar, describir la disposición final de los desagües, el cuerpo receptor, calidad del cuerpo receptor de las aguas servidas y valorar los impactos causados por la disposición final de aguas residuales domésticas en el ambiente y la salud de la población involucrada.
- Indicar, además los estudios existentes para el tratamiento de las aguas residuales, de existir.

**Ejemplo:**

En la actualidad SEDAPAL efectúa el tratamiento de las aguas residuales en dieciocho (18) plantas de tratamiento, ubicado en el área de Lima Metropolitana. El caudal total de tratamiento es de 2.77 m<sup>3</sup>/s tal como se puede apreciar en el cuadro 4.10.

---

<sup>23</sup> Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día (DBO<sub>5</sub>)

**Cuadro 4.10 Plantas de tratamiento de aguas residuales de Sedapal**

	<b>Planta</b>	<b>Caudal (L/s)</b>
<b>PTAR NORTE</b>	Ventanilla	225
	Puente Piedra	496
	Ancón	42
	Santa Rosa	13
<b>PTAR ESTE</b>	Carapongo	432
	San Antonio	17
	Atarjea-Nueva Sede	1
	Cieneguilla(*)	74
<b>PTAR SUR</b>	Huáscar – Pque. 26(**)	81
	San Juan de Miraflores	389
	José Gálvez	58
	San Pedro de Lurín	25
	J.C. Tello	24
	Nuevo Lurín	24
	Pucusana	26
	San Bartolo	829
	Punta Hermosa	15
<b>Total</b>		<b>2.771</b>

(\*) Puesta en operación en julio 2009

(\*\*) El Parque 26 recibe el efluente de la PTAR Huáscar como parte del proceso de pulimento (son 2 plantas que forman un solo sistema).

Fuente: Memoria Anual de SEDAPAL 2009.

En el proyecto se aprovechará las aguas residuales tratadas de las PTAR de San Juan y/o San Bartolo, cuyos caudales son 389 y 829 L/s respectivamente. Estas plantas están en estado operativo, por lo tanto garantizarán el suministro de efluentes tratados para el proyecto, según la demanda requerida, cualesquiera sea la alternativa seleccionada. En los cuadros 4.11 y 4.12 se presentan las características de estos sistemas de tratamiento.

**b) Diagnóstico y potencial del uso de aguas residuales domésticas**

➤ **Extensión actual y potencial de áreas de reúso**

Se determinará la extensión actual y potencial disponible de tierras regadas con aguas residuales domésticas de la localidad (hectáreas) por actividades (agricultura, silvicultura,

Cuadro 4.11 Características de la PTAR San Juan

Característica	Descripción
Dirección de la planta	Distrito de San Juan de Miraflores
Localidades servidas	Lima
Población servida	351.153
Período de diseño	30 años
Año de construcción	2001
Caudal de diseño	800 L/s
Caudal de operación actual	389 L/s
Tecnología	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento
Sólidos suspendidos afluente	731 mg/L
Sólidos suspendidos efluente	29 mg/L
DBO <sub>5</sub> del afluente	556 mg/L
DBO <sub>5</sub> del efluente	28 mg/L
Coliformes fecales afluente	5,4E+08 NMP/100 mL
Coliformes fecales efluente	4,9E+03 NMP/100 mL
Helmintos afluente	6 huevos/L
Helmintos efluente	0 huevos/L

Cuadro 4.12 Características de la PTAR San Bartolo

Característica	Descripción
Dirección de la planta	Distrito de Lurín
Localidades servidas	Lima
Población servida	57.933
Período de diseño	30 años
Año de construcción	2002
Caudal de diseño	1.700 L/s
Caudal de operación actual	829 L/s
Tecnología	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento
Sólidos suspendidos afluente	782 mg/L
Sólidos suspendidos efluente	32 mg/L
DBO <sub>5</sub> del afluente	515 mg/L
DBO <sub>5</sub> del efluente	39 mg/L
Coliformes fecales afluente	6,3E+08 NMP/100 mL
Coliformes fecales efluente	8,0E+03 NMP/100 mL
Helmintos afluente	60 huevos/L
Helmintos efluente	0 huevos/L

áreas de paisajes, áreas verdes y recreación, etc.), según uso de aguas residuales con tratamiento y sin tratamiento; indicar además, el número de usuarios.

Adicionalmente, las características de los suelos regados con aguas residuales, tipo y caudales de las aguas residuales usadas para el riego, sistemas de riego y características generales del manejo agronómico de los principales cultivos regados con aguas residuales.

Cuando se identifique el riego de campos agrícolas con aguas residuales, será necesario conocer la calidad del agua utilizada y los riesgos de contaminación de los productos generados. Esta información es más relevante cuando no existe tratamiento previo.

➤ **Diagnóstico de la infraestructura de reúso**

En caso que exista un sistema, evalúa la operación del servicio y el estado de la infraestructura analizando: capacidad, estado de conservación, limitaciones para un adecuado funcionamiento, etc.

**Ejemplo:**

En el área de influencia directa del proyecto no se practica el reúso de las aguas residuales domésticas, pero existe gran potencial para el aprovechamiento; debido a que en la zona existe grandes caudales de aguas residuales tratadas que no son utilizados en la actualidad (oferta potencial) y al déficit hídrico para consumo humano y más aun para ser utilizado en el riego de parques, jardines y otras áreas verdes en Lima Metropolitana.

Es importante indicar que en el caso de la PTAR San Juan, parte del efluente tratado es utilizado por los regantes de la zona y el remanente se evacua al mar por la altura de la playa Venecia. En el caso de la PTAR San Bartolo, también hay un reúso de los efluentes tratados y el remanente es descargado al río Lurín sin reutilizarse.

El tipo de riego utilizado en la actualidad es por inundación con el agua transportada por los camiones cisternas, este tipo de riego es ineficiente y es costoso por la poca disponibilidad de agua que se cuenta.

En el tramo del proyecto se cuenta con áreas verdes alrededor de los intercambios viales, puentes, by pass y la berma central que divide las dos vías y el talud auxiliar (tramo by pass Villa El Salvador y puente Conchan) a lado izquierdo de norte a sur de la vía de la Panamericana Sur; la cual es la extensión potencial disponible de áreas a ser regadas con aguas residuales adecuadamente tratadas.

En el cuadro 4.13 se presenta el área de terreno considerada como área verde, en los puentes, intercambios viales y otros, los cuales para el riego utilizan agua de pozo (aguas subterráneas) mediante las cisternas en algunos tramos se utiliza la infraestructura de almacenamiento y distribución mediante tuberías y mangueras.

Cuadro 4.13 Áreas verdes en el sistema vial Panamericana Sur – Tramo puente Alipio Ponce – Intercambio vial puente Pucusana

Puente/ Intercambio	Ubicación/ Tramo	Área total (m <sup>2</sup> )	Cubierta con vegetación (m <sup>2</sup> )	Área a revegetar (m <sup>2</sup> )
Puente Alipio Ponce	13.0	15,363	15,363	
By Pass Villa El Salvador	15.5	27,700	27,700	
Intercambio Vial Puente Huaylas	24.0	30,647	30,647	
Intercambio Vial Puente Conchán	24.0	99,554	87,968	11,586
Puente Mamacona	27.5	3,040		3,040
Puente San Pedro	30.0	12,759	8,867	3,892
Intercambio Vial Puente Arica	35.5	30,410	22,083	8,327
Intercambio Vial Puente Pucusana	57.0	32,750	32,750	
Berma Km 13 a Km 57		280,722	280,722	
Talud en Auxiliar de Panamericana Sur (Tramo By Pass Villa El Salvador a Puente Conchán)		91,950	13,119	78,831
<b>Total</b>		<b>624,895</b>	<b>519,219</b>	<b>105,676</b>
Porcentaje (%)		100%	83%	17%

Fuente: Perfil de EMAPE<sup>24</sup> 2011

El área verde total disponible en el tramo del sistema vial de la Panamericana Sur (ámbito del Proyecto) es de 624.895 km<sup>2</sup> (62.5 ha), la que será irrigada con aguas residuales adecuadamente tratadas.

<sup>24</sup> Estudio de preinversión a nivel de perfil "Instalación de un Sistema de Captación y Conducción de Agua Residual Tratada para Mejorar las Condiciones de Conservación de las Áreas Verdes en la Panamericana Sur km 13 al km 57, Provincia de Lima - Lima".

En la actualidad el tipo de riego es por inundación con el agua transportada por los camiones cisternas, este tipo de riego es ineficiente y es costoso por la poca disponibilidad de agua que se cuenta.

En cuanto a la infraestructura existente y que es utilizada actualmente para el riego de las áreas verdes se tiene cisternas con equipo de bombeo, reservorios de polietileno, tuberías PVC clase 7.5 y mangueras. Esta infraestructura se utilizará con el nuevo sistema de captación y conducción de agua residual tratada previa mejora y/o rehabilitación, es decir, formará parte del sistema de reúso de aguas residuales domésticas. El detalle del inventario de la infraestructura existente y su grado de utilización se presenta en el cuadro 4.14.

Cuadro 4.14 Inventario de la infraestructura existente almacenamiento y sistema de riego

Descripción	Observaciones
Cisterna (C-1) de 100 m <sup>3</sup> con equipo de bombeo en puente Alipio Ponce. (km 13 Panamericana Sur). Utilizada para el riego del área verde del puente Alipio Ponce.	Buen estado de conservación y equipos operativos. En la actualidad se utiliza para el riego de las áreas verdes
Cisterna (C-3) de 100 m <sup>3</sup> con equipo de bombeo en km 15 Panamericana Sur. Utilizada para el riego de áreas verdes de alrededores del By Pass a Villa El Salvador.	Buen estado de conservación y operativos. En la actualidad se utiliza para el riego de las áreas verdes
21 reservorios de polietileno de 10 m <sup>3</sup> de capacidad a lo largo de la Panamericana Sur desde Puente Alipio Ponce hasta el Puente Pucusana.	Buen estado de conservación. En la actualidad no se utiliza por falta de un sistema de alimentación de agua
Aproximadamente 22 km de tubería PVC Clase 7.5 de 63 mm de diámetro.	Hay tramos que deben ser reparados o renovados. En la actualidad no se utiliza por falta de un sistema de alimentación de agua
Aproximadamente 22 km de tubería de PVC Clase 7.5 de 1 ½" de diámetro.	Hay tramos que deben ser reparados o renovados. En la actualidad no se utiliza por falta de un sistema de alimentación de agua
Mangueras de 16 mm con 4 goteros en cada en cada una de las especies sembradas espaciadas entre 8 a 10 m.	La mayor parte de las mangueras debe ser repuesta. En la actualidad no se utiliza

Fuente: Perfil de EMAPE 2011



### **c) Análisis de vulnerabilidad de los componentes del sistema de tratamiento y reúso**

Determina la posibilidad de los sistemas de tratamiento y reúso de sufrir algún daño o pérdidas por el impacto de un peligro identificado en el área de influencia. Este análisis fortalece la sostenibilidad del sistema integrado y contribuye a disminuir costos de inversión del PIP. Por ello se evalúa:

- Exposición de los componentes de tratamiento y reúso: analiza la localización y su cercanía a zonas de riesgo.
- Fragilidad: nivel de resistencia y protección de los componentes frente al impacto de un peligro.
- Resiliencia: nivel de asimilación o la capacidad de recuperación de la población y del servicio frente al impacto de un peligro.

Recaba información existente y referencias históricas de la localidad involucrada, respecto a los puntos más vulnerables de colapso del sistema por sismos, aluviones, huaycos, inundaciones, deslizamientos de tierra y derrumbes.

### **d) Diagnóstico de la gestión del sistema**

Información sobre la gestión de los sistemas de tratamiento y reúso de aguas residuales, aspectos financieros y administrativos, cobro de las cuotas (pueden ser por mes u otro período), procesos de operación y mantenimiento y nivel de participación de la comunidad.

#### **Diagnóstico de la gestión administrativa.**

Describe los aspectos de administración, finanzas, personal, nivel alcanzado de capacitación de los miembros, manejo contable y aspectos institucionales de la organización responsable de la administración de los sistemas de tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas.

#### **Diagnóstico de las actividades de operación y mantenimiento.**

Evalúa la capacidad y actividad de la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento (EPS, JASS, etc.) y sistema de reúso (Junta de usuarios u otro). Analiza los siguientes aspectos:

- Organización del área de operación y mantenimiento.

- Acciones de operación, mantenimiento y mantenimiento preventivo.
- Nivel de capacitación para la operación y mantenimiento.
- Existencia de un manual de operación y mantenimiento.
- Disponibilidad de las herramientas necesarias, stock de repuestos, fondos para la compra de repuestos.

#### **Diagnóstico de los pagos por el servicio de agua para riego.**

Es una descripción de la organización, de su sistema de cobranzas, responsable del registro o catastro de usuarios de aguas residuales tratadas, según lo siguiente:

- Verifica si existe un padrón de usuarios actualizado.
- Indica el sistema de cobranza actual (en efectivo y/o labores colectivas).
- Indica las cuotas por usuarios de actuales de aguas residuales tratadas (por mes, año u otro período) que se cobran por el tratamiento de aguas residuales para reúso.
- Indica el porcentaje de usuarios que pagan por el agua residual tratada.

#### **4.2.1.3 Diagnóstico de los involucrados en el proyecto**

Analiza los grupos sociales que serán beneficiados o perjudicados con el proyecto, así como las entidades que apoyarían la ejecución y posterior operación y mantenimiento. Entre estos grupos tenemos a las organizaciones de regantes, empresas prestadoras de servicios de saneamiento, gobiernos locales, población, entre otras.

Para la viabilidad del proyecto, es fundamental identificar a los actores directos e indirectos, los grupos de interés y su competencia, así como a los afectados. En estos grupos identificados se deberá indagar el grado de conocimiento que tengan acerca del tratamiento y uso de aguas residuales domésticas, para luego evaluar el nivel de aceptación del modelo integrado (OPS/CEPIS, 2002).

La necesidad de conocer el nivel de conocimientos que tienen los diversos actores acerca del tratamiento y uso de aguas residuales, es con el fin de proponer acciones de capacitación y complementación que hagan posible que las personas e instituciones involucradas realicen un adecuado manejo de los procesos.

Es importante tener muy en cuenta, el aspecto cultural de la población, pues el nivel de aceptación<sup>25</sup> del reúso principalmente en la actividad agrícola de las aguas residuales, será un factor determinante para la viabilidad del proyecto, por ello será necesario llevar a cabo un programa de sensibilización acerca de la inocuidad de la utilización aguas residuales tratadas adecuadamente.

De acuerdo al Ing. Julio Moscoso<sup>26</sup>, el desconocimiento y la actitud negativa de la población frente a los proyectos de tratamiento y uso de aguas residuales, se pueden revertir mediante las siguientes acciones:

- Una legislación exigente, pero a la vez realista y promotora;
- Eficiencia en la operación de las plantas de tratamiento, el manejo de los sistemas de reúso y la calidad de los productos;
- Campañas de difusión para informar a la opinión pública sobre las ventajas y riesgos que otorga este uso;
- Educación ambiental a través de los medios de difusión masiva, así como mediante la inclusión del tema en los programas escolares y universitarios.

También será necesario sensibilizar a la comunidad respecto a la necesidad de asumir el costo del tratamiento del agua residual doméstica que se genera, pues las EPS de provincias aún no consideran en las tarifas de los servicios públicos. Con el reúso será necesario concertar la distribución del costo del tratamiento del agua residual doméstica entre quienes la generan y la aprovechan.

A partir del contacto directo con los involucrados (trabajo de campo), precisar sus percepciones sobre el problema, sus expectativas e intereses, así como su participación en el ciclo del proyecto y averiguar la predisposición de los actores a participar en un sistema integrado.

---

<sup>25</sup> Según Julio Moscoso, el rechazo de la población urbana al uso de las aguas residuales muchas se sustenta veces en una actitud psicológica de repulsión a las excretas, temor a las enfermedades transmisibles, a normas de origen religioso, a los malos olores y a la proliferación de zancudos generados por la mala operación de PTAR.

<sup>26</sup> Para mayor detalle ver "Aspectos Institucionales, Económicas y Socioculturales del Uso de las Aguas Residuales".

Se debe realizar una encuesta a la población afectada o potenciales beneficiarios y entrevista a actores claves. La encuesta será diseñada para tratar temas como la percepción de los actores sobre la calidad sanitaria del recurso hídrico, percepción sobre el aprovechamiento de las aguas residuales, usuarios actuales y potenciales, modalidad de abastecimiento de agua actual, consumo de agua y pago por aguas residuales tratadas si existiera, disposición de pago por aguas residuales tratadas para reúso. Además de temas como infraestructura de riego, asistencia técnica, tecnología agrícola, infraestructura, factores institucionales y producción agropecuaria; dependiendo de existencia o falta de datos sobre la zona.

Se debe analizar también las condiciones socioeconómicas, culturales, acceso a servicios básicos, situaciones de riesgo, etc., de la población que será beneficiada con el proyecto y, en general, aquellas variables vinculadas con los factores que condicionan la demanda de los servicios que se intervendrá.

Ejemplo:

Se ha considerado como población afectada a los habitantes que viven en los alrededores del sistema vial Panamericana Sur (franja de 300 m a cada lado), tramo puente Alipio Ponce (km 13) – intercambio vial puente Pucusana (km 57), que abarca a los distritos de San Juan de Miraflores, Villa El Salvador, Lurín, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa María del Mar y Pucusana. La población afectada se calculó multiplicando la extensión del área afectada en km<sup>2</sup> por la densidad poblacional de habitante/km<sup>2</sup> de cada distrito, lo cual asciende en total a 66.174 habitantes.

**Cuadro 4.15 Población afectada**

Distrito	Población
Lurín	2.635
Pucusana	818
Punta Hermosa	159
Punta Negra	121
San Bartolo	183
San Juan de Miraflores	36.077
Santa María del Mar	204
Villa El Salvador	25.977
<b>Total</b>	<b>66.174</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

La Municipalidad Metropolitana de Lima financiará el proyecto y la Empresa Municipal Administradora del Peaje en Lima (EMAPE) se encargará de la ejecución del proyecto y de la operación y mantenimiento del sistema a implementarse.

La Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL) se encarga de la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de San Juan y San Bartolo, sistemas cuyos efluentes tratados serán aprovechados por el Proyecto.

#### **4.2.1.4 Intentos anteriores de solución**

Indica las acciones que se tomaron anteriormente, para solucionar el problema que se pretende intervenir con el proyecto. Indica el grado de éxito o fracaso que se alcanzó y las causas de ello. Si no existen intentos anteriores, indica a qué se puede deber.

#### **4.2.2 Definición del problema, sus causas y efectos**

Se debe definir correctamente la situación negativa que se intenta solucionar (o problema central). Determinar ésta, así como sus causas, es muy importante, porque ello será el punto de partida para identificar las alternativas de solución.

##### **4.2.2.1 Definición del problema central**

El problema central es aquella situación negativa de la gestión del tratamiento con fines de reúso y uso de aguas residuales afecta a un sector de la población. Para definirlo se debe tener en cuenta que el problema deberá ser concreto, es decir, el problema debe ser definido de manera objetiva, de tal forma que se pueda encontrar un conjunto de soluciones o alternativas para aliviarlo.

El problema central debe estar sustentado con información del diagnóstico y no debe ser expresado como la ausencia de una solución, pues así sólo se encontrará una solución aparentemente única.

A manera de ejemplo, se presenta a continuación algunos problemas centrales correctamente formulados en proyectos de sistemas integrados.

- Insuficiente disponibilidad de agua para riego de áreas verdes urbanos en el distrito de Comas.
- Limitada cantidad de áreas verdes en el sistema vial Panamericana Sur tramo puente Alipio Ponce - puente Pucusana en la provincia de Lima.
- Deterioro de los espacios verdes urbanos debido a la escasa disponibilidad de agua para el riego de mantenimiento.
- Alto costo por el consumo de agua potable para el riego de las áreas verdes del distrito Callao.
- Contaminación del río Mala por la descarga de aguas residuales crudas en la localidad de San Antonio.

#### **4.2.2.2 Análisis de causas**

Una vez definido el problema central debemos preguntarnos, ¿por qué ocurre este problema? y ¿cuáles son las causas que lo producen?

Para encontrar las causas del problema lo más recomendable es realizar un listado sobre la base del diagnóstico elaborado, lo más extenso posible, de todo aquello que consideremos que puede estar causando el problema que se ha identificado. La técnica utilizada en este proceso es conocida como lluvia de ideas.

Posteriormente se presenta un consolidado de las causas sustentadas con evidencias que están en el diagnóstico. Es necesario seleccionar sólo aquellas causas relevantes que realmente tienen relación o explican el problema, ya sea de manera directa (causas directas<sup>27</sup>) o de manera indirecta (causas indirectas<sup>28</sup>).

---

<sup>27</sup> Son aquellas que se relacionan directamente con el Problema Central.

<sup>28</sup> Son aquellas que actúan sobre el Problema Central, a través de otra causa.

Una vez agrupadas y clasificadas las causas de acuerdo a su relación con el problema central, las cuales afectan de manera directa e indirecta, se debe construir el árbol de causas; que es una herramienta que nos permite ordenar de manera esquematizada y jerarquizada las causas de un problema.

#### **4.2.2.3 Análisis de efectos**

Para encontrar los efectos del problema se recomienda seguir el mismo procedimiento utilizado para las causas, es decir, realizar una lluvia de ideas y construir un árbol de efectos.

Responde a la pregunta ¿qué consecuencias genera el problema?

Al igual que en las causas, luego de la depuración y de la agrupación, será necesario separar los efectos directos de los efectos indirectos. Los efectos deben estar sustentados con evidencias que están en el diagnóstico.

La identificación de los efectos permite tener claro cuáles van a ser los resultados y los beneficios del problema a resolver.

Para el caso específico del árbol de efectos, será necesario cerrar el árbol con un efecto final, es decir, el efecto que se espera a mediano o largo plazo, producto de la no solución del problema. Una vez clasificados los efectos en directos e indirectos, debemos elaborar el árbol de efectos.

Estas relaciones de causa y efecto se deben visualizar en un diagrama denominado Árbol de Causas y Efectos o Árbol de Problemas.

**Ejemplo:**

Desde el punto de vista ambiental el problema ha sido definido como: “Limitada cantidad de áreas verdes en el sistema vial Panamericana Sur tramo puente Alipio Ponce – Puente Pucusana en la provincia de Lima”, por la insuficiente cantidad y uso inadecuado del recurso hídrico para regar las áreas verdes; así como el no aprovechamiento de la capacidad instalada

de la infraestructura de almacenamiento de agua y del sistema de riego; como personal y de gestión de EMAPE.

Esta situación no permite disminuir la contaminación ambiental y las enfermedades de origen respiratorio de las familias alrededor del ámbito del sistema vial, lo que lleva consigo a un deterioro de la calidad de vida de la población.

Las causas directas son:

- a) Insuficiente disponibilidad de agua para riego de áreas verdes
- b) Inadecuada operación y mantenimiento de la infraestructura de riego

Las causas indirectas son:

- a) Desaprovechamiento de la capacidad instalada de almacenamiento e infraestructura de riego
- b) Inadecuado sistema de riego de áreas verdes (riego por inundación con agua de camión cisterna)
- c) Ausencia de infraestructura para aprovechar el agua residual tratada en las PTAR de SEDAPAL
- d) Bajo nivel de calificación del personal operativo

Los efectos directos que traen consigo dichas situaciones son los siguientes:

- a) Limitados espacios de amortiguamiento ante los problemas de contaminación
- b) Incremento de los gastos de mantenimiento de las áreas verdes

Los efectos indirectos son:

- a) Incremento de la contaminación ambiental
- b) Limitado mantenimiento del ornato y el paisaje

Finalmente, se establece como efecto final que contribución al deterioro de la calidad de vida de la población del ámbito del Proyecto.

El árbol de causas y efectos para el caso desarrollado, es lo mostrado en la figura 13.



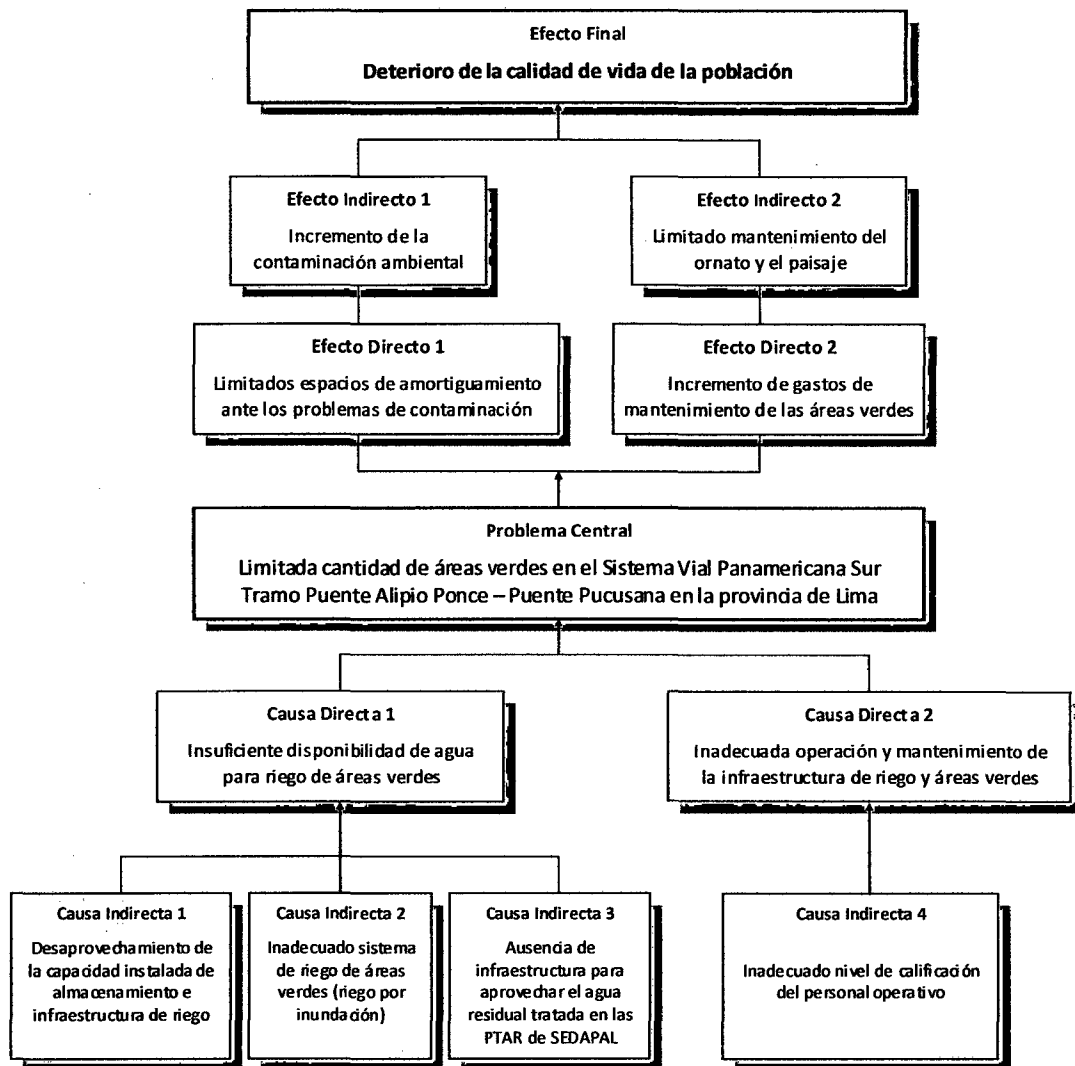


Figura 13. Árbol de causas y efectos del caso EMAPE

### 4.2.3 Objetivo del proyecto

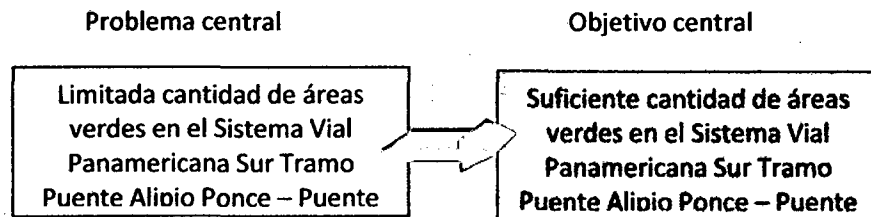
Se describe el objetivo central o propósito del proyecto, así como los objetivos específicos o medios, los cuales deben reflejar los cambios que se espera lograr con la intervención. Se incluirá el árbol de medios-objetivo-fines.

#### 4.2.3.1 Definición del objetivo central

El Objetivo Central es lo que el proyecto de inversión pretende lograr al finalizar su ejecución

y puesta en operación, describe la situación que existirá después de solucionar el problema central.

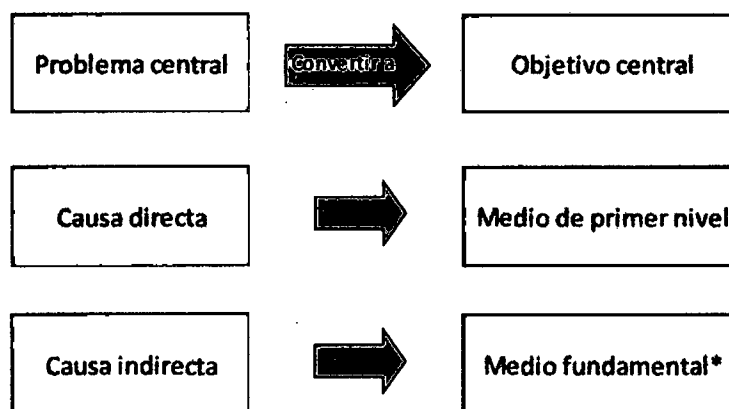
El Objetivo es único, medible y realizable. En forma práctica, se establece convirtiendo en forma positiva el problema central.



#### 4.2.3.2 Análisis de medios del proyecto

Los medios para alcanzar el objetivo central serán aquellos orientados a enfrentar las causas del problema. La manera más sencilla de definir los medios es reemplazando las Causas por actividades que permitan solucionarlas.

Las causas indirectas de este árbol son particularmente importantes, pues su solución permitirá resolver el problema. Es por ello que reciben el nombre de medios fundamentales.

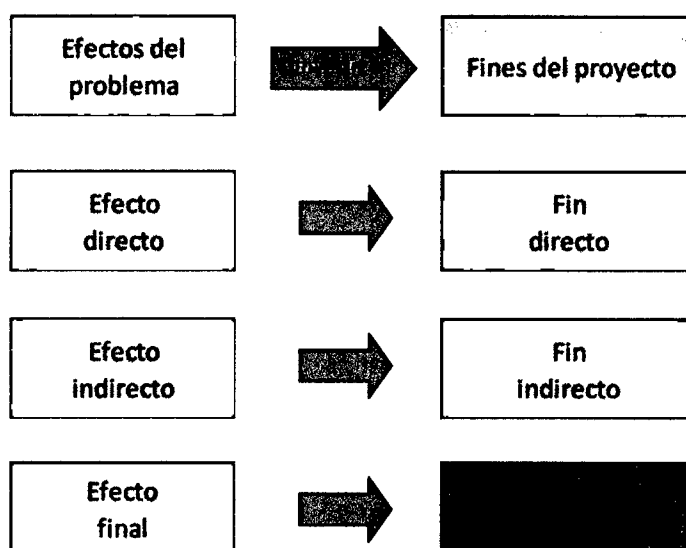


\* Solo las causas indirectas de último nivel, no todas las causas indirectas.

### 4.2.3.3 Análisis de fines del proyecto

El logro del objetivo del proyecto de inversión genera consecuencias positivas para la población beneficiada, a las cuales se les denomina los Fines del proyecto.

La manera más sencilla de definir los fines del proyecto es a través de la identificación de los cambios deseados tras la Solución del Problema. En otras palabras, los fines que el proyecto alcanzará están relacionados con la reversión de los efectos del problema.



El fin último es un objetivo de desarrollo, a cuyo logro contribuye el proyecto. A continuación se muestra el árbol de fines, elaborado sobre la base de los efectos del problema.

Finalmente se elabora el Árbol de Objetivos, que también es conocido como el Árbol de Medios-Fines; a partir de la unión del Árbol de Medios con el Árbol de Fines.

Ejemplo:

El objetivo central es garantizar “Suficiente cantidad de áreas verdes en el Sistema Vial Panamericana Sur Tramo Puente Alipio Ponce – Puente Pucusana, provincia de Lima”, para lograr este objetivo se requieren de los siguientes objetivos específicos, cuyos medios y fines se detallan a continuación:

**Medios de primer nivel:**

- a) Suficiente disponibilidad de agua para riego de áreas verdes
- b) Adecuada operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y áreas verdes

**Medios fundamentales:**

- a) Aprovechamiento de la capacidad instalada de almacenamiento e infraestructura de riego.
- b) Adecuado sistema de riego de áreas verdes (riego tecnificado por aspersión y goteo)
- c) Existencia de infraestructura para aprovechar el agua residual tratada en las PTAR de SEDAPAL.
- d) Adecuado nivel de calificación del personal operativo.

**Fines directos:**

- a) Adecuados espacios de amortiguamiento ante los problemas de contaminación.
- b) Disminución de los gastos de mantenimiento de áreas verdes.

**Fines indirectos:**

- a) Disminución de la contaminación ambiental
- b) Mejora del mantenimiento del ornato y el paisaje

Finalmente se tiene como fin último, contribuye a la mejora de la calidad de vida de la población del ámbito del Proyecto.

#### **4.2.4 Alternativas de solución**

##### **4.2.4.1 Análisis de la interrelación de los medios fundamentales**

Los medios fundamentales pueden ser imprescindibles o prescindibles. Un medio fundamental es imprescindible cuando constituye el eje de la solución del problema identificado y es necesario que se lleve a cabo al menos una acción para alcanzarlo; y si se pueden dejarse de lado serán prescindibles.

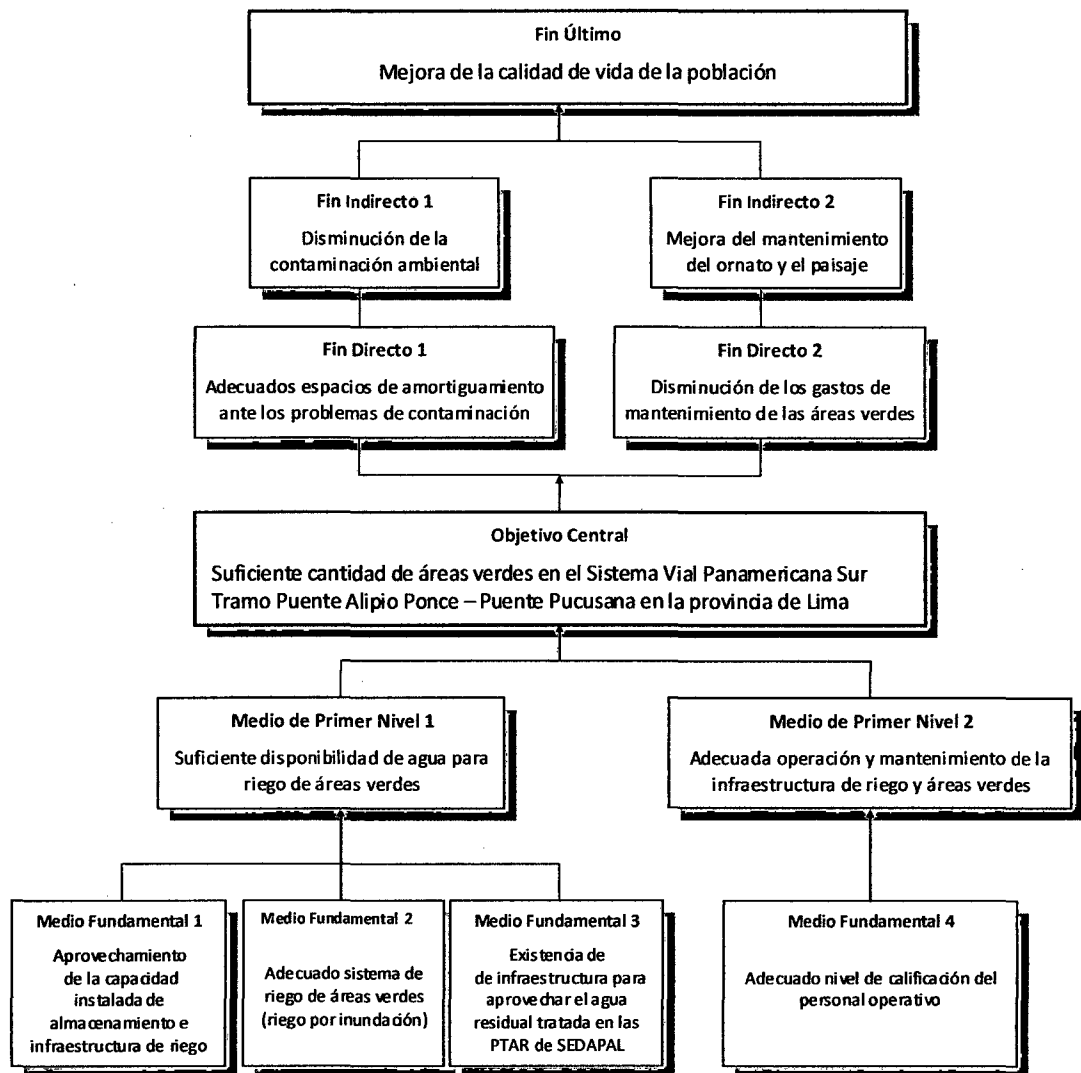


Figura 14. Árbol de objetivos del caso EMAPE

Según su relación entre sí, los medios fundamentales se clasifican en:

- Mutuamente excluyentes. No pueden ser llevados a cabo al mismo tiempo.
- Complementarios. Resulta más conveniente llevarlos a cabo conjuntamente, ya sea porque se logran mejores resultados o porque se ahorran costos.
- Independientes. No se interrelacionan con otros medios.

#### 4.2.4.2 Identificación de acciones

Se procede a plantear las acciones para alcanzar cada uno de los medios fundamentales, las cuales tienen que ser posibles de realizar y deben ser factibles de llevarse a cabo con las capacidades físicas, técnicas y operativas disponibles. Así mismo, deben mostrar relación con el objetivo central y estar dentro de los límites de acción de la institución ejecutora.

La posibilidad de contar con distintas alternativas de solución dependerá de cuán exhaustiva es la búsqueda de acciones. La pregunta clave es ¿qué se puede hacer para lograr el medio?.

#### **4.2.4.3 Análisis de la interrelación entre las acciones**

De manera análoga al análisis de la relación entre los medios fundamentales, se efectuará el análisis de la relación entre las acciones identificadas, para determinar si son mutuamente excluyentes, complementarias o independientes.

#### **4.2.4.4 Planteamiento de las alternativas de solución o los proyectos alternativos**

A partir de las acciones que se definan se puede plantear varias alternativas de solución para el problema. Es decir, las alternativas de solución son las diversas agrupaciones que podamos hacer de las acciones planteadas de manera tal que podamos dar solución al problema.

Las alternativas tienen que ser técnicamente posibles, pertinentes y comparables entre sí; por ello, las acciones que se planteen tienen que ser posibles de implementar y apropiadas para lograr el medio fundamental. Para ello, la formulación de alternativas tendrá las siguientes consideraciones:

- Opciones tecnológicas, que sean comparables entre sí, es decir, que tengan los mismos beneficios, además de usar materiales apropiados para la zona y que sean de fácil operación y mantenimiento.
- La localización de la infraestructura, no debe realizarse en zonas vulnerables, debiendo considerarse que existan áreas disponibles de terrenos para ejecutar las obras con el saneamiento físico-legal correspondiente.
- Sociocultural, que no generen conflictos de intereses y que tomen en cuenta los hábitos y costumbres de la población.

- Ambiental, que los impactos ambientales negativos sean mínimos.

Ejemplo:

En el ejemplo seguido se considerará que todos los medios fundamentales planteados son imprescindibles, para los cuales se ha planteado las siguientes acciones.

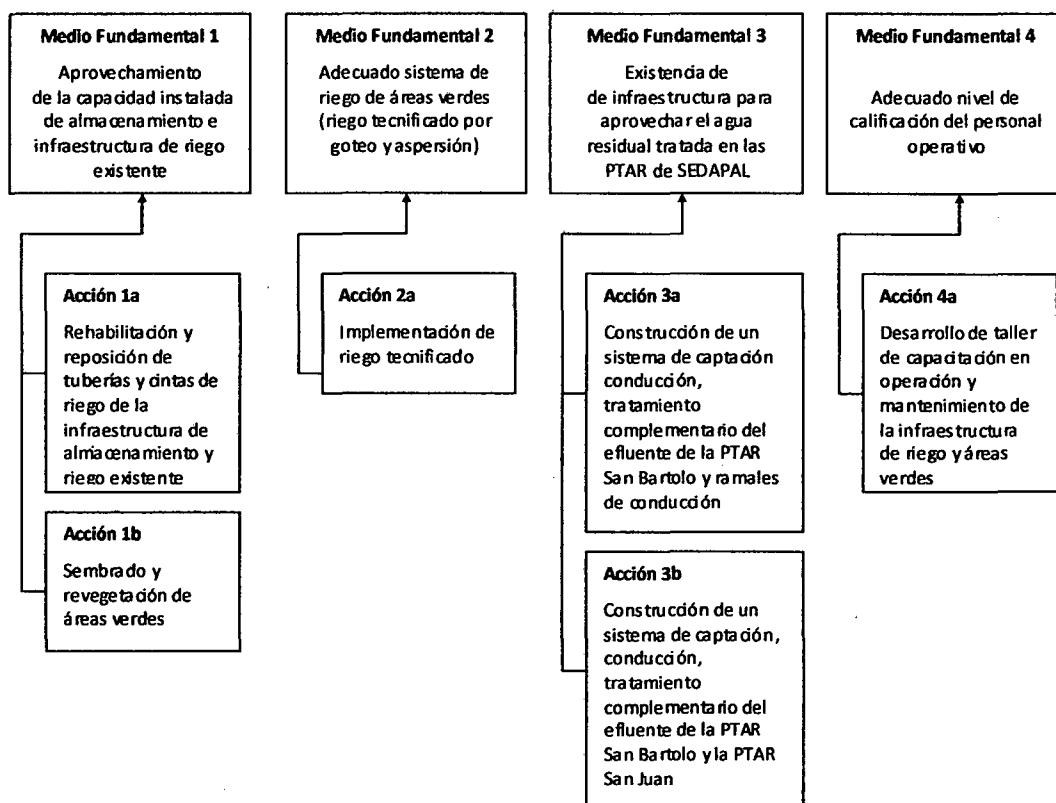


Figura 15. Identificación de acciones para los medios fundamentales

Las acciones 3a y 3b son mutuamente excluyentes y las acciones 1a y 1b y 4a son complementarias.

Del análisis de los medios fundamentales se han definido las alternativas de solución, considerando las diferentes opciones de fuentes de agua producidas en el sistema de tratamiento de aguas residuales de SEDAPAL afín de captar y conducir dicho efluente a la infraestructura de almacenamiento y de riego de las áreas verdes del sistema vial

Panamericana Sur (km 13 al km 57) y de esa forma solucionar el problema central en forma integral.

Del análisis de las investigaciones de campo efectuadas por el consultor y la factibilidad de servicio de SEDAPAL, se considera que las acciones a plantearse son factibles de llevarse a cabo teniendo en consideración las capacidades técnicas y operativas de EMAPE. Las alternativas planteadas de solución son las siguientes:

a) La alternativa 1 está conformada por las acciones: 1a + 1b+ 2a + 3a + 4a

b) La alternativa 2 está conformada por las acciones: 1a + 1b+ 2a +3b + 4a; es decir, las alternativas de solución contemplan lo siguiente:

#### Alternativa 1:

La fuente de agua será la planta de tratamiento de aguas residuales de San Bartolo (PTAR San Bartolo). Esta alternativa contempla rehabilitación y reposición de tuberías y cintas de riego de la infraestructura de almacenamiento y riego existente, implementación de riego tecnificado, construcción de un sistema de captación, conducción, tratamiento complementario del efluente de la PTAR San Bartolo y ramales de conducción, sembrado y revegetación de áreas verdes, y desarrollo de taller de capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y áreas verdes.

#### Alternativa 2:

Las fuentes de agua serán, la planta de tratamiento de aguas residuales de San Bartolo (PTAR San Bartolo), que se captará de las unidades de sedimentación y la planta de tratamiento de aguas residuales de San Juan (PTAR San Juan).

Esta alternativa contempla rehabilitación y reposición de tuberías y cintas de riego de la infraestructura de almacenamiento y riego existente, implementación de riego tecnificado, construcción de un sistema de captación, conducción, tratamiento complementario del efluente de la PTAR San Bartolo y la PTAR San Juan, sembrado y revegetación de áreas verdes, y desarrollo de taller de capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y áreas verdes.



En el Módulo de Formulación, se realiza una descripción técnica de las alternativas, luego de analizar la demanda y oferta del servicio.

### **4.3 FORMULACIÓN**

Organiza y procesa al detalle la información de cada alternativa del proyecto. Esta información constituye el punto de partida para que puedas evaluar y seleccionar la mejor solución al problema del tratamiento y uso de aguas residuales domésticas existente.

#### **4.3.1 Horizonte de evaluación**

Considerando la normatividad del SNIP, el horizonte de evaluación con el que se trabajarán los proyectos de reúso comprende el período de ejecución más un período máximo de diez (10) años de generación de beneficios. Dicho horizonte debe definirse en el perfil y mantenerse durante todas las fases del ciclo del proyecto.

El período de ejecución (período “cero”) puede tomar más de un año. Asimismo, pueden haber traslapes entre el período de ejecución y el de generación de beneficios, sigue siendo 10 años. En este caso, considera los beneficios que se generen a partir de los componentes ya culminados.

Si el proyectista o formulador decidiera optar por un horizonte de evaluación mayor o menor, lo deberá sustentar técnicamente.

#### **4.3.2 Análisis de la demanda**

Para proyectos de reúso de aguas residuales domésticas el análisis de la demanda estará referido al servicio de aguas residuales para fines de reúso. Por lo tanto, la demanda estará referido a los requerimientos de aguas residuales domésticas tratadas para sus distintos usos propuestos; ya sea para riego agrícola, riego de parques y jardines, uso forestal, acuicultura, etc. Los requerimientos de aguas residuales domésticas se dan en cantidad y calidad.

En reúso de aguas residuales tratadas, en agricultura o riego de áreas verdes, la demanda está determinada por los siguientes aspectos, en orden de prioridad:

- a) El área disponible para el reúso: La disponibilidad de área para reúso y la distancia a la PTAR, es un criterio básico. Otro aspecto a tomar en cuenta es la disponibilidad de terreno para instalación de toda la infraestructura necesaria, como el sistema de tratamiento y el sistema reúso de aguas residuales.
- b) Los rangos permisibles para reúso de las aguas residuales tratadas por especie vegetal y/o animal: Estos rangos son de vital importancia para poder definir (entre otros criterios); el tipo de reúso a aplicarse. Este criterio servirá para definir la demanda cualitativa.
- c) Las necesidades hídricas de la planta: Las plantas tienen diferentes necesidades hídricas, según su especie y su etapa de desarrollo. Sin embargo, se pueden estandarizar en base a un valor ponderado llamado coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), es un parámetro adimensional que nos da una referencia sobre las necesidades hídricas de las plantas.
- d) Las condiciones climatológicas en el área de reúso: Es importante conocer los rangos de temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento y la evapotranspiración potencial, para poder conocer el comportamiento del balance hídrico del área de reúso.

Para poder cuantificar el requerimiento hídrico, se necesita cuantificar los diversos procesos que participan en el balance hídrico. En un balance hídrico existen procesos que adicionan agua al entorno y otros que los extraen.

Entre los procesos que adicionan agua al entorno tenemos la precipitación (pluvial principalmente), que constituye un aporte considerable en regiones de altas precipitaciones, mientras que en las zonas áridas su aporte es mínimo. Otro proceso

que aporta agua al entorno, es la capilaridad, pero en menor medida que el proceso anterior.

Entre los procesos que extraen agua del entorno, se tiene cuando las plantas eliminan el agua que absorben en el riego por medio del proceso llamado transpiración. Este proceso está muy interrelacionado con otro proceso llamado evaporación, tan en así que lo más práctico ha sido juntarlos en un solo proceso llamado evapotranspiración. Este proceso depende tanto de los factores climáticos, como de los factores del suelo y tipo de planta. Otras formas de pérdidas de agua en el riego se producen por medio de la infiltración y/o escorrentía, que dependen de las características del suelo.

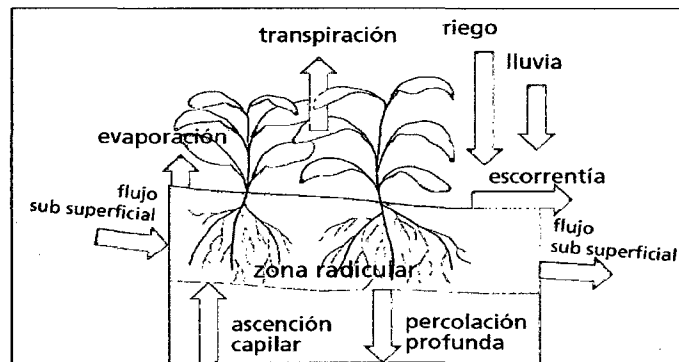


Figura 16. Balance hídrico  
Fuente: Manual 56 FAO

- e) El tipo de suelo en el área de reúso: El suelo para fines de riego, es como un reservorio, en el cual es necesario saber sus características principales, que permitan definir su capacidad de almacenamiento y retención de la humedad, que a su vez permita cubrir las necesidades hídricas de las plantas.

#### 4.3.2.1 Tipo de reúso y/o cédula de cultivo

De acuerdo a la información y análisis del diagnóstico y potencial del uso de aguas residuales domésticas que se realizó, se plantea el tipo(s) de reúso para el proyecto.

En función de los aspectos descritos líneas arriba, se propone la cédula de cultivo para el proyecto; especificando los cultivos y determinando las áreas parciales para cada cultivo. Los

cultivos se seleccionan, en función a su adaptación a las condiciones climáticas y edafológicas de la zona, y para los cultivos agrícolas también por su mejor rentabilidad local.

A modo de ejemplo, se presenta lo siguiente:

De acuerdo al diagnóstico, las áreas verdes con vegetación en el ámbito del Proyecto es de alrededor de 519.219 m<sup>2</sup> y las áreas que necesitan sembrado o revegetación es de 105.676 m<sup>2</sup>. En tal sentido el área total que requiere ser regado en condiciones adecuadas y con un uso óptimo de los recursos hídricos es de 624,895 m<sup>2</sup> (62,49 ha), el cual será la extensión de áreas verdes a regar en la situación con Proyecto, manteniéndose constante a lo largo del horizonte de evaluación.

Cuadro 4.16 Áreas verdes con vegetación y a revegetar en el área de influencia del proyecto

Puente/ Intercambio	Ubicación/ Tramo	Cubierta con vegetación (m <sup>2</sup> )	Área a revegetar (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )
Puente Alipio Ponce	km 13,0	15.363		15.363
By Pass Villa El Salvador	km 15,5	27.700		27.700
Intercambio Vial Puente Huaylas	km 24,0	30.647		30.647
Intercambio Vial Puente Conchán	km 24,1	87.968	11.586	99.554
Puente Mamacona	km 27,5		3.040	3.040
Puente San Pedro	km 30,0	8.867	3.892	12.759
Intercambio Vial Puente Arica	km 35,5	22.083	8.327	30.410
Intercambio Vial Puente Pucusana	km 57,0	32.750		32.750
Berma km 13 a km 57		280.722		280.722
Talud en Auxiliar de Panamericana Sur (Tramo By Pass Villa El Salvador a Puente Conchán)		13.119	78.831	91.950
<b>Total</b>		<b>519.219</b>	<b>105.676</b>	<b>624.895</b>

Fuente: Elaboración propia

Debido a que en las áreas verdes del sistema vial Panamericana Sur – Tramo del Proyecto, predomina plantaciones de gras (50%), palmera de abanico (25%) y eucalipto (25%); las plantaciones que se realice serán las mismas. En el cuadro 4.17, se observa las extensiones de cada especie en las áreas verdes total en la situación con Proyecto, además, clasifica en hectáreas mejoradas e incorporadas.

Cuadro 4.17 Áreas mejoradas e incorporadas en la situación con proyecto

Cultivo	Hectáreas		
	Mejoradas	Incorporadas	Total
Césped (Turf grass)	25,68	5,20	30,88
Palmeras	13,50	2,76	16,26
Eucalipto	12,74	2,61	15,35
<b>Área Total</b>	<b>51,92</b>	<b>10,57</b>	<b>62,49</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2.2 Demanda de aguas residuales domésticas en cantidad

La demanda de aguas en cantidad la define la necesidad de aguas residuales domésticas tratadas de los usos propuestos. Para el cálculo de la cantidad demandada de agua para riego, ya sea para reúso agrícola, en áreas verdes o en forestación; se sigue la metodología siguiente:

##### 1. Determinación de la evapotranspiración potencial (Eto)

La evapotranspiración potencial (Eto), es la cantidad de agua consumida, durante un determinado período de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

La evapotranspiración es un término que cuantifica la pérdida de agua que tiene un cultivo de referencia (pasto tipo césped) por medio de los procesos de evaporación y transpiración combinados. Se expresa en mm/día o mm/mes y tiene diferentes métodos de medición, tanto métodos directos (Tanque Tipo A) como indirectos (Penman-Monteith).

Para el cálculo empírico de la Eto, se requerirán los datos climatológicos más cercanos al área de reúso, que se pueden obtener del SENAMHI o de páginas climatológicas como CLIMWAT de la FAO, que trabaja con bases de datos de las estaciones meteorológicas de

cada país. Los datos climatológicos básicos a recopilar son: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (%), velocidad y dirección del viento (km/día) y precipitación efectiva (mm/mes).

En base a estos datos (que deben ser por mes), se pueden aplicar diversas fórmulas para determinar la ETo, donde la más utilizada por la FAO es la fórmula modificada de Penman-Monteith, pero aparte hay otras fórmulas como la de Hargreaves, que se recomienda en zonas de altitud. Para fines prácticos la base de datos del CLIMWAT de la FAO, dispone información media de la ETP de varias localidades del mundo, sobre la cual nos respaldamos.

## **2. Determinación del coeficiente de cultivo ( $K_c$ )**

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) es un parámetro adimensional que nos permite conocer las necesidades hídricas de las plantas y depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie y expresa la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo en las distintas etapas del período vegetativo. No se expresa en unidades.

Estos valores ya están predeterminados por cada especie vegetal, basados en la comparación de cada una de las mismas con el cultivo de referencia (pasto tipo césped), al cual se le da el valor de  $K_c$  de 1.

Los valores de  $K_c$ , pueden ser calendarizados a lo largo del período crecimiento y desarrollo de la especie vegetal, para lo que además, es necesario conocer los siguientes parámetros:

- Definir el período vegetativo de la(s) especie(s) vegetal(es) elegida(s).
- Definir las etapas fenológicas de la(s) especie(s) vegetal(es) elegida(s).
- Definir el calendario siembra o plantación.
- Definir el  $K_c$  ponderado (en caso de grupos de plantas)

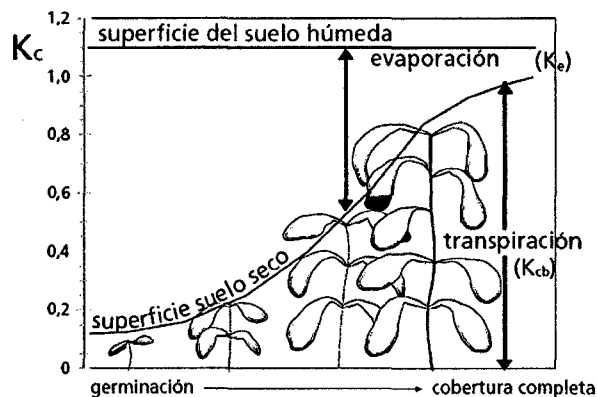


Figura 17. Evolución del Kc durante la fase de desarrollo de la planta  
Fuente: Manual 56 FAO

### 3. Áreas parciales de cultivo (A)

Se introduce las áreas parciales para cada cultivo que fueron determinados. Se expresa en hectáreas (ha)

### 4. Determinación del factor Kc ponderado (Kc pon.)

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Kc \text{ pon} = \frac{\sum (A \times Kc)}{\sum A}$$

Donde:

A = Área parcial de cultivo

Kc = coeficiente de cultivo

### 5. Determinación de la evapotranspiración real del cultivo

Evapotranspiración real del cultivo o uso consuntivo (ETc o UC), es el consumo real de agua por el cultivo. Este valor considera un consumo diferenciado de agua según el estado de desarrollo de la planta. Se expresa en mm/día.

Con los valores mensuales de la evapotranspiración potencial (Eto) y los valores mensuales del Kc de la especie vegetal o del Kc ponderado (en caso de grupos de plantas), se puede definir los valores mensuales de la UC, con la siguiente fórmula:

$$UC = Eto \times Kc$$

Donde:

UC = Evapotranspiración real del cultivo

Eto = evapotranspiración potencial

Kc = coeficiente de cultivo

#### 6. Determinación de la precipitación efectiva (P. Efec.)

La precipitación efectiva es la cantidad de agua, del total de precipitación, que aprovecha la planta para cubrir sus necesidades parcial o totalmente. Se expresa en mm.

#### 7. Requerimiento de agua (Req)

Es la lámina adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo para que supla sus necesidades. Está expresada como la diferencia entre el uso consuntivo y la precipitación efectiva. Se expresa en mm y se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Req = UC - P. Efec$$

Donde:

Req = Requerimiento de agua

UC = Evapotranspiración real del cultivo

P. Efec = Precipitación efectiva

#### 8. Requerimiento volumétrico neto de agua (Req. Vol. Neto)

Es el volumen de agua que requiere una hectárea de cultivo. Se expresa en m<sup>3</sup>/ha/mes. Se calcula multiplicando por 10 al requerimiento de agua (Req), como se muestra:



$$\text{Req. Vol. Neto} = \text{Req (mm)} \times 10$$

### 9. Eficiencia de riego del proyecto (Ef. Riego)

Este factor indica cuan eficientemente se está aprovechando el agua. El riego tiene el propósito de adicionar al suelo el agua suficiente para que la planta tenga un adecuado crecimiento. Esta práctica es eficiente si se adoptan las siguientes medidas básicas:

- ✓ Aplicar la cantidad de agua de acuerdo a los requerimientos hídricos de la planta
- ✓ Regar con la calidad de agua mínima permisible, según el tipo de planta.

Se utilizan diferentes métodos de riego, entre ellos el de mayor uso se tiene al riego por gravedad tanto por surcos como por melgas. Los métodos de riego por gravedad son los que utilizan mayor cantidad de agua, y son los menos eficientes. La relación de tipos de riego y su grado de eficiencia en parcela se muestran a continuación:

Cuadro 4.18  
Eficiencia parcelaria (Ep), según el tipo de riego

Método de riego		Eficiencia
Gravedad	Surcos	30% hasta 60%
	Melgas	
	Otros	
Presurizado	Aspersión	75% a 80%
	Goteo	90% a 95%
	Nebulización	
	Otros	

Fuente: Universidad Nacional Agraria de La Molina

Estas eficiencias de riego son a nivel parcelario, pero aparte hay que tomar en cuenta las eficiencias de riego siguientes, sea cual fuese el método de riego:

- Eficiencia de captación (Ec) del agua (bocatomas, bombeo.)

- Eficiencia de almacenamiento (Ea) del agua (reservorios)
- Eficiencia de conducción y distribución (Ed) del agua (canal, tubería.)

Todas estas eficiencias, junto a la eficiencia parcelaria, nos darán una eficiencia total de uso del recurso hídrico. La fórmula para la eficiencia de riego total (Et) es:

$$Et = Ec \times Ea \times Ed \times Ep$$

Los criterios de elección del método de riego, dependen de los siguientes factores:

- ✓ Características agronómicas o forestales (distanciamiento entre plantas, tipo de crecimiento de la planta, etc.).
- ✓ Características del suelo (capacidad de infiltración, profundidad).
- ✓ Características topográficas del área de reuso (pendiente, relieve).
- ✓ Calidad y cantidad del recurso hídrico

Como datos generales se puede mencionar por cada método de riego, lo siguiente:

- ❖ El riego por gravedad tiene como ventaja que depende de la gravedad para poder movilizar el agua de la cabecera de parcela hacia el final de la melga o surco, por lo que no requiere de tecnología adicional para el impulso del agua. Como desventaja tiene sus bajas eficiencias de uso del agua, porque gran parte se infiltra en el suelo en su trayecto.
- ❖ Sin embargo, los métodos de riego por gravedad pueden mejorar su eficiencia total de riego, mejorando su eficiencia de conducción y distribución, como en los métodos de riego por sifones, por pulsos, californiano, etc.
- ❖ Los métodos de riego presurizado, requiere de un sistema de bombeo y/o de conducción del agua para evitar pérdidas en su conducción, distribución y aplicación. Su ventaja principal radica en el ahorro de agua por su eficiente conducción y aplicación, pero tiene como desventaja su costo inicial de instalación, que sólo ameritaría su aplicación para proyectos rentables económicamente (agroexportación).

- ❖ Dentro de los sistemas de riego presurizado, tenemos como los más difundidos al riego por aspersión y el riego por goteo. El primero más recomendable en zonas de topografía irregular y de velocidades de viento bajas; y el segundo para regar en zonas de suelos poco retentivos (arenosos) y de topografía plana y regular.

Una vez definido el método de riego adecuado para el área de reúso, se podrá tomar su respectivo valor de eficiencia de riego, para el cálculo de la demanda cuantitativa. Este valor es a nivel porcentual y varía según la tecnología de riego.

#### **10. Requerimiento volumétrico bruto del agua (Req. Vol. Bruto)**

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Req. Vol. Bruto} = \frac{\text{Req. Vol. Neto}}{\text{Ef. Riego del Proyecto}}$$

#### **11. Número de horas de riego (N° horas riego)**

Es el tiempo de riego efectivo en el que se podrá utilizar el sistema. Se expresa en horas.

#### **12. Módulo de riego (MR)**

Es el caudal continuo de agua que requiere una hectárea de cultivo. Se expresa en L/s.

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{MR} = \frac{\text{Req. Vol. Bruto} \times 1000}{(\text{N}^\circ \text{ días/mes}) \times (\text{N}^\circ \text{ horas de riego/día}) \times 3600}$$

#### **13. Área total de la parcela (Área total)**

Es la cantidad de terreno a irrigar con el proyecto.

#### **14. Caudal disponible a la demanda (Q dem)**

Es el caudal requerido por el sistema, de manera tal que se atiende a todos los usuarios.

Se expresa en L/s.

$$Q_{dem} = \text{Área total} \times MR$$

Ejemplo:

Según la información sobre clima del área de influencia directa del proyecto se ha determinado la evapotranspiración potencial mensual como se muestra en el cuadro 4.19.

**Cuadro 4.19 Evapotranspiración potencial para la zona del proyecto**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/mes)	124	117,6	120,9	105	74,4	51	55,8	58,9	63	80,6	96	108,5

Los valores del factor o coeficiente de cultivo (Kc), que es un parámetro adimensional y predeterminados por cada especie vegetal, se muestran en el cuadro 4.20.

**Cuadro 4.20 Valores de los coeficientes de cultivo (Kc) por especie**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Césped	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Palmeras	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Eucalipto	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

La precipitación fluvial en la zona del proyecto es casi nula, pues recibe alrededor de 25 mm por año, razón por la cual la precipitación efectiva (P. Efec.) se considera 0,0 mm/mes, para efectos de cálculo en el proyecto.

El sistema de riego por aplicar en la situación con proyecto, es riego por tecnificado por goteo con una eficiencia total de riego del 90%. Número de horas de riego se considerará de 24 horas.

En función a la cédula de cultivo para el proyecto, la extensión de total la misma de 62,49 ha de áreas verdes, los datos y parámetros obtenidos y/ calculados, se determina el consumo y el volumen promedio mensual necesario de agua para el riego de las áreas verdes (plantaciones de vegetales de tallo alto o tallo bajo).

En el cuadro 4.21 se presenta los detalles de los requerimientos de volumen mensual de agua para riego por especie de cultivo.

Cuadro 4.21  
Demanda hídrica por cultivo (cantidad)

**Césped**

Variable	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/mes	124,0	117,6	120,9	105,0	74,4	51,0	55,8	58,9	63,0	80,6	96,0	108,5
Kc	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A	ha	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88	30,88
Kc pon		0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494	0,494
UC	mm/día	61,28	58,11	59,74	51,89	36,77	25,2	27,57	29,11	31,13	39,83	47,44	53,62
P. Efec.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Req.	mm	61,28	58,11	59,74	51,89	36,77	25,20	27,57	29,11	31,13	39,83	47,44	53,62
Req. Vol. Neto	m3/ha	612,76	581,13	597,44	518,87	367,65	252,02	275,74	291,06	311,32	398,29	474,39	536,16
Ef. Riego	-	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Req. Vol. Bruto	m3/ha	680,84	645,70	663,82	576,52	408,50	280,02	306,38	323,40	345,91	442,55	527,10	595,74
N° horas riego	h	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MR	L/s	0,254	0,267	0,248	0,215	0,153	0,105	0,114	0,121	0,129	0,165	0,203	0,222
Área total	ha	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49
Q dem	L/s	15,885	16,679	15,488	13,451	9,531	6,533	7,148	7,545	8,070	10,325	12,708	13,899

**Palmeras**

Variable	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/mes	124,0	117,6	120,9	105,0	74,4	51,0	55,8	58,9	63,0	80,6	96,0	108,5
Kc	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
A	ha	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26	16,26
Kc pon		0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247	0,247
UC	mm/día	30,65	29,07	29,89	25,96	18,39	12,61	13,79	14,56	15,57	19,92	23,73	26,82
P. Efec.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Req.	mm	30,65	29,07	29,89	25,96	18,39	12,61	13,79	14,56	15,57	19,92	23,73	26,82
Req. Vol. Neto	m3/ha	306,52	290,70	298,85	259,55	183,91	126,07	137,93	145,60	155,73	199,24	237,30	268,20
Ef. Riego	-	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Req. Vol. Bruto	m3/ha	340,58	323,00	332,06	288,39	204,35	140,08	153,26	161,77	173,03	221,37	263,67	298,00
N° horas riego	h	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MR	L/s	0,127	0,134	0,124	0,108	0,076	0,052	0,057	0,06	0,065	0,083	0,102	0,111
Área total	ha	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49
Q dem	L/s	7,946	8,343	7,747	6,728	4,768	3,268	3,576	3,774	4,037	5,165	6,357	6,953

**Eucalipto**

Variable	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Eto	mm/mes	124,0	117,6	120,9	105,0	74,4	51,0	55,8	58,9	63,0	80,6	96,0	108,5
Kc	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
A	ha	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35	15,35
Kc pon		0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184	0,184
UC	mm/día	22,84	21,67	22,27	19,34	13,71	9,396	10,28	10,85	11,61	14,85	17,69	19,99
P. Efec.	mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Req.	mm	22,84	21,67	22,27	19,34	13,71	9,396	10,28	10,85	11,61	14,85	17,69	19,99
Req. Vol. Neto	m3/ha	228,44	216,65	222,73	193,44	137,07	93,96	102,80	108,51	116,06	148,49	176,86	199,89
Ef. Riego	-	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Req. Vol. Bruto	m3/ha	253,83	240,73	247,48	214,93	152,30	104,40	114,22	120,57	128,96	164,99	196,51	222,10
N° horas riego	h	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
MR	L/s	0,095	0,100	0,092	0,080	0,057	0,039	0,043	0,045	0,048	0,062	0,076	0,083
Área total	ha	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49	62,49
Q dem	L/s	5,922	6,218	5,774	5,015	3,553	2,436	2,665	2,813	3,009	3,849	4,738	5,182

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se presenta la demanda total de agua para riego de las áreas verdes del sistema vial Panamericana Sur, en los tramos correspondientes al proyecto, como se aprecia en el cuadro 4.22 y figura 18.

Cuadro 4.22 Demanda hídrica total

Meses	Demanda total	
	(L/s)	(m <sup>3</sup> /s)
Enero	29,75	0,030
Febrero	31,24	0,031
Marzo	29,01	0,029
Abril	25,19	0,025
Mayo	17,85	0,018
Junio	12,24	0,012
Julio	13,39	0,013
Agosto	14,13	0,014
Setiembre	15,12	0,015
Octubre	19,34	0,019
Noviembre	23,80	0,024
Diciembre	26,03	0,026

Fuente: Elaboración propia

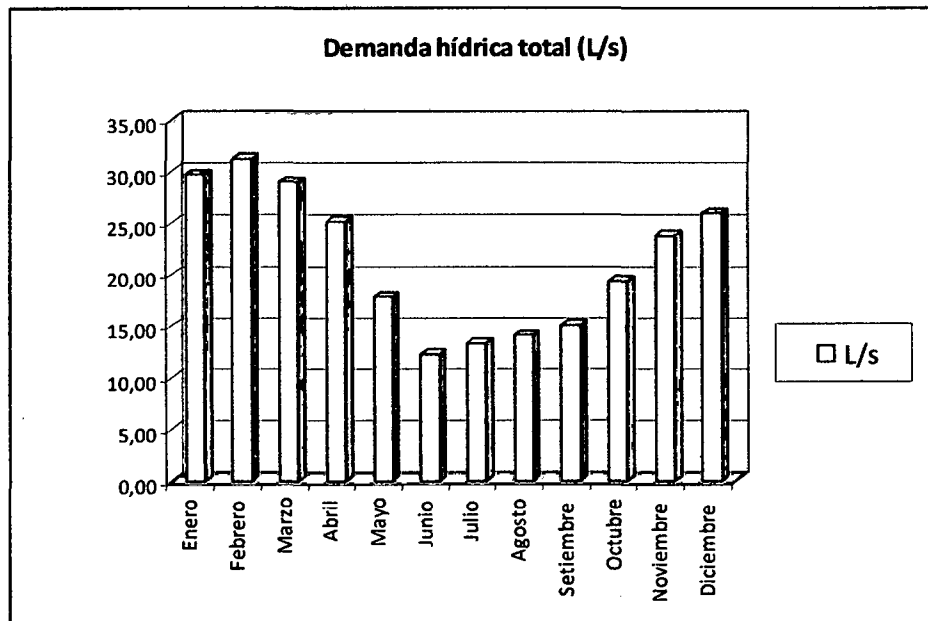


Figura 18. Demanda hídrica total mensual

La superficie total áreas verdes por beneficiar con el riego es de 62,49 ha, los caudales mínimo y máximo requeridos son 12,24 L/s en junio y 31,24 L/s en febrero, respectivamente por satisfacer con el proyecto.

Por otro lado el requerimiento de volumen total anual de agua para riego es de 678.462 m<sup>3</sup> (equivalente a 22 L/s). En base a este cálculo se asume un porcentaje entre el 10 % al 15% como un factor de variaciones de estación y desperdicios mínimos en los reboses de las cisternas, así como en manejo y operación de la infraestructura de riego. Con este porcentaje el requerimiento promedio en cantidad de aguas residuales domésticas tratadas para el Proyecto es de 798.192 m<sup>3</sup>/año (25 L/s), equivalente a 0,40 L/ha.

#### **4.3.2.3 Demanda de aguas residuales domésticas en calidad**

La demanda de calidad de aguas residuales domésticas tratadas requerida varía de acuerdo al tipo de reúso planteado.

En este acápite es necesario introducir dos conceptos: Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y el Límite Máximo Permisible (LMP), que son instrumentos de gestión ambiental que consisten en parámetros y obligaciones que buscan regular y proteger la salud pública y la calidad ambiental en que vivimos, permitiéndole a la autoridad ambiental desarrollar acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas.

Los ECA son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Los LMP son medidas de la concentración o grado de elementos, sustancias ó parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión que al ser excedida causa o puede causar daño a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Una de las diferencias es que la medición de un ECA se realiza directamente en los cuerpos receptores, mientras que en un LMP se da en los puntos de emisión y vertimiento. Sin embargo, ambos instrumentos son indicadores que permiten a través del análisis de sus

resultados, establecer políticas ambientales (ECA) y correcciones el accionar de alguna actividad específica (LMP).

Al igual que los ECA<sup>29</sup>; los LMP servirán como un criterio básico para definir posiblemente mejoras en el tratamiento si el objetivo es un tipo de reúso o definir un tipo de reúso según los parámetros de calidad del efluente.

Dentro del análisis de la calidad de las aguas residuales tratadas se deben ver las características físico-químicas y sobre todo las biológicas ó microbiológicas, ya que las aguas residuales son una fuente de microorganismos que pueden ser perjudiciales para la salud humana, por la presencia de material fecal sobre todo.

El MINAM aún no define los límites máximos permisibles para el reúso de las aguas residuales domésticas, pero si límites máximos permisibles para los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales aprobadas en 2010 por Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM y se señalan en el cuadro 4.23.

Cuadro 4.23 Límites máximos permisibles para los efluentes de las PTAR domésticas

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpo de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	200
pH	unidad	6,5 – 8,5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAM 2010

El cuadro 4.24 se resume sólo algunos parámetros más relacionados con el tratamiento para reúso de las aguas residuales domésticas, de los ECA<sup>30</sup> para agua de la Categoría 3: Riego de

<sup>29</sup> El MINAM estableció por D.S. 002-2008 los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua en julio del 2008.

<sup>30</sup> Cabe aclarar que los ECA están referidos a las aguas superficiales, y no a otras fuentes como las aguas residuales tratadas para reúso. Los ECA servirán como un criterio básico para definir posiblemente mejoras en el tratamiento actual si el objetivo es un tipo de reúso ó definir un tipo de reúso según los parámetros de calidad del efluente.



vegetales y bebida de animales, los cuales pueden ser tomados como referencia cuando se reutiliza aguas residuales. En el anexo se presenta el detalle completo del ECA para esta categoría.

Cuadro 4.24 Estándares de calidad ambiental para agua  
Parámetros para riego de vegetales

Parámetro	Unidad	Vegetales de tallo bajo	Vegetales de tallo alto
<b>Parámetros biológicos</b>			
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1 000	2 000
Coliformes totales	NMP/100 mL	5 000	5 000
Huevos de helmintos	Huevos/L	<1	<1
<b>Fisicoquímicos</b>			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40	
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4	
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	
<b>Orgánicos</b>			
Aceites y grasas	mg/L	1	

Fuente: MINAM

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) aplica las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura (1989), según la cual, la calidad necesaria para el riego de cultivos que de consumo directo (que se consumen crudos) es un agua del tipo A, tal como se muestran en el cuadro 4.25.

Es importante destacar, que basado en recomendaciones y conclusiones de múltiples estudios y reuniones de expertos, así como en la disponibilidad real de tecnologías por los países subdesarrollados, la OMS reafirmó en 2006 las directrices que habían sido recomendadas en 1989.

Para el reúso en áreas verdes, las aguas a utilizar deben tener una calidad similar a los anteriores, con la ventaja de que las plantas que se van a regar (césped y plantas ornamentales), son más tolerantes que los cultivos agrícolas, pero cuando el público tiene acceso directo a áreas regadas con aguas residuales tratadas, el peligro potencial para la salud humana puede ser mayor que el que presenta el riego de verduras consumidas crudas.

Cuadro 4.25 Directrices sobre calidad microbiológica requerida según el tipo de reúso

Categoría	Tipo de reúso	Grupo expuesto	Nemátodos	Coliformes fecales	Tratamiento de aguas residuales necesario para lograr la calidad microbiológica mínima
			Número de huevos por litro	NMP/100 mL	
A	Agrícola (Consumo crudo)	Trabajadores y consumidores finales	≤1	≤1000	Serie de lagunas de estabilización o tratamiento equivalente
	Parques y jardines			≤200	
B	Agrícola (forrajeros e industriales)	Trabajadores	≤1	No se recomienda ninguna norma	Retención en estanques de estabilización de 8 a 10 días o eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
	Forestal				
C	Agrícola bajo riego localizado (forrajeros e industriales)	Ninguno (No hay exposición directa)	No es aplicable	No es aplicable	Tratamiento previo según lo exija la tecnología de riego
	Forestal bajo riego localizado				

Fuente: OMS 1989

Las recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público se muestran en el cuadro 4.26.

Cuadro 4.26 Recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público

Indicadores microbiológicos	Contacto público	
	Directo	No directo
Nemátodos intestinales (media aritmética huevos/L)	< 1	< 1
Coliformes fecales (media geométrica/100 mL)	200	1 000
Tratamiento recomendado	Estanques de estabilización <sup>1</sup> o equivalente	Estanques de estabilización <sup>1</sup> o equivalente
Grupo expuesto	Trabajadores, público.	Trabajadores, público.

<sup>1</sup> Cuatro a seis estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 días a T > 20 °C.

Si el sistema de riego utilizado es por aspersión<sup>31</sup> y/o goteo, habrá que tener en cuenta los posibles problemas de obturación de las boquillas, por esta razón el agua debe tener baja turbiedad y sólidos en suspensión.

Es necesario que al diseñar un proyecto de riego con aguas residuales tratadas se tomen en cuenta además:

1. El balance de nutrientes en la cédula de cultivo. El agua residual tratada presenta concentraciones importantes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) entre otros macro y micronutrientes esenciales en la nutrición vegetal. Pero excesivos contenidos de estos elementos nutritivos pueden ocasionar, mayor desarrollo foliar en detrimento del desarrollo del fruto, provocar efectos nocivos para el terreno y/o las aguas subterráneas (Alejandro Viso, 2005).

Para los cultivos donde el objetivo es producir un mayor desarrollo foliar (caso verduras ó forrajes), el aporte alto de nitrógeno es mucho más beneficioso. Por lo tanto habrá que definir muy bien la concentración de nutrientes del efluente tratado, para poder decidir en base a dicho análisis las especies vegetales a regar ó si no decidir incorporar tecnologías de tratamiento que permitan reducir la presencia del elemento problema.

Un exceso de nutrientes además de poder afectar el rendimiento o la calidad del producto comercial; puede provocar corrosión excesiva de los equipos de riego, taponamientos del sistema de filtración, etc. que a la larga reduzcan la vida útil de dichos equipos o contaminar las aguas subterráneas.

2. Metales pesados: principalmente los vertidos industriales, pueden aportar al agua metales como cadmio, mercurio, cinc y otros, cuya presencia reduce la aplicabilidad para riego de las aguas residuales por sus efectos tóxicos para los cultivos y la salud.

3. Conductividad eléctrica: Una excesiva salinidad<sup>32</sup> derivada de la presencia de iones Na, Ca, Mg, Cl, ó B, puede producir daños a los cultivos y provocar problemas de permeabilidad en

---

<sup>31</sup> No debe aplicarse el riego por aspersión en parques y jardines para evitar la dispersión de patógenos en el aire que pueda afectar la salud de los usuarios y transeúntes.

el suelo.

4. Cloro residual: Concentraciones de radicales de cloro libre mayores que 1 mg/L, limitan la aplicación del agua a cultivos sensibles.

El conocimiento de todos estos parámetros permitirá adecuar el tratamiento de las aguas residuales domésticas para los fines de utilización en riego, en función del tipo de cultivo a que se apliquen.

Ejemplo:

Debido a que el reúso planteado, es el riego de áreas verdes de contacto público no directo, para los requerimientos de calidad de las aguas residuales domésticas tratadas, se aplicará como criterio básico los ECA para la Categoría 3 – Riego de Vegetales y Bebida de Animales, Parámetros de Vegetales de Tallo Alto y Tallo bajo, estableció por el MINAM y a las recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público en la categoría de contacto no directo. Los límites o valores máximos permisibles para el reúso propuesto de las aguas residuales domésticas se detalla en el cuadro 4.27.

Cuadro 4.27 Límites máximos permisibles del agua residual tratado para el reúso propuesto

Parámetro	Unidad	Valor
<b>Parámetros biológicos</b>		
Coliformes termo tolerantes	NMP/100 mL	≤ 1 000
Coliformes totales	NMP/100 mL	≤ 5 000
Huevos de helmintos	Huevos/L	<1
<b>Fisicoquímicos</b>		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	≤ 15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	≤ 40
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5-8,5
<b>Orgánicos</b>		

<sup>32</sup> La salinidad o concentración de sal, es probablemente la consideración más importante para determinar si el agua es adecuado para su reutilización (U.S. EPA, 2004).

Aceites y grasas	mg/L	≤ 1
Sólidos totales en suspensión	mg/L	≤ 30 <sup>1</sup>

Fuente: MINAM, OMS, FAO.

<sup>1</sup> Valor tomado de norma de la EPA para el riego de parques, campos deportivos, zonas verdes y otros usos.

### 4.3.3 Análisis de la oferta

Para proyectos de reúso de aguas residuales, la oferta es la capacidad de producción de aguas residuales domésticas tratadas tanto en cantidad y calidad para los fines de reúso, lo cual depende de la capacidad de los sistemas de tratamiento de desagües.

#### 4.3.3.1 Oferta de la fuente y de los componentes del sistema

##### a) Cuantificación del caudal disponible en la fuente

La fuente de agua para proyectos de reúso, son los colectores de aguas residuales y/o los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se establece la capacidad de la(s) fuente(s), en forma individual y en su producción conjunta, expresadas en caudal (L/s) y volumen captado.

También se identifica las fuentes de agua utilizadas actualmente en lugar de aguas residuales domésticas tratadas, las cuales también deben estar referidas en términos de volumen.

Para las fuentes de agua superficial, indica la influencia de las fluctuaciones de caudal en épocas de avenida y estiaje.

La capacidad de las fuentes superficiales debe estar respaldada en estudios hidrológicos y registros de aforos del curso o cuerpo de agua.

Identificar las ineficiencias técnicas en los mecanismos de provisión utilizados. Es probable que una restricción de oferta sea producto de una ineficiencia en el sistema de conducción o distribución.

**Ejemplo:**

En la situación sin proyecto la única fuente de agua para riego de las áreas verdes en el tramo puente Alipio Ponce (km 13) al intercambio puente Pucusana (km 57) del sistema vial Panamericana Sur, es el de pozo; aguas subterráneas provenientes de Lurín.

El agua que se extrae del pozo, tiene restricciones en el uso para el riego de áreas verdes, debido a su poca disponibilidad y su prioridad para otros usos (consumo doméstico y agrícola). Asimismo otra restricción es el costo de transporte del agua hasta las zonas a regar y su grado de utilización del sistema existente de la infraestructura de almacenamiento de agua (cisternas) y del sistema de riego mediante tuberías y mangueras. El regado de dichas áreas en la actualidad es por inundación utilizando de manera ineficiente la poca cantidad de agua disponible y no se utiliza dicha capacidad instalada de almacenamiento y sistema de riego.

La oferta de agua para riego de las áreas verdes en el área de influencia del Proyecto con las restricciones expuestas anteriormente, es 3.30 L/s (280 m<sup>3</sup>/día). Para la disposición de este volumen de agua en forma diaria, EMAPE ha suscrito un convenio interinstitucional de servicios con SERPAR Lima para el transporte y regado de las áreas verdes a un costo de S/. 200 la cisterna de agua, cuya capacidad es de 9.000 galones y suministrando 250 cisternas mensuales. Es preciso indicar que EMAPE tendría la posibilidad de comprar agua de varios privados incrementándose la cantidad de agua para el riego de las áreas verdes por inundación en por lo menos 250 cisternas adicionales por mes; sin embargo, esta situación de adquirir más agua no es factible para EMAPE por su elevado costo, el cual varía entre S/. 400 a S/. 450 por cisterna.

Por otro lado y teniendo en consideración la limitada disponibilidad del agua, tanto superficial y subterránea, para regar las áreas verdes, EMAPE no cuenta con la licencia del uso para la explotación del pozo en Lurín en forma permanente y el elevado costo; se considera la oferta de agua este tipo de agua nula en términos de volumen para el presente Proyecto.

En la actualidad Sedapal efectúa el tratamiento de las aguas residuales en dieciocho (18) plantas de tratamiento, ubicado en el área de Lima Metropolitana. El caudal total de aguas

residuales domésticas tratadas es de  $2,77 \text{ m}^3/\text{s}$ , pero actualmente no se aprovecha esta agua para el riego de las áreas verdes del ámbito del Proyecto.

En la situación con proyecto las fuentes de agua serán los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Sedapal. Para el Proyecto se considerará como oferta potencial las aguas residuales tratadas de las PTAR San Juan de Miraflores y San Bartolo, cuyos caudales son 389 y 829 L/s respectivamente; esto debido a su relativa cercanía al área de reúso y sus elevados caudales. Estas plantas están en estado operativo, por lo tanto garantizarán el suministro de efluentes tratados para el proyecto (cantidad), según la demanda requerida, cualesquiera sea la alternativa seleccionada.

#### **b) Capacidades de diseño y operativa del sistema**

Determina la oferta del sistema de tratamiento y sistema de reúso existentes de aguas residuales domésticas o el sistema actual utilizado mediante el diagnóstico de los mismos, tanto físico como operativo, estableciendo la capacidad de diseño de los principales componentes del sistema: planta de tratamiento de aguas residuales, captación, línea de conducción, líneas de derivación, equipos de bombeo, etc., expresados en L/s, y almacenamiento o reservorios expresados en  $\text{m}^3$ .

Ejemplo:

##### **Sistema de tratamiento**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales consideradas como fuentes de agua para el Proyecto, San Juan y San Bartolo, tienen las características físicas y operativas mostradas en los cuadros 4.28 y 4.29.

La PTAR San Juan, parte del efluente tratado es utilizado por los regantes de la zona y el remanente se evacua al mar por la altura de la playa Venecia. En el caso de la PTAR San Bartolo, también hay un reúso de los efluentes tratados y el remanente es descargado al río Lurín sin reutilizarse.

**Cuadro 4.28 Características físicas y operativas de PTAR  
San Juan**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Dirección de la planta	Distrito de San Juan de Miraflores
Caudal de diseño	800 L/s
Caudal de operación actual	389 L/s
Tecnología	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento
Sólidos suspendidos afluente	731 mg/L
Sólidos suspendidos efluente	29 mg/L
DBO <sub>5</sub> del afluente	556 mg/L
DBO <sub>5</sub> del efluente	28 mg/L
Coliformes fecales afluente	5,4E+08 NMP/100 mL
Coliformes fecales efluente	4,9E+03 NMP/100 mL
Helmintos afluente	6 huevos/L
Helmintos efluente	0 huevos/L

*Fuente: Sedapal 2009 y Proinversión 2011*

**Cuadro 4.29  
Características físicas y operativas de PTAR San Bartolo**

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Dirección de la planta	Distrito de Lurín
Caudal de diseño	1.700 L/s
Caudal de operación actual	829 L/s
Tecnología	Lagunas aireadas de sedimentación y pulimento
Sólidos suspendidos afluente	782 mg/L
Sólidos suspendidos efluente	32 mg/L
DBO <sub>5</sub> del afluente	515 mg/L
DBO <sub>5</sub> del efluente	39 mg/L
Coliformes fecales afluente	6,3E+08 NMP/100 mL
Coliformes fecales efluente	8,0E+02 NMP/100 mL
Helmintos afluente	60 huevos/L
Helmintos efluente	0 huevos/L

*Fuente: Sedapal 2009 y Proinversión 2011*



En cuanto a la calidad de las aguas residuales tratadas se verificó, que de acuerdo al análisis bacteriológico de las muestras compuestas de los efluentes de ambas PTAR tomadas en febrero del 2010, ensayos se efectuaron en un laboratorio autorizado por INDECOPI, no cumplen con los parámetros de DQO y coliformes termo tolerantes para su uso en riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto.

Cuadro 4.30 Resultados de análisis de agua del Efluente de las PTAR

Parámetro	Resultado		ECA* (agua para riego)	Unidad
	San Bartolo	San Juan		
Turbidez	15	6,9		UNT
Sólidos sedimentables	N.D.	N.D.		mg/L
Sólidos totales disueltos	39	1.010		mg/L
DBO total	12	60	15	mg/L
DBO soluble	3	30		mg/L
DQO	92	116	40	mg/L
Coliformes termo tolerantes	4.900	2.300	1.000	NMP/100 mL
Coliformes totales	4.900	7.000	5.000	NMP/100 mL
Detección de <i>Cryptosporidium sp</i>	Ausencia	Ausencia	<1	1000 mL
Detección de huevos de helmintos de Enteroparásitos	Ausencia	Ausencia	<1	1000 mL
Detección de quistes de Protozoarios- Enteroparásitos	Ausencia	Ausencia	<1	1000 mL

\* Requerimientos de calidad de las aguas residuales domésticas tratadas  
UNT = Unidades nefelométricas de turbidez, NMP = Número más probable

Fuente: *Envirolab Perú SAC – Febrero 2011*

En ese sentido estos resultados nos indican la necesidad de realizar un tratamiento complementario a fin de asegurar la calidad en cumplimiento con los ECA. El tratamiento complementario se orientará a remover DBO, DQO y coliformes. Por los resultados del análisis realizado de la muestra de agua, el aplicar sólo la filtración garantiza la remoción del exceso de DQO. La remoción del exceso de los coliformes se garantizará por desinfección con cloro.

Debido a que la calidad de los efluentes de las PTAR de San Juan y San Bartolo no cumple con la calidad requerida para los fines del reúso propuesto, se considera que la oferta de aguas residuales tratadas en la situación sin proyecto es nulo.

### Sistema de reúso o de riego

En el ejemplo planteado, según el diagnóstico sobre la infraestructura de riego existente y que es utilizada actualmente para el riego de las áreas verdes del ámbito del proyecto, se

tiene cisternas con equipo de bombeo, reservorios de polietileno, tuberías PVC clase 7.5 y mangueras. Esta infraestructura se utilizará con el nuevo sistema de captación y conducción de agua residual tratada, es decir, formará parte del sistema de reúso de aguas residuales domésticas.

La capacidad instalada en la situación actual o sin proyecto de los componentes tales como, captación, línea de conducción, almacenamiento, son 0.0 L/s, 0.0 L/s y 410 m<sup>3</sup> respectivamente.

Cuadro 4.31 Capacidad instalada de componentes del sistema de reúso - Situación sin proyecto

Componente	Unidad	Capacidad
Captación	L/s	0,0
Conducción	L/s	0,0
Almacenamiento	m <sup>3</sup>	410

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que actualmente se cuenta con 21 reservorios de polietileno de 10 m<sup>3</sup> de capacidad individual en buen estado de conservación, pero en la actualidad no se utiliza por falta de un sistema de alimentación de agua. También existen 2 cisternas de 100 m<sup>3</sup> de capacidad individual y con equipo de bombeo, ambos en buen estado de conservación y que en la actualidad son utilizados para el riego de las áreas verdes. Para mayor detalle ver el cuadro 4.14 del inventario de la infraestructura existente y su grado de utilización presentado en el diagnóstico.

#### 4.3.3.2 Optimización de la oferta

La oferta optimizada se puede definir como la máxima capacidad de producción en cantidad y calidad de la que se puede disponer, óptimamente, con los recursos disponibles y efectivamente utilizables, luego de realizar mejoras que pueden involucrar gastos no significativos.

Antes de plantear alternativas, se analiza si se puede optimizar el sistema actual del tratamiento y uso de aguas residuales existente, para evitar el descarte que las obras

realizadas aún podrían funcionar y el sobredimensionamiento de las alternativas que se planteen.

La oferta optimizada se formula partiendo de los servicios físicos y humanos disponibles sin considerar inversiones adicionales significativas, es decir, se basa en la situación actual. Determina las medidas necesarias de tipo administrativo, operación y mantenimiento, etc. para optimizar su operación para que alcancen, en lo posible, su capacidad de diseño. De esta forma se determina la “situación base optimizada”.

**Ejemplo:**

La oferta actual de agua para riego de las áreas verdes en el Tramo del Proyecto con las restricciones expuestas anteriormente, es 280 m<sup>3</sup>/día (3.30 L/s), a pesar de que se puede mejorar el uso actual del agua incrementando la eficiencia de riego. Debido a que el proyecto contempla reemplazar en su totalidad el agua de pozo por agua residual tratada adecuadamente, esta oferta actual no se considerará en la optimización de la oferta.

Por otro lado, en la situación sin proyecto se consideró nula (cero) la oferta de aguas residuales tratadas para fines de reúso (oferta de tratamiento); razón por la cual la oferta optimizada es nula (cero). Además, esta oferta es cero, debido a que en la actualidad no se cuenta con una infraestructura de captación, conducción de agua que interconecte al sistema de almacenamiento e infraestructura de riego por goteo.

La oferta optimizada de captación, línea de conducción también es nula (cero). Como en la actualidad existe una capacidad instalada de almacenamiento 410 m<sup>3</sup> en buen estado de conservación, que limpieza y otros gastos no significativos, la oferta optimizada para este componente de sistema de reúso 410 m<sup>3</sup>.

**Cuadro 4.32 Capacidad instalada de componentes del sistema de reúso - Situación sin proyecto**

<b>Componente</b>	<b>Unidad</b>	<b>Capacidad</b>
Captación	L/s	0,0
Conducción	L/s	0,0
Almacenamiento	m <sup>3</sup>	410

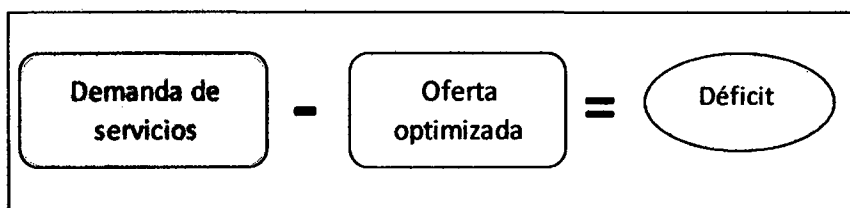
*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.3.4 Balance oferta demanda

Con la información de los numerales 3.2 y 3.3 se procede a estructurar el balance entre la oferta optimizada y la demanda proyectada efectiva en el horizonte de planeamiento, para cada año. A partir de este análisis, podremos saber cuál es el déficit o brecha del agua residual doméstica tratada o infraestructura (planta de tratamiento y sistema de reúso) que debe ser tomado en cuenta para dimensionar la oferta del Proyecto, y así establecer las metas del servicio que se propone.

El conocer este déficit permitirá que los especialistas encargados de la formulación técnica del PIP puedan plantear las especificaciones técnicas del PIP, de manera tal que se satisfaga la capacidad faltante. A este proceso se le llama definición del tamaño del proyecto.

La brecha o déficit corresponde a la diferencia entre la demanda y la oferta proyectada ante el escenario optimista que implica una mejora a través de la oferta optimizada.



Ejemplo:

Teniendo en cuenta el requerimiento promedio en cantidad de aguas residuales domésticas tratadas para el proyecto, que es de 798.192 m<sup>3</sup>/año ó 25 L/s y la oferta optimizada igual a cero, porque las aguas de las PTAR no cumplen con la calidad requerida para el riego de las áreas verdes; se tiene para el horizonte de evaluación el déficit siguiente.

Cuadro 4.33  
Balance Oferta - Demanda de Tratamiento

Año	Oferta (L/s)	Demanda (L/s)	Brecha (L/s)
1	0,0	25,0	-25
2	0,0	25,0	-25
3	0,0	25,0	-25
4	0,0	25,0	-25

5	0,0	25,0	-25
6	0,0	25,0	-25
7	0,0	25,0	-25
8	0,0	25,0	-25
9	0,0	25,0	-25
10	0,0	25,0	-25

Fuente: Elaboración propia

Con base a información de demanda calculada con proyecto y la oferta optimizada para los componentes de captación, línea de conducción y almacenamiento, se estima el balance oferta-demanda para el horizonte de evaluación del proyecto, cuyos resultados del déficit se presentan en los cuadros 4.34 y 4.35.

Cuadro 4.34

Balance Oferta - Demanda de componentes de Captación y Conducción

Año	Oferta (L/s)		Demanda (L/s)		Déficit (L/s)	
	Captación	Conducción	Captación	Conducción	Captación	Conducción
1	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
2	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
3	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
4	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
5	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
6	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
7	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
8	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
9	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0
10	0,0	0,0	25,0	25,0	-25,0	-25,0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.35

Balance Oferta - Demanda de Almacenamiento

Año	Oferta (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Brecha (m <sup>3</sup> )
1	410	510	-100
2	410	510	-100
3	410	510	-100
4	410	510	-100
5	410	510	-100
6	410	510	-100
7	410	510	-100
8	410	510	-100
9	410	510	-100

10	410	510	-100
----	-----	-----	------

*Fuente: Elaboración propia*

En el ejemplo presentado cualquiera de las dos alternativas del proyecto atenderá desde el principio el 100% del déficit existente en cada componente.

#### **4.3.5 Planteamiento técnico de las alternativas de solución**

El análisis de las alternativas del proyecto permite lograr una inversión eficiente, a un mínimo costo y con la mayor rentabilidad social.

Se analizarán los aspectos que posibilitarán dimensionar adecuadamente el proyecto y determinar los requerimientos de factores de producción (recursos humanos, infraestructura, equipamiento, etc.), tanto en la fase de inversión como en la de operación y mantenimiento.

Considerando las alternativas identificadas, el análisis técnico (localización, tamaño, tecnología, momento óptimo) y la brecha de oferta y demanda que atenderá el proyecto y las metas del mismo se debe proceder a establecer los aspectos técnicos de cada alternativa; en cuanto a infraestructura de tratamiento, complementarias a la planta y reúso, equipamiento requerido, capacitación en operación y mantenimiento, capacitación/educación a usuarios, entre otros.

El análisis de las alternativas que se estudie deberá tener en cuenta los aspectos ambientales, las medidas de mitigación, los planes de ejecución de las medidas mitigadoras y la entidad responsable, debiéndose evaluar las alternativas técnicas para la conservación del medio ambiente.

Se debe diseñar combinando y seleccionando las alternativas más convenientes de los componentes, sean técnica y económicamente factibles, además de sostenibles. Para esto, se planteará alternativas técnicas de solución al problema central, estudiando la viabilidad de la operación y mantenimiento; definiendo, estableciendo y proponiendo los parámetros básicos y criterios de diseño a ser utilizados en los estudios.

Se debe de asegurar que la alternativa elegida cumpla con la remoción de contaminantes

exigida, es decir, de calidad necesaria para el reúso y que permita cumplir con la normatividad ambiental correspondiente.

El diseño de la alternativa deberá incluir acciones para reducir los probables daños y/o pérdidas que se podrían generar por la probable ocurrencia de desastres durante la vida útil del proyecto.

Como ejemplo, se presenta lo siguiente:

El proyecto contempla utilizar las aguas residuales tratadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales San Bartolo y/o San Juan para el riego de áreas verdes.

Sobre la base de las brechas calculadas de los diferentes componentes en el análisis del balance oferta demanda para el suministro de agua para regar las áreas verdes en el Tramo del Proyecto y tomando en cuenta los requerimientos de las inversiones en la infraestructura de captación, conducción, tratamiento complementario; así como la conducción / impulsión del efluente hasta su entrega en los almacenamiento (cisternas), tuberías y mangueras para el regado de dichas áreas verdes, se plantean alternativas técnicas, las cuales deben solucionar el déficit de agua para el horizonte de diseño del Proyecto.

#### **Alternativa 1: Captar efluente de la PTAR San Bartolo**

Consiste en captar el requerimiento total (25 L/s) del efluente de la planta de San Bartolo, la cual se captará de las unidades de sedimentación. Esta agua se conducirá por gravedad hasta el intercambio vial del Puente Arica en la Panamericana Sur a la altura del km 35,75. En esta zona se realizará un acondicionamiento del agua para su reúso en riego a fin de atender las áreas verdes de la Panamericana Sur en el tramo desde el Puente Alipio Ponce, km 13 de la Panamericana Sur hasta el Puente Pucusana, km 57,0 de la Panamericana Sur. El agua tratada se conducirá mediante dos ramales, el Norte (hasta puente Alipio Ponce) y segundo ramal, el Sur (hasta Puente Pucusana).

Estará conformada por los siguientes componentes:

### **(1) Captación**

Se captarán los efluentes de las unidades de sedimentación de la PTAR de San Bartolo. La estructura de captación será una caja de concreto ubicada a la cota 85,00 m.s.n.m., desde donde se derivaran las aguas hacia la línea de conducción. El caudal a captar es de 25 L/s. El control del caudal a captar será por medio de una válvula de compuerta que se instalará aledaña a la caja de captación.

### **(2) Conducción de PTAR San Bartolo a puente Arica**

La conducción de los efluentes captados será por gravedad desde la caja de captación hasta el Puente Arica en la Panamericana Sur. Esta línea tiene una longitud total de 4.875 m y será de tubería de PVC ISO 4422, compuesta por 2.885 m de 200 mm de diámetro y 1.990 m de 250 mm de diámetro. El trazo a seguir es paralelo a la vía de acceso entre los dos puntos. Se ha considerado como parte del proyecto las correspondientes válvulas de aire y purga en el recorrido.

### **(3) Tratamiento Complementario**

El agua que se captará de las lagunas de sedimentación de San Bartolo contiene material orgánico particulado degradado, lo cual es necesario remover considerando que se utilizará para el riego sistema de goteo, además de garantizar la calidad bacteriológica de esta agua.

Considerando que la captación se realizará antes de la cloración en la PTAR San Bartolo y tomando en cuenta los requerimientos de calidad de las aguas residuales, se ha previsto la implementación de un sistema de filtración y desinfección previo al reúso. Estas instalaciones se ubicarán en una de las orejas del intercambio vial del puente Arica en la Panamericana Sur en la cota 25,00 m.s.n.m.

### **(4) Ramal de Conducción Sur**

Referido a la línea de conducción desde el intercambio vial Puente Arica, km 35,75 hasta la altura del intercambio vial de Pucusana, km 57,0 de la Panamericana sur. El abastecimiento al primer tramo de este recorrido de la conducción será por gravedad y para el siguiente y último tramo será necesario un bombeo.



- Instalación de línea de conducción por gravedad (Puente Arica km 13,28 - km 49 de Panamericana Sur). Contempla 2.654 m de tubería de  $\varnothing$  200 mm, 4.625 m de tubería de  $\varnothing$  160 mm y 6.000 m de tubería de  $\varnothing$  140 mm; las tuberías serán de PVC ISO 4422. Instalación de las válvulas de aire, purga y control en cada tramo, instaladas en cajas de concreto.
- Instalación de línea de impulsión a Reservoirio R-1 100 m<sup>3</sup>- km 53,4 Panamericana Sur. Contempla la instalación de una bomba multietapa vertical en una caseta de concreto, con capacidad de 3,35 L/s y una A.D.T. de 138 m.c.a., línea de impulsión PVC de 4.330 m de  $\varnothing$  140 mm, líneas de conducción de 1.550 m de  $\varnothing$  110 mm y 3.385 m de  $\varnothing$  63 mm, 1.386 m  $\varnothing$  110 mm y 1.985 m con  $\varnothing$  75 mm.

#### **(5) Ramal de conducción norte**

Referido a la línea de conducción desde el intercambio vial puente Arica, km 35,75 hasta la altura del intercambio vial del puente Alipio Ponce, km 13,00 de la Panamericana Sur. El abastecimiento en un primer tramo de este recorrido de conducción será por gravedad y para el siguiente y último tramo será necesario un bombeo.

- Instalación de línea de conducción por gravedad (intercambio vial km 17,38 Puente Arica - altura del intercambio vial Huaylas en km 18,40 de la Panamericana Sur). Contempla la instalación de 8.080 m de tubería PVC de  $\varnothing$  200 mm y 9.300 m de tubería PVC de  $\varnothing$  160 mm.
- Instalación de línea de impulsión. Contempla la instalación de una bomba multietapa vertical en una caseta de concreto, con capacidad de 5 L/s y una A.D.T. de 90 m.c.a., línea de impulsión PVC ISO 4422 e instalación de las válvulas de aire en caja de concreto, purga y control en cada tramo.
- Línea de Conducción de Cisterna C-3 a Cisterna C-4. Se ha proyectado una línea de conducción desde la cisterna existente C-3 en el km 15 de la Panamericana Sur hasta la cisterna C-4 ubicada en el km 16 de la Panamericana Sur. Esta será una tubería de PVC ISO 4422 de  $\varnothing$  75 mm.

#### **Alternativa 2: Captar Efluente de la PTAR San Bartolo + PTAR San Juan de Miraflores**

Esta alternativa considera utilizar dos fuentes de abastecimiento de agua para cubrir los

requerimientos de la demanda de 25 L/s. De la PTAR San Bartolo se captará 17 L/s, constará de línea de conducción desde la PTAR San Bartolo a puente Arica, sistema de acondicionamiento del agua en el intercambio puente Arica, ramal de conducción norte y ramal de conducción sur.

De la PTAR San Juan se captará 8 L/s, constará de línea de conducción desde la PTAR San Juan a puente Huaylas, sistema de acondicionamiento del agua en el intercambio puente Huaylas, ramal de conducción norte y ramal de conducción sur.

Estará conformada por los siguientes componentes:

### **(1) Captación**

Se captarán los efluentes de las unidades de sedimentación de las PTAR de San Bartolo (17 L/s) y San Juan (8 L/s). Las estructuras de captación serán cajas de concreto ubicadas a las cota 85,00 y 58.50 m.s.n.m., desde donde se derivaran las aguas hacia las líneas de conducción. Los controles de los caudales a captar serán por medio de válvulas de compuerta que se instalará aledaña a la caja de captaciones.

### **(2) Conducción de las PTAR**

- De la PTAR San Bartolo al puente Arica será similar infraestructura de conducción descrita en la alternativa 1 para un caudal de 17 L/s.
- La conducción de la PTAR San Juan al intercambio puente Huaylas. La conducción de efluentes captados será por gravedad desde la caja de captación hasta el intercambio vial en el puente Huaylas. Esta línea de tubería será de PVC y tiene un recorrido un total de de 5,16 km de 160 mm de diámetro. El trazo a seguir es paralelo a la vía de acceso entre la PTAR San Juan y la antigua Panamericana Sur para seguir por esta vía hasta el intercambio Puente Huaylas. Se ha considera también, las correspondientes válvulas de aire y purga en el recorrido.

### **(3) Tratamiento Complementario**

#### **➤ Tratamiento de efluente de PTAR San Bartolo.**

- Similar infraestructura y equipos para el acondicionamiento o tratamiento complementario de las aguas descritas en la alternativa 1 para un caudal de 17 L/s.

➤ **Tratamiento de efluente de PTAR San Juan**

- El agua que se captará de las lagunas de sedimentación de San Juan, presentan BDO total de 60 mg/L y una DBO soluble de 30 mg/L, por lo que se hace necesario incluir un reactor para la remoción de esta DBO, seguida de una filtración y posterior desinfección para garantizar la calidad bacteriológica previo al reúso.
- La remoción del exceso de la DBO se realizará en un tanque reactor de precipitación química por medio de coagulante. Esta es una unidad circular de 3,5 m de diámetro y 3,0 m de altura. Los lodos generados de este reactor se llevaran a un lecho de secado para su posterior disposición final, de los lodos secos, en un relleno sanitario.
- El percolador de los lechos de secado se conducirá a una cámara de bombeo para su posterior impulsión por medio de una bomba sumidero hacia el reactor químico.
- El agua clorada se almacenará en una cisterna de 100 m<sup>3</sup>. Estas instalaciones se ubican en una de las orejas del intercambio vial del Puente Huaylas en la Panamericana Sur a una cota 8,80 m.s.n.m.

**(4) Ramal de Conducción Sur**

➤ **Ramal de Conducción de la PTAR San Bartolo**

- Similar infraestructura de conducción existente y proyectada por gravedad e impulsión, descrita en la Alternativa 1 para un caudal de 17 L/s.

➤ **Ramal de Conducción de la PTAR San Juan.** Referido a la línea de conducción desde la cisterna C-3 existente (km 15 de la Panamericana Sur) hasta la altura del km 22,00 de la Panamericana sur.

- Instalación de línea de conducción por gravedad desde la cisterna C-3 ubicada a la altura del km 15 de la Panamericana Sur. Contempla 7,0 km de tubería PVC, de 4,0 km en un primer tramo de  $\varnothing$  90 mm y 3,00 km de  $\varnothing$  75 mm en un segundo tramo. A lo largo de este recorrido la línea ira alimentado a dos (2) cisternas de 10 m<sup>3</sup>, la C-4 y la C-5.
- Instalación de las válvulas de aire, purga y control en cada tramo, instaladas en cajas de concreto.

**(5) Ramal de conducción norte**

El ramal de conducción norte está referido a la línea de conducción desde el intercambio vial

puente Arica, km 35,75 de la Panamericana Sur hasta la altura del km 22,00 de la Panamericana Sur. El abastecimiento de este recorrido de conducción será por gravedad.

- Instalación de línea de conducción por gravedad (intercambio vial km 17,38 puente Arica - altura km 22,00 de la Panamericana Sur). Contempla la instalación de 13,85 km de tubería PVC de  $\varnothing$  200 mm e instalación de las válvulas de aire en caja de concreto, purga y control en cada tramo. A lo largo de este recorrido la línea irá alimentado a 5 cisternas (cisternas C-6 a C-10) de 10 m<sup>3</sup> y se dejará las salidas para el riego de los taludes de la vía auxiliar.

### **Componentes comunes a las alternativas**

#### **(1) Capacitación de personal y puesta en marcha**

Para la operación del sistema proyectado del suministro de agua para el riego de las áreas verdes, se ha previsto la capacitación del personal de EMAPE S.A. (operadores), para lo cual se entregará un manual de instrucciones de operación y control de calidad del efluente (agua de PTAR San Bartolo – Alternativa 1 y PTAR San Bartolo + PTAR San Juan – Alternativa 2) y efluente (agua con tratamiento complementario); así como la operación y mantenimiento de los equipos. También después de concluir las obras y montaje de los equipos esta previsto la puesta en marcha del sistema de suministro de agua para riego por el lapso de una semana.

#### **(2) Preparación de terreno y sembrado**

El Proyecto contempla incrementar las áreas verdes en (105,676 m<sup>2</sup>), cuya distribución a lo largo del ámbito del Sistema Vial.

#### **4.3.6 Costos a precios de mercado**

Se determina la totalidad de los costos de cada alternativa del proyecto, valorados a precios privados o de mercado, es decir, a los precios tal como los conocemos. El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos en que incurre durante su vida útil.

La aplicación de recursos de un proyecto de inversión se efectúa en dos momentos bien definidos: mientras se construye o implementa el proyecto (durante el cual no se obtienen beneficios directos) y que se reconoce como "Etapa de inversión", y otro durante el cual el

proyecto opera mediante la atención a los usuarios y la consecución de los impactos y beneficios previstos y se conoce como “Etapa de operación o post inversión” (funcionamiento) del proyecto.

Los costos de los bienes aplicados en la etapa de inversión se conocen como costos de inversión y los aplicados en la etapa de operación se conocen como costos de operación y mantenimiento. Esta es la primera gran clasificación de los costos de un proyecto.

Para poder costear las etapas del proyecto es necesario:

- Conocer en detalle los requerimientos de recursos o insumos necesarios para la implementación de cada una de las acciones establecidas. Los requerimientos de recursos (cantidad, características, período, etc.) que se definieron previamente en el planteamiento técnico de las alternativas de solución.
- Para cada uno de los recursos o insumos, se deberá registrar el costo unitario correspondiente. Es importante, la confiabilidad de las fuentes de información de los costos unitarios, para una buena estimación de los costos de inversión del proyecto.

Es decir, se debe conocer qué insumos se requieren, cuántas unidades de cada uno y el número de períodos en que se necesitarán estos insumos.

Finalmente sobre la base de los requerimientos estimados y los costos unitarios, se calcula el costo de cada actividad, acción y componente.

Posteriormente, estos costos serán distribuidos a lo largo del horizonte de evaluación, para elaborar el flujo de costos a precios de mercado.

#### **4.3.6.1 Costos en la situación “sin proyecto” a precios de mercado.**

Los costos en la situación sin proyecto, son todos los costos que se están incurriendo en la actualidad, para la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento y reúso de aguas

residuales u otro sistema actual, y que seguirán generándose en caso no se ejecutase el proyecto. Dicha situación está relacionada con la definición de situación actual optimizada.

Se determina los costos actuales optimizados que se presenten en la gestión de los sistemas de tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas existentes. Considera, como base de cálculo, los gastos de ejercicios anteriores a la formulación del estudio, como los sueldos y salarios, gastos de administración (teléfono, luz, útiles de escritorio y de aseo) y costos de operación y mantenimiento (salarios, insumos químicos, materiales y herramientas). Se desagrega por sistemas de tratamiento y reúso en caso de existir en la actualidad.

Si no hubiera los sistemas previos, los costos sin proyecto no existen y se consideran iguales a cero.

**Ejemplo:**

En esta situación “sin Proyecto” el sistema actual, incurre en costos de operación y mantenimiento, que consiste principalmente en el transporte y regado de las áreas verdes a cargo de EMAPE mediante un convenio institucional con SERPAR Lima, organismo de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Los costos de operación y mantenimiento “sin proyecto” a precios privados se muestran en el cuadro 4.36, los cuales incluyen los costos de personal, servicio de SERPAR Lima – incluye el transporte y regado de las áreas verdes – y gastos de combustible y mantenimiento de vehículo para las labores de supervisión del estado de conservación de las áreas verdes y actividades de mantenimiento de la infraestructura de riego existente.

**Cuadro 4.36 Costos de operación y mantenimiento sin proyecto**  
(Expresado en nuevos soles a precios de mercado)

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Mes (S/.)</b>	<b>Costo Anual (S/.)</b>
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>					<b>637.440,00</b>
1.1	Personal					36.240,00
1.1.1	Profesional	mes	1	1.700	170 <sup>1</sup>	2.040,00
1.1.2	Operarios	mes	3	950	2.850	34.200,00
1.2	Bienes y servicios				0	601.200,00
1.2.1	Servicio de SERPAR - Lima	Cisterna	250	200	50.000	600.000

1.2.2	Gastos de combustible	Galones	10	10	100	1.200,00
2	<b>Costos de mantenimiento</b>					<b>1.800,00</b>
2.1	Mantenimiento de vehículo	Global			150	1.800,00
	<b>Total</b>					<b>639.240,00</b>

<sup>1</sup>Sólo se considera el costo relativo a la actividad, que equivale al 10% del sueldo.

Fuente: Elaborado en base a información de Departamento de Áreas Verdes - EMAPE S.A.

#### 4.3.6.2 Costos en la situación “con proyecto” a precios de mercado.

##### a) Inversiones.

Los costos de inversión son aquellos que se utilizan para implementar el proyecto. Están representados por el uso de equipo, materiales, mano de obra requeridos para construir el sistema de tratamiento de aguas residuales y todas las obras necesarias para ponerlo en funcionamiento. Deberá incluir, entre otros, las obras para: conducir el agua residual a la PTAR, la conducción de la planta a la zona de aprovechamiento del agua residual tratada y el tratamiento de los lodos.

Se deberán incluir todas aquellas inversiones necesarias para instalar o mejorar el sistema de reúso, las cuales se requieran para que el agua tratada genere los beneficios propuestos; y está constituido por: los sistemas de riego, los canales o las líneas para conducir el agua para su aprovechamiento, reservorios de almacenamiento, etc. Se considera además, las reinversiones necesarias o inversiones futuras para el normal funcionamiento de todo el sistema.

El predio o terreno necesario para la realización del proyecto, en caso de que sea propiedad del organismo que ejecutará el proyecto, se considerará como costo hundido. Incluyen, además, los costos asociados a diseño organizacional, capacitación de personal y educación sanitaria y ambiental. Un proyecto de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas puede incluir los siguientes costos de inversión:

- Adquisición de terrenos
- Sistema de tratamiento de aguas residuales para fines de reúso

- Infraestructura de reúso (líneas de conducción, reservorios, etc.)
- Preparación o habilitación del terreno
- Capacitación
- Programa de sensibilización dirigidos a la población principalmente en caso de reúso agrícola
- Organización y gestión

De acuerdo a la vida útil de cada componente incluye, en el horizonte de evaluación, las inversiones por reposición.

Incluye también, los costos adicionales por medidas de reducción de riesgo, así como los costos ambientales para prevenir, controlar y mitigar los potenciales impactos negativos del proyecto.

Para determinar el costo total de inversión de las alternativas se le adicionan costos indirectos a los directos, de la manera siguiente:

$$\text{Costo total} = \text{Costo directo (CD)} + \text{Costos Indirectos (CI)}$$

Donde:

Costo indirecto (CI): Gastos generales y utilidades (como un % del CD) + IGV (18% del costo total en obras por contrata). En caso de obras por administración directa sólo se considera gastos generales (más no utilidad) e IGV del costo de materiales y equipos. Se incluye, también, los costos de elaboración del expediente técnico y los costos de supervisión (ambos como un % del CD).

Como ejemplo, se presenta lo siguiente:

Los costos de inversión incluyen la inversión inicial y las reinversiones necesarias o inversiones futuras para el normal funcionamiento del sistema de suministro de agua, considerando, la vida útil de los equipos propuestos para el proyecto: filtros a presión cada 10 años, bombas dosificadoras de cloro, bomba booster y equipos de cloración cada 5 años. Los



costos referenciales de estos equipos se obtuvieron mediante cotizaciones de proveedores locales que corresponde las características técnicas del proyecto.

Los costos de inversión en infraestructura y equipamiento, están de acuerdo con el planteamiento técnico de las alternativas y los requerimientos de la demanda de agua para riego de cada estructura y/o componente del sistema de suministro de agua hasta la infraestructura de almacenamiento y el sistema de riego en cada punto del tramo del Proyecto. También se incluyen los costos para la rehabilitación de las tuberías y mangueras del sistema de riego existente; así como los costos de reposición de las posibles interferencias con los servicios de luz, agua, gas y telefonía (interferencias de servicios públicos). También están incluidos los costos de acometida eléctrica en baja tensión para el sistema de acondicionamiento de agua residual y las estaciones de bombeo.

Los costos directos a precios de mercado, se estiman teniendo en cuenta los costos unitarios de mano de obra, insumos, materiales, equipos y máquinas, a nivel de costo directo sin impuestos y el costo del manejo ambiental. Los costos indirectos incluyen: gastos generales (15%), así como la utilidad del contratista (8%); los costos de inversión en intangibles: elaboración del expediente técnico de obras (3%), supervisión de las obras y puesta en marcha (8%), capacitación de personal y organización y gestión del Proyecto por EMAPE S.A.; así como los costos de interferencia temporal de los servicios públicos y las contingencias técnicas para cubrir hasta un 9% por prestaciones adicionales (mayores obras) del costo total de obras, hasta un 9% un valor mayor de contratación respecto al valor referencial de obras y hasta un 3% por reajuste de precios.

Para cumplir con los límites máximos permisibles definidos por el proyecto para el riego de las áreas verdes con aguas residuales tratados, se requiere un tratamiento complementario del efluente de las PTAR, el cual consiste en un filtrado y desinfección de las aguas para la remoción de carga orgánica y coliformes; por ello se ha previsto la instalación de filtros a presión para trabajo en paralelo, seguida de un sistema de dosificación de cloro.

También de acuerdo a lo planteado en cada una de las alternativas, con la finalidad de contrarrestar los impactos negativos temporales que se generen durante la ejecución de las

obras del proyecto; los costos que implicaría estas medidas, están incluidos en el presupuesto correspondiente con el nombre de manejo ambiental.

Para la operación de estos equipos se requiere una capacitación del personal operativo de EMAPE, durante la puesta en marcha, cuyo costo forma parte de la inversión inicial del Proyecto. Se instruirá a diez (10) personas de nivel técnico, quienes tendrán a su cargo del sistema proyectado, los aspectos básicos de la capacitación están también referidos a la operación y mantenimiento del sistema de acondicionamiento de agua (filtración y desinfección), así como la líneas de conducción /impulsión y estación de bombeo del agua. La capacitación concluye con la participación del personal técnico con la puesta en marcha del sistema proyectado.

Los costos del proyecto a precios del 30 de abril de 2011, han sido calculados en base a los costos unitarios de cada uno de sus componentes de las obras y costos de mitigación ambiental; así como los costos de intangibles, contingencias técnicas, interferencias de servicios públicos, costos de capacitación, gastos generales y utilidades y finalmente los impuestos (IGV).

En los cuadros 4.37 y 4.38 se presentan el resumen de los costos de inversión a precios de mercado para las dos alternativas del Proyecto.

Se observa que el monto total de la inversión de la Alternativa 1, asciende a S/. 9.718.865,91 (nueve millones setecientos dieciocho mil ochocientos sesenta y seis con 91/100 nuevos soles) y el monto total de la Alternativa 2, asciende a S/. 11.084.486,09 (once millones ochenta y cuatro mil cuatrocientos ochenta y seis con 09/100 nuevos soles).

Cuadro 4.37 Costos de Inversión de la Alternativa 1- Captar Efluente de la PTAR San Bartolo (Expresado en nuevos soles a precios de mercado)		
Item	Descripción	Costo (S/.)
<b>1</b>	<b>Infraestructura y Equipamiento</b>	
1.01	Obras provisionales	134,441.00
1.02	Captación (PTAR San Bartolo)	6,146.00
1.03	Línea de conducción PTAR San Bartolo- Puente Arica	386,960.00
1.04	Sistema de tratamiento complementario	581,503.00
1.05	Línea de descarga de agua lavado de filtros	6,492.00
1.06	Línea tramo de tratamiento complementario- Berma puente Arica	13,617.00
1.07	Conducción Ramal Sur (puente Arica a km 49 Sur)	993,911.00
1.08	Sistema de bombeo en línea km 49 Sur	21,780.00
1.09	Línea de impulsión a reservorio R-1, 100 m <sup>3</sup> - km 53,4 Panamericana Sur	240,174.00
1.10	Reservorio apoyado (R-1) de 100 m <sup>3</sup>	285,800.00
1.11	Línea de conducción de R-1 a puente Pucusana	197,328.00
1.12	Derivación áreas verdes intercambio vial puente Pucusana	8,724.00
1.13	Instalación de tuberías a intercambio Pucusana	17,623.00
1.14	Línea de conducción R-1 a km Panamericana Sur	130,017.00
1.15	Conducción Ramal Norte (puente Arica a puente Huaylas)	1,209,111.00
1.16	Derivación áreas verdes puente Huaylas - puente San Pedro	8,629.00
1.17	Derivación áreas verdes puente intercambio vial Mamacona	8,958.00
1.18	Derivación áreas verdes puente - intercambio vial Conchan	9,005.00
1.19	Derivación áreas verdes puente - intercambio vial Huaylas	9,392.00
1.20	Sistema de bombeo en línea km 18.5 puente Huaylas	21,780.00
1.21	Línea de impulsión km 18.5 a puente Alipio Ponce	281,156.00
1.22	Derivación a cisternas existentes C-1 y C-3	19,416.00
1.23	Línea de conducción de cisternas C-3 a cisterna C-4	36,853.00
1.24	Rehabilitación de tuberías y cintas de riego existentes	43,010.00
1.25	Jardinería y sembrío	127,580.00
1.26	Manejo ambiental	86,100.00
	<b>Costo Directo</b>	<b>4,885,506.00</b>
	Gastos generales (15%)	732,825.90
	Utilidad (8%)	390,840.48
	<b>Sub Total I</b>	<b>6,009,172.38</b>
<b>2</b>	<b>Intangibles y Otros Costos</b>	
2.01	Expediente técnico (3%)	146,565.18
2.02	Supervisión (8%)	390,840.48
2.03	Interferencias de servicios públicos	266,451.00
2.04	Contingencias	1,257,768.00
2.05	Capacitación	5,000.00
2.06	Organización y gestión	160,530.00
	<b>Sub Total II</b>	<b>8,236,327.04</b>
	Impuesto General a las Ventas (18%)	1,482,538.87
	<b>Total General</b>	<b>9,718,865.91</b>

Cuadro 4.38 Costos de Inversión de la Alternativa 2 - Captar Efluente de la PTAR San Bartolo + PTAR San Juan		
(Expresado en nuevos soles a precios de mercado)		
Item	Descripción	Costo (S/.)
<b>1</b>	<b>Infraestructura y Equipamiento</b>	
1.01	Obras provisionales	134,441.00
1.02	Captación (PTAR San Bartolo)	6,146.00
1.03	Línea de conducción PTAR San Bartolo - puente Arica	371,649.00
1.04	Sistema de tratamiento complementario	581,503.00
1.05	Línea de descarga de agua lavado de filtros	6,492.00
1.06	Línea tramo de tratamiento complementario- Berma puente Arica	13,617.00
1.07	Conducción Ramal Sur (puente Arica a km 49 Sur)	976,979.00
1.08	Sistema de bombeo en Línea km 49 Sur	25,380.00
1.09	Línea de impulsión a reservorio R-1 100 m <sup>3</sup> - km 53,4 Panamericana Sur	234,964.00
1.10	Reservorio apoyado (R-1) de 100 m <sup>3</sup>	285,800.00
1.11	Línea de conducción de R-1 a puente Pucusana	190,816.00
1.12	Derivación áreas verdes intercambio vial puente Pucusana	8,724.00
1.13	Instalación de tuberías a intercambio Pucusana	14,477.00
1.14	Línea de conducción R-1 a km Panamericana Sur	130,017.00
1.15	Conducción Ramal Norte (puente Arica a puente Huaylas)	575,570.00
1.16	Derivación áreas verdes puente Huaylas - puente San Pedro	8,629.00
1.17	Derivación áreas verdes puente Intercambio Vial Mamacona	8,958.00
1.18	Derivación áreas verdes puente - Intercambio Vial Conchan	9,005.00
1.19	Captación (PTAR San Juan)	5,166.00
1.20	Línea de conducción PTAR San Juan - puente Huaylas km 18.5	451,345.00
1.21	Sistema tratamiento complementario puente Huaylas	916,034.00
1.22	Línea de impulsión km 18.5 a puente Alipio Ponce	277,249.00
1.23	Derivación a cisternas existentes C-1 y C-3	19,416.00
1.24	Línea de conducción de cisternas C-3 a km 22 Panamericana	231,720.00
1.25	Derivación áreas verdes puente - intercambio vial Huaylas	9,392.00
1.26	Rehabilitación de tuberías y cintas de riego existentes	43,010.00
1.27	Jardinería y sembrío	127,580.00
1.28	Manejo ambiental	86,100.00
	<b>Costo Directo</b>	<b>5,609,592.00</b>
	Gastos generales (15%)	841,438.80
	Utilidad (8%)	448,767.36
	<b>Sub Total I</b>	<b>6,899,798.16</b>
<b>2</b>	<b>Intangibles y Otros Costos</b>	
2.01	Expediente técnico (3%)	168,287.76
2.02	Supervisión (8%)	448,767.36
2.03	Interferencias de servicios públicos	266,451.00
2.04	Contingencias	1,444,798.00
2.05	Capacitación	5,000.00
2.06	Organización y gestión	160,530.00
	<b>Sub Total II</b>	<b>9,393,632.28</b>
	Impuesto General a las Ventas (18%)	1,690,853.81
	<b>Total General</b>	<b>11,084,486.09</b>

## **b) Costos de operación y mantenimiento**

Los costos de operación y mantenimiento se inician con la puesta en funcionamiento de las obras del proyecto, y se generan durante toda su vida útil. Se calculan anualmente e incluyen todos los costos necesarios para operar y mantener en buenas condiciones el sistema de tratamiento y toda la infraestructura adicional propuesta para el aprovechamiento del agua residual durante la vida útil del proyecto.

Los costos de operación y mantenimiento se desagregan en:

- **Costos variables:** los que dependen del volumen de agua residual tratada obtenida para el reúso y corresponden a los productos químicos y energía.
- **Costos fijos:** los costos independientes de la producción y que se estiman en función del tamaño de la comunidad o servicio. Incluyen los costos de la mano de obra, materiales, herramientas, energía, gastos administrativos, etc.

**Ejemplo:**

En la estimación de los costos de operación y mantenimiento en la situación “con proyecto” para ambas alternativas del sistema de suministro de agua para el riego de las áreas verdes se ha considerado los costos siguientes:

- a) **Personal.** remuneraciones del personal profesional y operativo (mano de obra) tanto para la operación y mantenimiento del sistema de suministro de agua (captación, conducción, tratamiento, conducción/impulsión y almacenamiento), así como el mantenimiento del sistema de riego parcelario (tuberías y mangueras) de las áreas verdes.
- b) **Bienes y servicios.** Costo de insumos químicos para desinfección del agua residual filtrada, para la cual se ha considerado el uso de cloro gas, el cual será aplicado en una dosis de 1 a 3 mg/L, el costo de este producto es de US\$ 2.500 la tonelada, similar al precio que adquiere EMAPE para la desinfección del agua residual en otras plantas de tratamiento de aguas residuales que opera.

Energía eléctrica para la alimentación a las bombas multietapa, que impulsaran las aguas tratadas en algunas tramos hacia las cisternas de almacenamiento en las áreas verdes, así como para las bombas Booster para la cloración; el costo estimado será en función de la tarifa unitaria que cobra la empresa de distribución Luz del Sur en promedio (S/. 0,32/kW-h) y la cantidad de kW-h por mes y año (horas de bombeo).

Herramientas y materiales para las labores de operación, tales como guantes, cascos y herramientas diversas. No se consideró el costo del efluente de las PTAR, debido que dicho costo está incluido en la tarifa que cobra SEDAPAL a los usuarios por tratar las aguas residuales.

- c) En cuanto a los costos de mantenimiento se ha considerado materiales para el mantenimiento de la infraestructura del sistema de alimentación de agua, así como el sistema de almacenamiento. También se considera los repuestos para el mantenimiento de los filtros a presión y bombas booster, cuyo costo se estima como un 5% del costo de adquisición y montaje de los equipos.

Cuadro 4.39 Costos de operación y mantenimiento con proyecto - Alternativa 1  
(Expresado en nuevos soles a precios de mercado)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Costo mes (S/.)	Costo anual (S/.)
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>					<b>124.520,88</b>
1.1	Personal					<b>66.000,00</b>
1.1.1	Profesional	mes	1	1.700	1.700	20.400,00
1.1.2	Operarios	mes	4	950	3.800	45.600,00
1.2	Bienes y servicios					<b>58.520,88</b>
1.2.1	Insumos químicos (cloro)	kg	197	6,90	1.359	16.311,60
1.2.2	Energía Eléctrica	kW-h	6.617	0,32	2.117	25.409,28
1.2.3	Combustible de vehículo	Galones	100	10	1.000	12.000,00
1.2.4	Análisis de la calidad del agua	mes	1	400	400	4.800,00
<b>2</b>	<b>Costos de mantenimiento</b>					<b>14.916,00</b>
2.1	Repuestos de equipos	Global	1	793	793	9.516,00
2.2	Materiales diversos y herramientas	Global	1	200	200	2.400,00
2.3	Mantenimiento de vehículo	Global	1	250	250	3.000,00
	<b>Total</b>					<b>139.436,88</b>

Fuente: Elaboración propia.

En los cuadros 4.39 y 4.40 se presentan los costos de operación y mantenimiento de las alternativas del Proyecto. Los costos permanecerán constantes para todo el horizonte de evaluación, debido a que el sistema operará a toda capacidad instalada desde el primer año, es decir, suministrando la cantidad de 25 L/s de aguas residuales tratadas para regar las áreas verdes.

Cuadro 4.40 Costos de operación y mantenimiento con proyecto - Alternativa 2  
(Expresado en nuevos soles a precios de mercado)

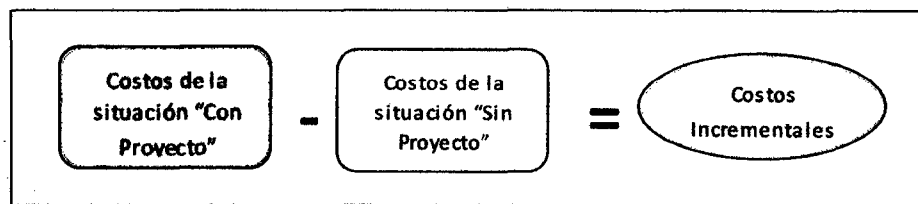
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$/.)	Costo mes (\$/.)	Costo anual (\$/.)
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>					<b>161.460,72</b>
1.1	<b>Personal</b>					<b>88.800,00</b>
1.1.1	Profesional	mes	1	1.700	1.700	20.400,00
1.1.2	Operarios	mes	6	950	5.700	68.400,00
1.2	<b>Bienes y servicios</b>					<b>72.660,72</b>
1.2.1	Insumos químicos (cloro)	kg	197	6,90	1.359	16.311,60
1.2.2	Insumos químicos (Sulfato de Aluminio)	kg	900	0,40	360	4.320,00
1.2.3	Energía eléctrica	kW-h	7.143	0,32	2.286	27.429,12
1.2.4	Combustible de vehículo	Galones	125	10	1.250	15.000,00
1.2.5	Análisis de la calidad del agua	mes	2	400	800	9.600,00
<b>2</b>	<b>Costos de mantenimiento</b>					<b>30.540,00</b>
2.1	Repuestos de equipos	Global	1	1.995	1.995	23.940,00
2.2	Materiales diversos y herramientas	Global	1	250	250	3.000,00
2.3	Mantenimiento de vehículo	Global	1	300	300	3.600,00
	<b>Total</b>					<b>192.000,72</b>

Fuente: Elaboración propia.

### c) Costos incrementales de operación y mantenimiento

Los costos incrementales, son aquellos que se generan sólo si el proyecto es ejecutado, esto es, cuánto más cuesta implementar el proyecto respecto a los costos que actualmente se incurren en el sistema.

Los costos incrementales se calculan comparando los costos de la situación con proyecto y de la situación sin proyecto; la diferencia entre ellos, constituye los costos incrementales atribuibles al proyecto.



En algunos casos la situación Sin Proyecto es inexistente debido a que no se otorgaba un bien o servicio.

Siguiendo el ejemplo, los costos de operación y mantenimiento incrementales son los siguientes:

**Cuadro 4.41 Costos incrementales de operación y mantenimiento**  
(Expresado en nuevos soles a precios de mercado)

Ítem	Descripción	Sin proyecto	Con proyecto		Incrementales	
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>	<b>637.440,00</b>	<b>124.520,88</b>	<b>161.460,72</b>	<b>-512.919,12</b>	<b>-475.979,28</b>
1.1	Personal	36.240,00	66.000,00	88.800,00	29.760,00	52.560,00
1.1.1	Profesional	2.040,00	20.400,00	20.400,00	18.360,00	18.360,00
1.1.2	Operarios	34.200,00	45.600,00	68.400,00	11.400,00	34.200,00
<b>1.2</b>	<b>Bienes y servicios</b>	<b>601.200,00</b>	<b>58.520,88</b>	<b>72.660,72</b>	<b>-542.679,12</b>	<b>-528.539,28</b>
1.2.1	Servicio de agua para riego <sup>1</sup>	600.000,00			-600.000,00	-600.000,00
1.2.2	Insumos químicos		16.311,60	20.631,60	16.311,60	20.631,60
1.2.3	Energía Eléctrica		25.409,28	27.429,12	25.409,28	27.429,12
1.2.4	Combustible de vehículo	1.200,00	12.000,00	15.000,00	10.800,00	13.800,00
1.2.5	Análisis de la Calidad del agua		4.800,00	9.600,00	4.800,00	9.600,00
<b>2</b>	<b>Costos de mantenimiento</b>	<b>1.800,00</b>	<b>14.916,00</b>	<b>30.540,00</b>	<b>13.116,00</b>	<b>28.740,00</b>
2.1	Repuestos de equipos		9.516,00	23.940,00	9.516,00	23.940,00
2.2	Materiales diversos y herramientas		2.400,00	3.000,00	2.400,00	3.000,00
2.3	Mantenimiento de vehículo	1.800,00	3.000,00	3.600,00	1.200,00	1.800,00
	<b>Total</b>	<b>639.240,00</b>	<b>139.436,88</b>	<b>192.000,72</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-447.239,28</b>

<sup>1</sup> Servicio de SERPAR – Lima en la actualidad.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.6.3 Flujo de costos incrementales a precios de mercado.

Luego de haberse calculado el flujo de costos de operación y mantenimiento para la situación "sin proyecto" y situación "con proyecto" para el horizonte de evaluación, se estiman los



costos incrementales considerando la diferencia entre la situación “con proyecto” y situación “sin proyecto” a precios privados o de mercado.

El flujo de costos incrementales permite visualizar la distribución de los costos de acuerdo con el período en que se realizan. Dicha distribución corresponderá al cronograma de actividades que se establece, tanto para la fase de inversión, como la de post inversión.

Cuadro 4.42 Flujo de costos incrementales a precios de mercado de la Alternativa 1

Fases/Rubros	Programación anual										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>I. Inversión</b>	<b>9.718.865,91</b>					<b>82.254,00</b>					<b>715.246,00</b>
1. Expediente técnico	172.946,91										
2. Infraestructura y Equipamiento	8.450.024,11					82.254,00					715.246,00
3. Interferencias de servicios públicos	314.412,18										
4. Organización y gestión	189.425,40										
5. Capacitación	5.900,00										
6. Supervisión	461.191,77										
7. Mitigación ambiental	124.965,54										
<b>II. Post Inversión</b>		<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>	<b>139.436,88</b>
1. Costos de operación		124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88	124.520,88
2. Costos de mantenimiento		14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00	14.916,00
<b>III. Costos O y M sin proyecto</b>		<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>
1. Costos de operación		637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00
2. Costos de mantenimiento		1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00
<b>Costos incrementales (I+II-III)</b>	<b>9.718.865,91</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-417.549,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>-499.803,12</b>	<b>215.442,88</b>

Para el ejemplo, presentado este flujo de costos incrementales se muestra en los cuadros 4.42 y 4.43.

Cuadro 4.43 Flujo de costos incrementales a precios de mercado de la Alternativa 2

Fases/Rubros	Programación anual										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>I. Inversión</b>	<b>11.084.486,09</b>					<b>148.830,00</b>					<b>1.313.638,00</b>
1. Expediente técnico	198.579,56										
2. Infraestructura y Equipamiento	9.721.657,93					148.830,00					1.313.638,00
3. Interferencias de servicios públicos	314.412,18										
4. Organización y gestión	189.425,40										
5. Capacitación	5.900,00										
6. Supervisión	529.545,48										
7. Mitigación ambiental	124.965,54										
<b>II. Post Inversión</b>		<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>	<b>192.000,72</b>
1. Costos de operación		161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72	161.460,72
2. Costos de mantenimiento		30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00	30.540,00
<b>III. Costos O y M sin proyecto</b>		<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>	<b>639.240,00</b>
1. Costos de operación		637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00	637.440,00
2. Costos de mantenimiento		1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00	1.800,00
<b>Costos incrementales (I+II-III)</b>	<b>11.084.486,09</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-298.409,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>-447.239,28</b>	<b>866.398,72</b>

En los flujos anteriores (alternativa 1 y 2) se observa el monto que es necesario invertir para la reposición de equipos de bombeo y equipos de cloración cada 5 años, y de batería de filtros cada 10 años.

## **4.4 EVALUACIÓN**

La evaluación tiene como objetivo fundamental contribuir a tomar una decisión acerca de la conveniencia de ejecutar un proyecto de inversión, utilizando como herramientas los criterios de evaluación o indicadores de rentabilidad, como el valor actual neto y la tasa interna de retorno, etc.

Para efectuar la evaluación del proyecto se deben construir los flujos de beneficios o ingresos y de costos de inversión y operación, para todo el período de evaluación, en las situaciones con y sin proyecto. De este modo se calculan los beneficios y costos incrementales, que resultan de la diferencia de beneficios y costos entre la situación con y sin proyecto respectivamente, los cuales son pertinentes para la evaluación.

El objetivo de este módulo es conocer como evaluar las alternativas de solución y cómo elegir la mejor alternativa desde el punto de vista social, teniendo una idea clara de cómo:

- Identificar, cuantificar y valorizar los beneficios sociales del proyecto.
- Determinar la rentabilidad social de cada una de las alternativas de solución, así como de las medidas de reducción de riesgo (MRR).
- Determinar la mejor alternativa de solución sobre la base de los indicadores de rentabilidad social.
- Determinar los factores que pueden afectar los flujos de beneficios y costos (análisis de sensibilidad).
- Determinar la sostenibilidad de la alternativa de solución elegida, en todas sus dimensiones.
- Identificar los impactos ambientales negativos de implementar el PIP, así como estimar los costos de mitigarlos.
- Elaborar el Marco Lógico de la alternativa de solución seleccionada.

### **4.4.1 Evaluación social**

A diferencia de la evaluación privada de un proyecto, en la cual el objetivo es determinar la rentabilidad para el inversionista, en la evaluación social interesa calcular la rentabilidad de

un proyecto de inversión para toda la sociedad en su conjunto o medir la contribución de determinado PIP al bienestar de la sociedad. Esto se logra comparando los beneficios sociales y costos sociales, atribuibles al proyecto.

El propósito de este apartado es identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios sociales del proyecto en términos monetarios a lo largo de todo el horizonte de evaluación.

#### **4.4.1.1 Beneficios sociales**

Los beneficios sociales son aquellos que permiten a los pobladores atendidos por el proyecto de inversión incrementar su nivel de bienestar, como consecuencia del consumo del bien o servicio que produce el proyecto.

*Generalmente, los PIP otorgan tres tipos de beneficios a la sociedad, por eso se les denomina beneficios sociales<sup>33</sup>:*

*a) **Beneficios directos.** En primer lugar, encontramos que estos beneficios tienen que ver con el efecto inmediato que ejerce la mayor dotación del bien o servicio provisto por el proyecto. Estos beneficios provienen de dos fuentes:*

- El ahorro de recursos, consecuencia de su mayor disposición a menor precio.*
- El mayor consumo del bien o servicio.*

*b) **Beneficios indirectos.** Son aquellos que se producen en otros mercados relacionados con el bien o servicio que se provee.*

*c) **Beneficios intangibles.** Son aquellos que claramente generan bienestar a la población pero que son difíciles de valorizar.*

Es importante destacar que el ingreso financiero o monetario se refiere al dinero en efectivo que puede recaudar una entidad ejecutora u operadora de un PIP, por la prestación de un

---

<sup>33</sup> Pautas para la identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública, a nivel de perfil. DGPI 2011.

servicio público. Por ejemplo, el ingreso por: peaje en una carretera, consulta en un establecimiento de salud, pago de arbitrios por la población por mantenimiento de áreas verdes, tarifa por uso de agua en servicio de agua para riego, etc. Los ingresos que puede generar un proyecto de reúso serían los dos últimos casos.

Por otro lado, el beneficio social se refiere al valor que representa para la población usuaria el incremento o mejora de la disponibilidad del bien o servicio que ofrece el PIP. Asimismo, es posible que los beneficios del PIP se proyecten a agentes distintos a la población a la cual está dirigida el proyecto. Tal es el caso, por ejemplo, de un PIP de incremento de la cobertura de servicios de salud, el cual no sólo favorece a la población que se atiende en el centro médico, sino al resto de la sociedad por reducir la posibilidad de contagio o propagación de la dolencia o enfermedad tratada.

Algunos beneficios sociales de proyectos de reúso de aguas residuales tratadas de aguas residuales son: Ahorro en costo en agua para riego, incremento del valor neto de la producción, liberación de recurso agua, etc.

El propósito de este apartado es identificar, definir y sustentar los beneficios que generará el proyecto, debiendo guardar coherencia con los fines de éste.

Se debe estimar los beneficios que se generarían en la situación "sin proyecto", para todo el horizonte de evaluación.

Cuantificar y valorizar los beneficios que se generarían por cada una de las diferentes alternativas del proyecto, con base en supuestos razonables, para todo el horizonte a fin de incorporarlos en la evaluación.

Algunos de los beneficios sociales que se podrían alcanzar por un proyecto de reúso de aguas residuales son:

### **1. Incremento del Valor Neto de la Producción**

Este es el beneficio más común en la evaluación de este tipo de proyectos cuando el reúso se da en la agricultura. El valor neto de la producción incremental está asociado al incremento de la producción, productividad o calidad de los productos y por reducción

del costo de producción, esto debido a que las aguas residuales aportan los nutrientes requeridos por los cultivos, lo que permite ahorrar los costos de fertilización, que muchas veces representan más del 50% del costo de producción (CEPIS/OPS, 1995).

Para cuantificar y valorar este beneficio se requiere estimar el Valor Neto de la Producción de la actividad agrícola en la situación sin proyecto (optimizada) y en la situación con proyecto. El cálculo para obtener el valor neto de la producción es el siguiente:

$$\text{Valor Neto de Producción} = \text{Valor Bruto de Producción} - \text{Costo Total de Producción}$$

El Valor Bruto de Producción se obtiene de la multiplicación del número de hectáreas de la cédula de cultivo, el rendimiento por hectárea y por el precio de venta.

$$\text{Valor Bruto de Producción} = \text{Número de hectáreas} \times \text{Rendimiento por hectárea} \times \text{Precio de venta}$$

El Costo Total de Producción se calcula multiplicando el costo de producción por hectárea y el Número de hectáreas.

$$\text{Costo Total de Producción} = \text{Costo de producción por hectárea} \times \text{Número de hectáreas}$$

Para ello, es necesario considerar la información recopilada y/o calculada en el diagnóstico y formulación de:

- Tipos de cultivos a sembrar, así como superficie sembrada y cosechada en hectáreas.
- Valor de la producción agrícola esperado, para lo cual se requiere conocer el rendimiento en toneladas por hectárea y el precio local en soles por tonelada.
- Costos de producción agrícola por tipo de cultivo (semillas, fertilizantes, pesticidas, mano de obra, etc.), ya sea en soles por tonelada o en soles por hectárea.

Además, de haber realizado el trabajo de campo, los parámetros utilizados para la estimación de la demanda actual y proyectada, deben ser validados por un responsable de la Agencia Agraria de la zona, respecto a la cédula de cultivo propuesta.

La diferencia del valor neto de la producción agrícola con proyecto menos el valor neto de la producción agrícola optimizada da el incremento en el valor neto de producción.

En muchas zonas de la costa del Perú el sector agrícola tiene un fuerte déficit de agua para su producción, dado que en ocasiones el agua subterránea y superficial disponible es insuficiente. Ante esta situación, la reutilización de aguas residuales tratadas en el riego agrícola, es una gran alternativa porque garantiza una fuente constante y segura del líquido aun en los años más secos, y sobre todo coadyuvar en la eliminación del riego con aguas negras y la sustentabilidad del sistema.

## **2. Ahorro por el uso del agua residual tratada**

Los altos costos que demanda el riego de áreas verdes con agua potable y de pozo ha determinado que algunas instituciones municipales y privadas en Lima decidan tratar y usar las aguas residuales locales para reducir significativamente sus costos. Por lo tanto una forma de evaluar los beneficios económicos del uso de las aguas residuales tratadas es a través del ahorro económico producto del reemplazo del agua potable que tradicionalmente se ha utilizado.

El cuadro 4.44 muestra el ahorro económico que lograron seis experiencias de reúso en Lima evaluadas por el Proyecto SWITCH - Lima, al haber reemplazado el agua potable por agua residual tratada para el riego de sus áreas verdes. Así por ejemplo el colegio La Inmaculada que trata aguas residuales en lagunas de estabilización muestra que su gasto se redujo a sólo el 27% del que tenía cuando utilizaba agua potable, mientras que el área verde de la avenida Universitaria apenas ahorra un 4% del costo, ya que utiliza una planta de lodos activados que genera un costo muy cercano al agua potable. Los casos de Pucusana y Parque 26, además de mostrar un ahorro significativo, sólo cuentan con ese recurso como única fuente de agua.

Cuadro 4.44 Ahorro en el costo de agua para riego de algunas áreas verdes en Lima Metropolitana

Caso	Tecnología de tratamiento	Tarifa del agua potable	Costo del agua tratada (US\$/m <sup>3</sup> )	Diferencia de costo (US\$/m <sup>3</sup> )	Volumen anual (m <sup>3</sup> )	Ahorro	
						US\$/año	%
Pucusana	Lagunas de estabilización	0.72	0.22	0.50	15,600	7,792	69
Inmaculada	Lagunas de estabilización	1.75	0.47	1.28	142,500	182,144	73
Parque 26	Lagunas aireadas	0.72	0.59	0.13	518,393	65,072	17
Avenida Universitaria	Lodos activados	0.72	0.69	0.03	55,176	1,682	4
Oasis de Villa	Humedales artificiales	0.72	0.46	0.26	3,532	911	36
Miraflores-Costa Verde	Filtros percoladores	0.93	0.32	0.61	22,072	13,531	66

Fuente: IPES, 2008

De esta información se puede deducir que el ahorro por costo de agua fluctúa entre el 4% y 73% según la tecnología utilizada para el tratamiento y la tarifa de agua potable de SEDAPAL aplicada, pero en todos los casos se logra un beneficio por usar las aguas residuales tratadas.

Es importante aclarar que este cálculo se ha realizado con la tarifa estatal para el agua potable asignada hasta fines del 2011 para el riego de las áreas verdes municipales, mas no con la tarifa comercial de US\$ 1.70/m<sup>3</sup> que es la actual, por lo que el ahorro por costo de agua se elevaría considerablemente. Esa nueva situación justifica aún más el reemplazo de esta fuente por agua residual tratada.

### 3. Mayor disponibilidad de agua

Existen casos en que se puede intercambiar el agua residual tratada, con la calidad adecuada, por la utilizada en la agricultura, áreas verdes o la industria, etc., lo cual permite liberar volúmenes de agua potable que utilizaban en sus cultivos, procesos e instalaciones. Estos caudales liberados que se pueden ingresar al sistema de agua potable, considerando los costos necesarios para su interconexión, se pueden considerar como beneficios por mayor consumo y liberación de recursos.

La reutilización del agua residual depurada se basa, principalmente, en aprovecharla como agua de riego o de recarga, con el fin de incrementar los recursos hídricos de un sistema acuífero. Esta práctica podría contribuir a evitar los problemas que ocasiona el vertido de esta agua en cauces superficiales o en el mar, tales como: riesgos sanitarios, cambios en las características organolépticas, entre otros.



Este reuso permitiría que los recursos hídricos convencionales se destinen a cubrir aquellas demandas que exigen agua de mayor calidad.

#### **4. Disminución de enfermedades de origen hídrico**

Existen diversas enfermedades relacionadas con el contacto de aguas residuales crudas, entre ellas las intestinales, cutáneas y oftálmicas. Este beneficio será aplicable cuando con el proyecto de las plantas de tratamiento de aguas residuales se eliminen o limpien estas descargas, aunque podría estar supeditado a la presencia de colectores y emisores.

Para cuantificar los costos de ese contacto, se procederá a realizar encuestas directas a la población objetivo del proyecto, y se complementarán con información del sector salud en caso de ser necesario.

En las encuestas se obtendrá el porcentaje de incidencia de cada enfermedad, el número de casos al año, lugar donde se atienden (privado o particular), el costo de tratamiento, días de incapacidad y el tipo de personas que lo adquieren.

Con estos datos se determinará el número de casos promedio presentados en el último año, el costo promedio de tratamiento y el costo por atención médica anual por persona. Este beneficio se aplicará al número de habitantes que se van a beneficiar con el proyecto, el cual se hará incremental hasta el año de saturación del mismo.

También se debe considerar el costo de oportunidad del tiempo de la población afectada. Se puede considerar el costo de oportunidad con relación al tiempo que dejan de trabajar los adultos (en la encuesta hay que diferenciar a los adultos de los niños) por acudir o llevar a los menores al servicio médico.

#### **5. Mejoramiento de la calidad de los cuerpos receptores**

**1) Potabilización.** Cuando las aguas residuales sin tratar son vertidas en el subsuelo o en algún cuerpo receptor y éstas se infiltran y contaminan los mantos acuíferos, o bien,

escurren hasta los sitios donde el agua es extraída y utilizada como fuente de suministro para agua potable de la localidad o de localidades aguas abajo de la descarga, es necesario tratar las aguas extraídas para consumo doméstico, lo que implica un costo de potabilización. Al prevenir la contaminación de acuíferos y fuentes superficiales se disminuye o elimina la necesidad de aplicar el proceso de potabilización; por lo que deberá tomarse en cuenta o bien describirse como un intangible del proyecto.

**2) Saneamiento de cauces.** Existen cuerpos de aguas a los que se les da limpieza periódica, consistente en quitar basuras, sólidos gruesos, maleza acuática generada por el acumulación de nutrientes en el agua, dragado por el exceso de material orgánico sedimentado; esta limpieza, realizada con medios mecánicos o manuales puede disminuirse, resultando en un ahorro de recursos como beneficio atribuible a la construcción de un sistema de tratamiento.

#### **6. Postergación de inversiones en agua potable**

En el caso de que un proyecto de tratamiento de aguas residuales se defina, además, como un proyecto de reutilización de las aguas tratadas, se generará un beneficio que permitirá postergar inversiones en agua potable.

La reutilización de agua tratada, lo que permite es que la demanda por agua potable disminuya y eso hará que la ampliación de este servicio se pueda postergar por uno o varios periodos.

#### **Ejemplo:**

En la situación "con Proyecto" se propone el suministro de agua (aguas residuales domésticas tratadas) en cantidad suficiente (según requerimiento de la demanda) y calidad cumpliendo con los ECA para el riego de las áreas verdes en el ámbito del Proyecto.

Los beneficios sociales cuantitativos del Proyecto de ambas alternativas están dados por el ahorro de costos del suministro de agua en la situación "con" Proyecto, mediante el cambio de la fuente de agua actual (agua de pozo), utilizada en forma restringida para el riego de las áreas verdes por aguas residuales domésticas tratadas.

Es importante recalcar, que costo del suministro y regado en la situación "sin" Proyecto, brindado por SERPAR Lima es de S/. 200 por cisterna, pero también existen empresas privadas que brindan el servicio con un costo entre S/. 400 y S/. 450 por cisterna. Estos costos equivalen a 5.87 y 11.74 soles por metro cúbico (S./m<sup>3</sup>) de agua para fines de irrigación de las áreas verdes en el tramo del sistema vial de la Panamericana Sur, respectivamente. Este valor sería el máximo valor que EMAPE podría pagar a fin de mantener las áreas verdes con riego.

Debido a las limitaciones del agua de pozo y su elevado costo de traslado por su lejanía, se considera para cuantificación de los beneficios como costo alternativo, la tarifa comercial de US\$<sup>34</sup> 1.70/m<sup>3</sup> (S/. 4.79) del agua potable utilizada por los municipios para el riego de sus áreas verdes; tarifa establecida por SUNASS.

También es necesario mencionar los costos de tratamiento de aguas residuales domésticas, estimados por Sedapal para las plantas de San Bartolo y San Juan, son 0,1384 y 0,1916 US\$/m<sup>3</sup> respectivamente; valores incluyen los gastos de personal e insumos, servicios de terceros, tributos, cargas diversas de gestión, provisiones y gastos generales. Los costos de tratamiento corregidos por Julio Moscoso<sup>35</sup>, que es de 0,1916 US\$/m<sup>3</sup> para ambas plantas.

Para la estimación de los beneficios sociales en la situación con Proyecto, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El volumen anual de agua requerida (demanda hídrica) para el riego de las 62,49 ha en la situación con proyecto, expresada en m<sup>3</sup>/año.

El volumen promedio requerido de agua para el riego de las 62,49 ha de áreas verdes para el proyecto es de 798.192 m<sup>3</sup>/año, valor calculado en el apartado de demanda.

- El volumen anual de agua utilizada en la situación sin proyecto, expresada en m<sup>3</sup>/año.

---

<sup>34</sup> US\$ dólar estadounidense.

<sup>35</sup> Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana

El volumen promedio de agua de pozo para el riego utilizada en la actualidad es de 250 cisternas mensuales o  $8.517 \text{ m}^3/\text{mes}$  de acuerdo al diagnóstico, por lo tanto al año la cantidad utilizada es  $102.206 \text{ m}^3$ .

- La tarifa comercial del agua potable. A partir del año 2012 la SUNASS incrementó la tarifa que las empresas de agua cobran a los municipios, esta tarifa comercial es de US\$  $1.70/\text{m}^3$ ; medida tomada a fin de propiciar el reemplazo del uso de agua potable por agua residual tratada para el riego de las áreas verdes urbanas.
- El tipo de cambio. Se considera el tipo de cambio al 31 de abril de 2011 de S/. 2,82 por US\$.
- Factor de corrección. Se considera el factor de corrección para bienes no transables, que es 0,847.

Con los valores anteriores se calcula primero el volumen de agua incremental  $\text{m}^3/\text{año}$ , mediante la diferencia del volumen de agua requerida en la situación con proyecto y volumen de agua utilizada en la situación sin proyecto, es decir:

$$798.192 - 102.206 = 695.986$$

El volumen de  $695.986 \text{ m}^3/\text{año}$  es la cantidad adicional de agua que requiere el proyecto para fines de riego, a la que se denomina volumen de agua incremental. Si se abasteciera esta cantidad incremental hídrica, con agua potable el costo que ello generaría sería de S/. 3.336.556,32 al año, el cual se obtiene de multiplicar el volumen de agua incremental por la tarifa comercial del agua potable y el tipo de cambio; tal como se muestra a continuación:

$$695.986 \times 1,70 \times 2,82 = 3.336.556,32$$

Los S/. 3.336.556,32 al año, es el costo alternativo del proyecto, lo cual se evitará al utilizar aguas residuales domésticas tratadas, y vienen a ser los beneficios por ahorro de costos del proyecto expresados a precios de mercado. Estos beneficios anuales permanecerán

constantes para todo el horizonte de evaluación, debido a que el volumen de agua incremental se mantiene constante a lo largo del período de evaluación, porque la extensión a regar tampoco varía.

Finalmente, estos beneficios por ahorro de costos a precios de mercado se convierten a precios sociales multiplicando por el factor de corrección 0,847, es decir:

$$S/. 3.336.556,32 \times 0,847 = S/. 2.826.063,20$$

En el cuadro 4.45 se presenta los beneficios sociales con Proyecto, que están dados por el ahorro de costos anuales, los cuales permanecerán constantes para todo el horizonte de evaluación y es el mismo para las dos alternativas del Proyecto; los cuales ascienden a S/. 2.826.063,20. El costo de agua residual tratada por Sedapal con fines sanitarios, se considera US\$ 0,00 por m<sup>3</sup> para el proyecto.

Cuadro 4.45 Beneficios por ahorro de costos en agua para riego de áreas verdes  
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)

Año	Áreas de riego (m <sup>2</sup> )	Volumen de agua requerida (con proyecto)	Volumen de agua utilizada (sin proyecto)	Volumen de agua incremental	Costo de agua potable	Costo de agua residual tratada <sup>1</sup>	Beneficio por ahorro de costos
		m <sup>3</sup> /año			S./año		
1	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
2	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
3	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
4	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
5	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
6	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
7	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
8	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
9	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20
10	624.895	798.192	102.206	695.986	2.826.063,20	0,00	2.826.063,20

<sup>1</sup>Costo de agua residual tratada captado de las plantas de Sedapal

Fuente: Elaboración propia

También se considera como beneficios cualitativos atribuibles al Proyecto, las vinculadas al medio ambiente como el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas para el

mantenimiento e incremento de las áreas verdes, orientadas a coadyuvar en la disminución de la contaminación atmosférica y en forma indirecta a disminuir las enfermedades respiratorias de la población cercana en el ámbito del Proyecto.

Mayor disponibilidad de agua o liberación de recurso, al intercambiar el agua de pozo por agua residual tratada con la calidad adecuada para el riego de las áreas verdes. Estos caudales liberados pueden ingresar al sistema de agua potable u otros usos que exigen agua de mayor calidad.

Gestión eficiente del recurso agua, con el desarrollo de un sistema integrado de tratamiento y reúso para facilitar un uso sostenible del agua de esta manera se garantizará la disponibilidad de agua de primera calidad para consumo humano.

De igual forma con la implementación del Proyecto se mejorará la gestión institucional ambiental de EMAPE S.A. y la Municipalidad Metropolitana de Lima mediante la implementación de Buenas Políticas y Prácticas de Gestión ambiental, orientada a obtener el ISO 14001.

#### **4.4.1.2 Costos sociales**

Los costos sociales son el valor que tiene para la sociedad los recursos (bienes y servicios) que se emplean en el proyecto.

Los costos sociales no sólo incluyen los costos de bienes y servicios que aparecen en el flujo de caja; sino también otros costos que genera el proyecto en otros mercados de bienes y servicios distintos al que ofrece el proyecto (externalidades negativas) e intangibles.

Debido a que los precios de mercado o privados no reflejan situaciones de eficiencia económica, debido a las fallas del mercado por presencia de impuestos, subsidios, monopolios, externalidades y la existencia de bienes públicos; con el fin de realizar una apropiada evaluación del proyecto, desde el punto de vista social, es necesario efectuar la corrección de los costos del proyecto a precios privados, aplicando factores de corrección,

para aproximarlos a los costos que se darían en una situación de competencia perfecta, la cual por definición refleja una situación de eficiencia económica.

Para convertir los precios de mercado a sociales, es necesario multiplicar a los precios de mercado por factores de corrección:

$$\text{Costos a precio de mercado} \times \text{Factor de corrección} = \text{Costos a precios sociales}$$

Los factores de corrección son estimados por la DGPI – MEF y algunos sectores como Saneamiento. Para conocer los factores de corrección vigentes en el momento de elaborar un estudio de preinversión, se debe revisar el Anexo SNIP 10 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública<sup>36</sup>.

Considerando el desagregado del presupuesto de cada componente, tanto a los costos de inversión, operación y mantenimiento, se emplea los siguientes factores de corrección:

Cuadro 4.46

Factores de corrección de precios básicos

Descripción	FC
Bienes transables	0,867
Bienes no transables	0,847
Mano de obra calificada	0,909
Combustibles	0,66

Fuente: Anexo SNIP 10

Cuadro 4.47

Factores de corrección de mano de obra No Calificada

Región geográfica	Urbano	Rural
Lima Metropolitana	0.86	-
Resto costa	0.68	0.57
Sierra	0.60	0.41
Selva	0.63	0.49

Fuente: Anexo SNIP 10

<sup>36</sup> Ver Anexo SNIP 10: Parámetros de evaluación, disponible en el portal institucional del MEF-SNIP.

**Cuadro 4.48 Factores de conversión a precios sociales  
a nivel de componentes de inversión**

<b>Componente</b>	<b>Factor de Corrección</b>
Línea de agua potable	0,802
Obras civiles estructuras	0,759
Equipamiento e instalaciones hidráulicas	0,838
Líneas de alcantarillado	0,772
Planta de tratamiento de desagüe	0,785

*Fuente: Anexo SNIP 10 modificado por la RD N° 003-2012-EF/63.01*

**a) Estimación de costos de inversión a precios sociales**

Aquí se convierten los precios privados o de mercado a precios sociales, de los costos de inversión de las alternativas. Para facilitar la aplicación de los factores de corrección se desagrega los costos a nivel de precios básicos y/o componentes (como ejemplo ver cuadros 4.49 y 4.50).

**b) Estimación de costos de operación y mantenimiento a precios sociales**

Los costos de operación y mantenimiento se convierten a precios sociales aplicando los factores de corrección de bienes transables (importados) y no transables (nacionales), mano de obra calificada y no calificada, combustible; los cuales se detallan en los cuadros 4.51, 4.52 y 4.53. Previamente estos costos de deben ser desagregados a nivel de dichos rubros.



Cuadro 4.49 Costos de inversión de la Alternativa 1- Captar efluente de la PTAR San Bartolo				
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)				
Item	Descripción	Costo precios de mercado	Factor de corrección	Costo a precios sociales
<b>1</b>	<b>Infraestructura y Equipamiento</b>			
1.01	Obras provisionales	134,441.00	0.759	102,040.72
1.02	Captación (PTAR San Bartolo)	6,146.00	0.759	4,664.81
1.03	Línea de conducción PTAR San Bartolo- Puente Arica	386,960.00	0.772	298,733.12
1.04	Sistema de tratamiento complementario	581,503.00	0.785	456,479.86
1.05	Línea de descarga de agua lavado de filtros	6,492.00	0.772	5,011.82
1.06	Línea tramo de tratamiento complementario- Berma puente Arica	13,617.00	0.772	10,512.32
1.07	Conducción Ramal Sur (puente Arica a km 49 Sur)	993,911.00	0.772	767,299.29
1.08	Sistema de bombeo en línea km 49 Sur	21,780.00	0.838	18,251.64
1.09	Línea de impulsión a reservorio R-1, 100 m3- km 53,4 Panamericana Sur	240,174.00	0.772	185,414.33
1.10	Reservorio apoyado (R-1) de 100 m <sup>3</sup>	285,800.00	0.759	216,922.20
1.11	Línea de conducción de R-1 a puente Pucusana	197,328.00	0.772	152,337.22
1.12	Derivación áreas verdes intercambio vial puente Pucusana	8,724.00	0.772	6,734.93
1.13	Instalación de tuberías a intercambio Pucusana	17,623.00	0.772	13,604.96
1.14	Línea de conducción R-1 a km Panamericana Sur	130,017.00	0.772	100,373.12
1.15	Conducción Ramal Norte (puente Arica a puente Huaylas)	1,209,111.00	0.772	933,433.69
1.16	Derivación áreas verdes puente Huaylas - puente San Pedro	8,629.00	0.772	6,661.59
1.17	Derivación áreas verdes puente intercambio vial Mamacona	8,958.00	0.772	6,915.58
1.18	Derivación áreas verdes puente - intercambio vial Conchan	9,005.00	0.772	6,951.86
1.19	Derivación áreas verdes puente - intercambio vial Huaylas	9,392.00	0.772	7,250.62
1.20	Sistema de bombeo en línea km 18.5 puente Huaylas	21,780.00	0.838	18,251.64
1.21	Línea de impulsión km 18.5 a puente Alipio Ponce	281,156.00	0.772	217,052.43
1.22	Derivación a cisternas existentes C-1 y C-3	19,416.00	0.772	14,989.15
1.23	Línea de conducción de cisternas C-3 a cisterna C-4	36,853.00	0.772	28,450.52
1.24	Rehabilitación de tuberías y cintas de riego existentes	43,010.00	0.838	36,042.38
1.25	Jardinería y sembrío	127,580.00	0.847	108,060.26
1.26	Manejo ambiental	86,100.00	0.847	72,926.70
	<b>Costo Directo</b>	<b>4,885,506.00</b>		<b>3,795,366.76</b>
	Gastos generales (15%)	732,825.90	0.847	620,703.54
	Utilidad (8%)	390,840.48	0.847	331,041.89
	<b>Sub Total I</b>	<b>6,009,172.38</b>		<b>4,747,112.18</b>
<b>2</b>	<b>Intangibles y Otros Costos</b>			
2.01	Expediente técnico	146,565.18	0.847	124,140.71
2.02	Supervisión	390,840.48	0.847	331,041.89
2.03	Interferencias de servicios públicos	266,451.00	0.847	225,684.00
2.04	Contingencias	1,257,768.00	0.847	1,065,329.50
2.05	Capacitación	5,000.00	0.909	4,545.00
2.06	Organización y gestión	160,530.00	0.909	145,921.77
	<b>Sub Total II</b>	<b>8,236,327.04</b>		<b>6,643,775.04</b>
	IGV (18%)	1,482,538.87	0.847	1,255,710.42
	<b>Total General</b>	<b>9,718,865.91</b>		<b>7,899,485.46</b>

Cuadro 4.50 Costos de inversión de la Alternativa 2 - Captar efluente de la PTAR San Bartolo + PTAR San Juan				
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)				
Item	Descripción	Costo precios de mercado	Factor de corrección	Costo a precios sociales
<b>1</b>	<b>Infraestructura y Equipamiento</b>			
1.01	Obras provisionales	134,441.00	0.759	102,040.72
1.02	Captación (PTAR San Bartolo)	6,146.00	0.759	4,664.81
1.03	Línea de conducción PTAR San Bartolo - puente Arica	371,649.00	0.772	286,913.03
1.04	Sistema de tratamiento complementario	581,503.00	0.785	456,479.86
1.05	Línea de descarga de agua lavado de filtros	6,492.00	0.772	5,011.82
1.06	Línea tramo de tratamiento complementario- Berma puente Arica	13,617.00	0.772	10,512.32
1.07	Conducción Ramal Sur (puente Arica a km 49 Sur)	976,979.00	0.772	754,227.79
1.08	Sistema de bombeo en Línea km 49 Sur	25,380.00	0.838	21,268.44
1.09	Línea de impulsión a reservorio R-1 100 m <sup>3</sup> - km 53,4 Panamericana Sur	234,964.00	0.772	181,392.21
1.10	Reservorio apoyado (R-1) de 100 m <sup>3</sup>	285,800.00	0.759	216,922.20
1.11	Línea de conducción de R-1 a puente Pucusana	190,816.00	0.772	147,309.95
1.12	Derivación áreas verdes intercambio vial puente Pucusana	8,724.00	0.772	6,734.93
1.13	Instalación de tuberías a intercambio Pucusana	14,477.00	0.772	11,176.24
1.14	Línea de conducción R-1 a km Panamericana Sur	130,017.00	0.772	100,373.12
1.15	Conducción Ramal Norte (puente Arica a puente Huaylas)	575,570.00	0.772	444,340.04
1.16	Derivación áreas verdes puente Huaylas - puente San Pedro	8,629.00	0.772	6,661.59
1.17	Derivación áreas verdes puente Intercambio Vial Mamacona	8,958.00	0.772	6,915.58
1.18	Derivación áreas verdes puente - Intercambio Vial Conchan	9,005.00	0.772	6,951.86
1.19	Captación (PTAR San Juan)	5,166.00	0.759	3,920.99
1.20	Línea de conducción PTAR San Juan - puente Huaylas km 18.5	451,345.00	0.772	348,438.34
1.21	Sistema tratamiento complementario puente Huaylas	916,034.00	0.785	719,086.69
1.22	Línea de impulsión km 18.5 a puente Alipio Ponce	277,249.00	0.772	214,036.23
1.23	Derivación a sistemas existentes C-1 y C-3	19,416.00	0.772	14,989.15
1.24	Línea de conducción de cisternas C-3 a km 22 Panamericana	231,720.00	0.772	178,887.84
1.25	Derivación áreas verdes puente - intercambio vial Huaylas	9,392.00	0.772	7,250.62
1.26	Rehabilitación de tuberías y cintas de riego existentes	43,010.00	0.772	33,203.72
1.27	Jardinería y sembrío	127,580.00	0.847	108,060.26
1.28	Manejo ambiental	86,100.00	0.847	72,926.70
	<b>Costo Directo</b>	<b>5,609,592.00</b>		<b>4,470,697.06</b>
	Gastos generales (15%)	841,438.80	0.847	712,698.66
	Utilidad (8%)	448,767.36	0.847	380,105.95
	<b>Sub Total I</b>	<b>6,899,798.16</b>		<b>5,563,501.68</b>
<b>2</b>	<b>Intangibles y Otros Costos</b>			
2.01	Expediente técnico	168,287.76	0.847	142,539.73
2.02	Supervisión	448,767.36	0.847	380,105.95
2.03	Interferencias de servicios públicos	266,451.00	0.847	225,684.00
2.04	Contingencias	1,444,798.00	0.847	1,223,743.91
2.05	Capacitación	5,000.00	0.909	4,545.00
2.06	Organización y gestión	160,530.00	0.909	145,921.77
	<b>Sub Total II</b>	<b>9,393,632.28</b>		<b>7,686,042.04</b>
	IGV (18%)	1,690,853.81	0.847	1,432,153.18
	<b>Total General</b>	<b>11,084,486.09</b>		<b>9,118,195.21</b>

Cuadro 4.51 Costos de operación y mantenimiento sin proyecto  
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)

Ítem	Descripción	Costo anual precios de mercado	Factor de corrección	Costo anual a precios sociales
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>			
1.1	<b>Personal</b>	<b>36.240,00</b>		<b>32.942,16</b>
1.1.1	Profesional	2.040,00	0,909	1.854,36
1.1.2	Operarios	34.200,00	0,909	31.087,80
1.2	<b>Bienes y servicios</b>	<b>3.000,00</b>		<b>2.316,60</b>
1.2.1	Gastos de combustible	1.200,00	0,66	792,00
<b>2</b>	<b>Costos de mantenimiento</b>			
2.1	Mantenimiento de vehículo	1.800,00	0,847	1.524,60
	<b>Total</b>	<b>39.240,00</b>		<b>35.258,76</b>

Cuadro 4.52 Costos de operación y mantenimiento con proyecto - Alternativa 1  
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)

Ítem	Descripción	Costo anual precios de mercado	Factor de corrección	Costo anual a precios sociales
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>			
1.1	<b>Personal</b>	<b>66.000,00</b>		<b>59.994,00</b>
1.1.1	Profesional	20.400,00	0,909	18.543,60
1.1.2	Operarios	45.600,00	0,909	41.450,40
1.2	<b>Bienes y servicios</b>	<b>58.520,88</b>		<b>47.323,19</b>
1.2.1	Insumos químicos (cloro)	16.311,60	0,847	13.815,93
1.2.2	Energía Eléctrica	25.409,28	0,847	21.521,66
1.2.3	Combustible de vehículo	12.000,00	0,66	7.920,00
1.2.4	Análisis de la calidad del agua	4.800,00	0,847	4.065,60
<b>2</b>	<b>Costos de mantenimiento</b>	<b>14.916,00</b>		<b>12.633,85</b>
2.1	Repuestos de equipos	9.516,00	0,847	8.060,05
2.2	Materiales diversos y herramientas	2.400,00	0,847	2.032,80
2.3	Mantenimiento de vehículo	3.000,00	0,847	2.541,00
	<b>Total</b>	<b>139.436,88</b>		<b>119.951,04</b>

Cuadro 4.53 Costos de operación y mantenimiento con proyecto - Alternativa 2  
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)

Ítem	Descripción	Costo anual precios de mercado	Factor de corrección	Costo anual a precios sociales
<b>1</b>	<b>Costos de operación</b>			
1.1	<b>Personal</b>	<b>88.800</b>		<b>80.719,20</b>
1.1.1	Profesional	20.400	0,909	18.543,60
1.1.2	Operarios	68.400	0,909	62.175,60
1.2	<b>Bienes y servicios</b>	<b>72.661</b>		<b>58.738,63</b>

1.2.1	Insumos químicos (cloro)	16.312	0,847	13.815,93
1.2.2	Insumos químicos (Sulfato de Aluminio)	4.320	0,847	3.659,04
1.2.3	Energía eléctrica	27.429	0,847	23.232,46
1.2.4	Combustible de vehículo	15.000	0,66	9.900,00
1.2.5	Análisis de la calidad del agua	9.600	0,847	8.131,20
2	<b>Costos de mantenimiento</b>	<b>30.540</b>		<b>25.867,38</b>
2.1	Repuestos de equipos	23.940	0,847	20.277,18
2.2	Materiales diversos y herramientas	3.000	0,847	2.541,00
2.3	Mantenimiento de vehículo	3.600	0,847	3.049,20
	<b>Total</b>	<b>192.001</b>		<b>165.325,21</b>

### c) Costos incrementales a precios sociales.

Para la evaluación del proyecto, se establece los costos sociales incrementales de inversión, operación y mantenimiento. Estos resultan de la diferencia entre los costos sociales de la situación "con proyecto" y "sin proyecto".

En caso no existiera el servicio, el íntegro de los costos de inversión, operación y mantenimiento con proyecto corresponden a los costos incrementales.

Cuadro 4.54  
Costos incrementales de operación y mantenimiento  
(Expresado en nuevos soles a precios sociales)

Ítem	Descripción	Sin proyecto	Con proyecto		Incrementales	
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
1	<b>Costos de operación</b>	<b>541.934,16</b>	<b>107.317,19</b>	<b>139.457,83</b>	<b>-434.616,97</b>	<b>-402.476,33</b>
1.1	<b>Personal</b>	<b>32.942,16</b>	<b>59.994,00</b>	<b>80.719,20</b>	<b>27.051,84</b>	<b>47.777,04</b>
1.1.1	Profesional	1.854,36	18.543,60	18.543,60	16.689,24	16.689,24
1.1.2	Operarios	31.087,80	41.450,40	62.175,60	10.362,60	31.087,80
1.2	<b>Bienes y servicios</b>	<b>508.992,00</b>	<b>47.323,19</b>	<b>58.738,63</b>	<b>-461.668,81</b>	<b>-450.253,37</b>
1.2.1	Servicio de agua para riego <sup>1</sup>	508.200,00			-508.200,00	-508.200,00
1.2.2	Insumos químicos		13.815,93	17.474,97	13.815,93	17.474,97
1.2.3	Energía Eléctrica		21.521,66	23.232,46	21.521,66	23.232,46
1.2.4	Combustible de vehículo	792,00	7.920,00	9.900,00	7.128,00	9.108,00
1.2.5	Análisis de la Calidad del agua		4.065,60	8.131,20	4.065,60	8.131,20
2	<b>Costos de mantenimiento</b>	<b>1.524,60</b>	<b>12.633,85</b>	<b>25.867,38</b>	<b>11.109,25</b>	<b>24.342,78</b>
2.1	Repuestos de equipos		8.060,05	20.277,18	8.060,05	20.277,18
2.2	Materiales diversos y herramientas		2.032,80	2.541,00	2.032,80	2.541,00
2.3	Mantenimiento de vehículo	1.524,60	2.541,00	3.049,20	1.016,40	1.524,60
	<b>Total</b>	<b>543.458,76</b>	<b>119.951,04</b>	<b>165.325,21</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-378.133,55</b>

Fuente: Elaboración propia.

d) Flujo de costos incrementales a precios sociales.

Luego de haber calculado los costos sociales de inversión, reinversiones y de operación y mantenimiento para la situación “sin proyecto” y situación “con proyecto” para el horizonte de evaluación, se estiman se proyecta el flujo de costos sociales incrementales.

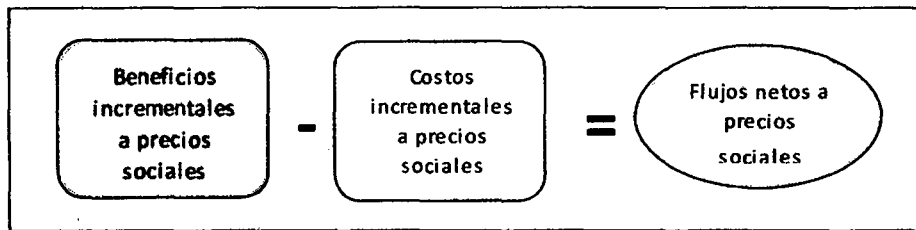
Cuadro 4.55: Flujo de costos incrementales a precios sociales de la Alternativa 1											
Fases/Rubros	Programación anual										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>I. Inversión</b>	<b>7.899.485,46</b>					<b>69.669,14</b>					<b>605.813,36</b>
1. Expediente técnico	146.486,03										
2. Infraestructura y Equipamiento	6.814.513,60					69.669,14					605.813,36
3. Interferencias de servicios públicos	266.307,12										
4. Organización y gestión	170.396,17										
5. Capacitación	5.307,30										
6. Supervisión	390.629,43										
7. Mitigación ambiental	105.845,81										
<b>II. Post Inversión</b>		<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>	<b>119.951,04</b>
1. Costos de operación		107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19	107.317,19
2. Costos de mantenimiento		12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85	12.633,85
<b>III. Costos O y M sin proyecto</b>		<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>
1. Costos de operación		541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16
2. Costos de mantenimiento		1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60
<b>Costos incrementales (I+II-III)</b>	<b>7.899.485,46</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-353.838,58</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>-423.507,72</b>	<b>182.305,64</b>

Cuadro 4.56: Flujo de costos incrementales a precios sociales de la Alternativa 2

Casos/Rubros	Programación anual										
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>I. Inversión</b>	<b>9.118.195,21</b>					<b>126.059,01</b>					<b>1.112.651,39</b>
1. Expediente técnico	168.196,88										
2. Infraestructura y Equipamiento	7.953.616,90					126.059,01					1.112.651,39
3. Interferencias de servicios públicos	266.307,12										
4. Organización y gestión	170.396,17										
5. Capacitación	5.307,30										
6. Supervisión	448.525,03										
7. Mitigación ambiental	105.845,81										
<b>II. Post Inversión</b>		<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>	<b>165.325,21</b>
1. Costos de operación		139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83	139.457,83
2. Costos de mantenimiento		25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38	25.867,38
<b>III. Costos O y M sin proyecto</b>		<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>	<b>543.458,76</b>
1. Costos de operación		541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16	541.934,16
2. Costos de mantenimiento		1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60	1.524,60
<b>Costos incrementales (I+II-III)</b>	<b>9.118.195,21</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-252.074,54</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>-378.133,55</b>	<b>734.517,84</b>

#### 4.4.1.3 Indicadores de rentabilidad social

La evaluación social de los proyectos de reúso de aguas residuales domésticas tratadas, se realizará aplicando la metodología Beneficio - Costo. Para ello, se estiman los flujos netos de beneficios y costos sociales, que resultan de la diferencia entre los beneficios incrementales y los costos incrementales, sobre cuya base se calcularán los indicadores de rentabilidad.



Los indicadores que se utiliza al aplicar la metodología Beneficio - Costo son el Valor Actual Neto Social (VANS), la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS), etc.

El Valor Actual Neto Social (VANS) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$VANS = \sum_{i=0}^n \frac{FNPS_i}{(1+TDS)^i}$$

Donde:

VANS = Valor actual neto a precios de sociales

FNPS<sub>i</sub> = Flujos netos a precios sociales del período i

i = Período

n = Período final en el horizonte de evaluación

TDS = Tasa de descuento social. Dado que en esta tarea se propone hacer una evaluación económica a precios sociales.

**Regla de decisión: Se acepta el proyecto si el VANS ≥ 0 (cero)**

Por otro lado, la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS), se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$VANS = \sum_{i=0}^n \frac{FNPS_i}{(1+TIRS)^i} = 0$$

Donde:

VANS = Valor actual neto a precios de sociales

FNPS<sub>i</sub> = Flujos netos a precios sociales del período i

i = Período

n = Período final en el horizonte de evaluación

TIRS = Tasa Interna de Retorno Social.

**Regla de decisión: Se acepta el proyecto si la TIRS  $\geq$  TDS**

Una vez elaborados los flujos netos incrementales de costos y beneficios del proyecto a precios sociales, se calcula los respectivos indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto Social (VANS) y la Tasa Interna de Retorno Social (TIRS), considerando la Tasa de Descuento Social (TDS) vigente establecida en el SNIP.

La Tasa de Descuento Social representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos de la economía para financiar sus proyectos.

La Tasa de Descuento Social General es de 9%, tasa modificada por Resolución Directoral N° 006-2012-EF/63.01 publicada en el Diario Oficial "El Peruano" el 24 de julio de 2012 y se encuentra en el Anexo SNIP 10 de la Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública.

**Ejemplo:**

Como los beneficios sociales en la situación sin proyecto, fueron considerados nulos para todo el horizonte de evaluación, entonces los beneficios incrementales es equivalente a los beneficios sociales en la situación con proyecto, esto es, los beneficios incrementales anuales es S/. 2.826.063,20 y se mantienen constantes para todo el horizonte de evaluación.

Los costos incrementales incluyen los costos sociales de inversión del proyecto y los costos sociales incrementales de operación y mantenimiento, y se calculó en el apartado anterior.

Por lo tanto, los flujos netos de beneficios y costos sociales que resultan de la diferencia entre los beneficios incrementales y los costos incrementales, se pueden apreciar en los cuadros 4.57 y 4.58. Asimismo se estima los indicadores de rentabilidad social<sup>37</sup>, utilizando la tasa de descuento social (TDS) establecida en el SNIP que es de 9%.

Cuadro 4.57 Flujo de beneficios y costos sociales – Alternativa 1

<sup>37</sup> Para estimar los indicadores de rentabilidad se aplicó las funciones financieras Valor Presente Neto (VPN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) a los flujos netos.



En nuevos soles

Año	Costos de Inversión	Costos de Operación y Mantenimiento Incrementales	Costos Incrementales	Beneficios Incrementales	Flujos netos
0	7.899.485,46		7.899.485,46		-7.899.485,46
1		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
2		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
3		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
4		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
5	69.669,14 <sup>1/</sup>	-423.507,72	-353.838,58	2.826.063,20	3.179.901,79
6		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
7		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
8		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
9		-423.507,72	-423.507,72	2.826.063,20	3.249.570,92
10	605.813,36 <sup>2/</sup>	-423.507,72	182.305,64	2.826.063,20	2.643.757,56

<sup>1/</sup> Reposición de equipos de bombeo y equipos de cloración cada 5 años

<sup>2/</sup> Reposición de batería de filtros cada 10 años

VANS= 12.653.966,13

TIRS = 39,49%

Cuadro 4.58 Flujo de beneficios y costos sociales – Alternativa 2

En nuevos soles

Año	Costos de Inversión	Costos de Operación y Mantenimiento Incrementales	Costos Incrementales	Beneficios Incrementales	Flujos netos
0	9.118.195,21		9.118.195,21		-9.118.195,21
1		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
2		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
3		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
4		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
5	126.059,01 <sup>1/</sup>	-378.133,55	-252.074,54	2.826.063,20	3.078.137,74
6		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
7		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
8		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
9		-378.133,55	-378.133,55	2.826.063,20	3.204.196,75
10	1.112.651,39 <sup>2/</sup>	-378.133,55	734.517,84	2.826.063,20	2.091.545,37

<sup>1/</sup> Reposición de equipos de bombeo y equipos de cloración cada 5 años

<sup>2/</sup> Reposición de batería de filtros cada 10 años

VANS= 10.893.317,06

TIRS = 32,72%

Los indicadores que resultan de la evaluación social del Proyecto, demuestran que los sistemas de suministro de aguas residuales domésticas para el riego de las áreas verdes propuestos, son rentables desde el punto de vista social; y reflejan el ahorro de recursos (costos) respecto al riego con agua potable o de pozo proporcionado actualmente.

#### **4.4.2 Análisis de sensibilidad**

Todos los proyectos de inversión están expuestos a riesgos no necesariamente controlables por los ejecutores u operadores del proyecto, que afectan su normal funcionamiento a lo largo del horizonte contemplado.

Mediante el análisis de sensibilidad se identifica aquellas variables cuyas variaciones generen cambios significativos en la rentabilidad social del proyecto. En este caso, se las variables críticas que podrían afectar la rentabilidad del proyecto son los beneficios, costos de inversión y costos de operación y mantenimiento.

Analiza los efectos en los indicadores de rentabilidad del proyecto (VANS, TIRS), recalculando cada uno de estos valores, ante el incremento o disminución de cada variable identificada como incierta o sujeta a riesgos de variación.

Se debe encontrar la máxima variación que puede soportar el proyecto, sin dejar de ser socialmente rentable ( $VANS \geq 0$  y  $TIRS \geq$  tasa social de descuento).

**Ejemplo:**

Los factores no controlables pueden afectar los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento principalmente. El análisis de sensibilidad se realiza para identificar hasta qué punto los factores inciertos afectan los rentabilidad social del proyecto para las alternativas.

En tal sentido para el proyecto se ha considerado realizar las variaciones (incremento) de los costos de inversión, por ser la variable más sensible.

Cuadro 4.59

**Sensibilidad ante la variación del costo de inversión**

Incremento Costos de Inversión	Alternativa 1		Alternativa 2	
	VANS (S/.)	TIRS	VANS (S/.)	TIRS
0%	12.653.966,13	39,49%	10.893.317,06	32,72%
30%	10.284.120,49	28,97%	8.157.858,50	23,36%
60%	7.914.274,85	22,00%	5.422.399,94	17,09%
80%	6.334.377,76	18,48%	3.598.760,89	13,90%
100%	4.754.480,67	15,55%	1.775.121,85	11,22%
115%	3.569.557,85	13,64%	407.392,57	9,48%
119%	3.253.578,43	13,17%	42.664,76	9,05%
120%	3.174.583,58	13,06%	-48.517,19	8,94%
140%	1.594.686,49	10,90%	-1.872.156,24	6,97%
160%	14.789,39	9,02%	-3.695.795,28	5,23%
161%	-64.205,46	8,93%	-3.786.977,23	5,14%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 4.59, se presentan los resultados de los indicadores de evaluación (VANS y TIRS), para cada incremento de los costos de inversión. Se puede apreciar que la alternativa 1 sigue siendo rentable hasta un incremento de 160% del costo de inversión y la alternativa 2 hasta un 119%, por tanto se concluye que el proyecto es poco sensible al incremento de los costos de inversión.

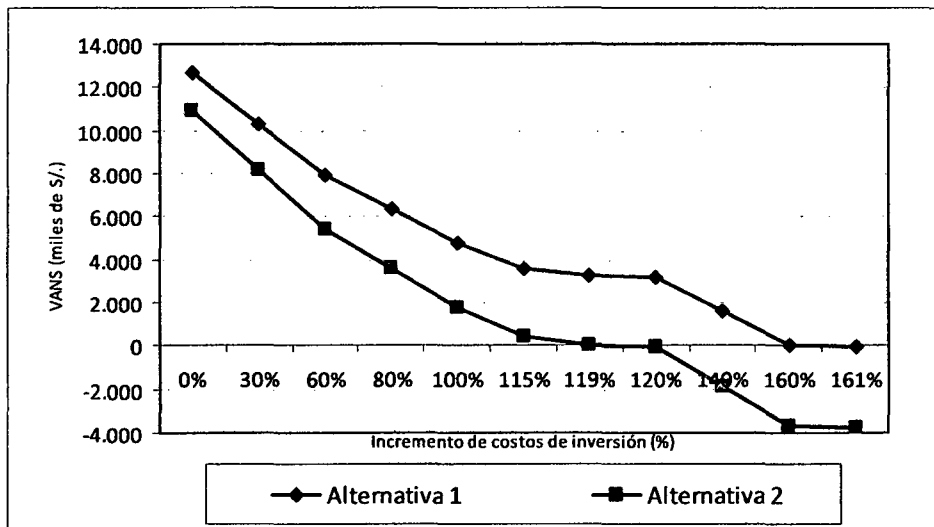


Figura 19. Gráfico que muestra la variación del VAN de las alternativas ante el incremento de los costos de inversión

**4.4.3 Análisis de sostenibilidad**

La sostenibilidad es la capacidad del proyecto para generar, sin interrupciones, los beneficios esperados a lo largo de su a lo largo de su vida útil. Por lo cual se debe adoptar las previsiones y medidas respecto a:

#### **4.4.3.1 Arreglos institucionales previstos para las fases de preoperación y operación.**

Se debe indicar todas las consideraciones a tener en cuenta para lograr el éxito del proyecto desde el punto de vista institucional y gestión.

Menciona los roles y competencia de los participantes comprometidos para garantizar la sostenibilidad del proyecto en sus distintas etapas.

Identifica claramente a los participantes y señala los compromisos de cada uno mediante algún documento: convenios, disponibilidad de recursos, compromisos de compra y venta, autorizaciones del administrador del distrito de riego para disponer de la fuente de abastecimiento de agua y compromisos firmados por la población (actas firmadas de asambleas), entre otros.

Ejemplo:

No se requiere de arreglo Institucional ya que la Municipalidad Metropolitana de Lima a través de la EMAPE S.A. cuenta con estructura y capacidad suficiente para realizar la operación y mantenimiento del sistema de suministro de agua para regar las áreas desde el km 13 (Puente Alipio Ponce) hasta el intercambio Puente Pucusana (km 57) de la Panamericana Sur. De acuerdo a Estructura Organizacional de EMAPE S.A. es responsable de las unidades de tratamiento de aguas, el Departamento de Áreas Verdes, que depende de la Gerencia de Servicios Viales (Órgano de Línea de la Gerencia General).

#### **4.4.3.2 Capacidad de gestión de la organización en las etapas de inversión y operación.**

➤ **Etapas de inversión.**

Incluye información sobre la capacidad de gestión de la unidad encargada de la ejecución del proyecto. Enfatiza en la experiencia institucional, recursos humanos en cantidad suficiente y calificación adecuada, disponibilidad de recursos económicos, equipamiento, apoyo logístico, etc.

➤ **Etapa de operación.**

Los aspectos organizacionales, marco legal y normativo en el cual se insertará el proyecto cuando se implemente, tienen mucha importancia para la sostenibilidad. Evalúa la capacidad de gestión de los promotores o responsables del proyecto, analizando su constitución y organización para realizar la operación y mantenimiento del sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas.

#### **4.4.3.3 El financiamiento de los costos de operación y mantenimiento**

En el caso del financiamiento de los gastos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento, estos se financiarán con el con el pago de la tarifa que se cobre a los usuarios o beneficiarios del tratamiento de las aguas residuales domésticas y los gastos de operación y mantenimiento del sistema de reúso deberá ser asumido por los mismos beneficiarios.

Ejemplo:

El financiamiento de la inversión del Proyecto será con recursos de la MML y se incluirá en el Plan de Inversiones para el año 2012. En lo que se refiere a al financiamiento de los costos de operación y mantenimiento del nuevos sistema de suministro de agua para el riego de las áreas verdes del Proyecto, será cubierto con recursos propios de EMAPE S.A. provenientes del cobro de peajes.

➤ **Análisis de la capacidad de pago de los usuarios para el tratamiento**

Se deberá analizar la disposición de los beneficiarios (agricultores, municipalidad, etc.) de pagar por el tratamiento de las aguas residuales, con la calidad adecuada, para fines de reúso; además del monto que estarían dispuestos a pagar. Esto tiene que resultar de una

negociación entre los actores involucrados. Aquí juega un papel muy importante la SUNASS, ya que, según el D.S. 017-2001-PCM Art. 26- inciso f, es el organismo encargado de regular la tarifa de las aguas residuales.

➤ **Determinación de la cuota de pago de los usuarios.**

Las cuotas deben permitir la sostenibilidad de las entidades operadoras y por tanto, cubrir los costos de operación y mantenimiento (O y M) y las inversiones de reposición del proyecto.

#### **4.4.3.4 Participación de los beneficiarios**

El uso de los bienes y servicios sobre los cuales se interviene por parte de los beneficiarios y los probables conflictos que se pueden generar durante la operación y mantenimiento.

#### **4.4.3.5 Gestión de los riesgos de desastres**

En el caso en que se haya identificado riesgos de desastres que pudieran generar la interrupción del sistema integrado, se señala las medidas que se han adoptado para reducirlos o para garantizar una rápida recuperación del servicio.

Ejemplo:

Con relación a los conflictos que se puedan generar durante la operación y mantenimiento del proyecto y los riesgos de desastres, estos puntos se han analizado en el estudio ambiental que se adjunta a la presente.

#### **4.4.4 Impacto ambiental**

Identifica los posibles impactos ambientales en las etapas de ejecución (construcción) y de Operación (funcionamiento), proponiendo medidas para prevenir o mitigar los impactos negativos y fortalecer los impactos positivos. Para ello considera las normas del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) armonizadas con las del SNIP.

Es importante que establezcas los costos de las medidas de mitigación para incluirlas en el presupuesto del proyecto y en la evaluación del mismo.

Ejemplo:

La Oficina del Medio Ambiente (OMA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es la responsable de dirigir el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) a nivel nacional, por el Sector Saneamiento; y de formular e implementar lineamientos políticos, estándares, planes, programas, proyectos, investigaciones e iniciativas ambientales del Sector.

Por las características del presente Proyecto, el organismo que clasificará el Estudio de Impacto Ambiental es la OMA. En ese sentido según el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental, se ha elaborado una Ficha Informativa de Clasificación Ambiental para el Proyecto a la OMA, solicitando la Categoría I como nivel de estudio, denominado Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Esta solicitud se tramitará una vez que el estudio tenga la aprobación correspondiente.

Según experiencia en evaluación de impactos para este tipo de proyectos se determina un rango de significancia de impactos, los cuales permitirá determina a nivel de factor ambiental y acciones que involucra el proyecto, cual es el rango de afectación.

Rango	Grado de significancia	
1-3	Muy poco significativo	
4-6	Poco significativo	
7-9	Moderadamente significativo	
10-12	Significativo	
13-15	Altamente significativo	
El tipo de impacto se definirá según el signo que precede a valor del Rango de Jerarquización		
Signo	+	Impacto positivo
	-	Impacto negativo

Se detalla a continuación los impactos más significativos producidos en cada fase:

- Fase de habilitación: Los impactos positivos más significativos producidos de las actividades hacia el ambiente son: El nivel de empleo (03), cambio en el valor del suelo (01), calidad de vida (01). Los impactos negativos que se producirán por las actividades hacia el ambiente son: cambio de uso del suelo (01).
  
- Fase de ejecución: Los impactos negativos más significativos producidos de las actividades hacia el ambiente son: nivel de ruido (-08), calidad de aire (-07), erosión (-05), salud e higiene (-05). Los impactos positivos que se producirán por las actividades hacia el ambiente son: nivel de empleo (06), ingreso a la economía local (05), cambio de uso del terreno (04). Se han determinado las posibles actividades más impactantes y son: obras preliminares (-11), componentes lineales (-10), maquinarias, materiales y equipos (-09), sistema de acondicionamiento (-04), reservorio proyectado (-03).
  
- Fase de operación y mantenimiento: Los únicos impactos negativos de poca magnitud, pero de moderada importancia, incide sobre: riesgos de accidentes (-03), riesgos naturales (-03), calidad de aire (-02), morfología del terreno (-02). Los impactos positivos más significativos producidos por las actividades hacia el ambiente son: salud e higiene (06), desarrollo urbano (05), áreas verdes (05), calidad del agua (03), evaluándose las actividades propias del proceso de operación y mantenimiento, se han determinado las posibles actividades más impactantes, las cuales son: mantenimiento y reparación (-05), maquinarias, materiales y equipos (-04), operación de componentes lineales (13), operación de componentes no lineales (09).
  
- Fase de cierre o abandono: Los impactos negativos más significativos producidos por las actividades hacia el ambiente son: nivel de ruido (-03), calidad de aire (-02), erosión (-02), calidad de agua (-02). Los impactos positivos producidos por las actividades hacia el ambiente son: áreas verdes (04), nivel del empleo (04), ingreso a la economía local (03), calidad de suelo (02), evaluándose las actividades propias del proceso de abandono y/o cierre, se han determinado las posibles actividades más impactantes, las cuales son: demolición de estructuras (-06), maquinarias, materiales y equipos (-06), rehabilitación de áreas intervenidas (17).



En la evaluación ambiental efectuada sobre el Proyecto, se ha podido identificar los posibles impactos ambientales directos e indirectos, negativos y positivos, dentro de su ámbito de influencia. Esto permitirá establecer los programas y acciones que permitan prevenir, mitigar y/o corregir los impactos negativos sobre el área de influencia. En el cuadro 4.60 se presenta el detalle del programa de inversión del manejo de dicho plan.

Cuadro 4.60 Costo del plan de manejo ambiental  
(Expresado en nuevos soles a precios de mercado)

Descripción	Total(S/.)
Programa de medidas preventivas, correctivas y mitigación en la construcción	69.614
Programa de manejo de residuos en la construcción	4.784
Plan de Monitoreo y seguimiento ambiental en la construcción	2.320
Programa de contingencias en la etapa de construcción	5.304
Programa de abandono en la etapa de construcción	4.078
Sub-Total	86.100
IGV (18%)	15.498
<b>Total</b>	<b>101.598</b>

#### 4.4.5 Selección de alternativas

Se selecciona la alternativa más favorable de acuerdo a la evaluación social, análisis de sensibilidad, análisis de sostenibilidad y la evaluación del impacto ambiental y social.

Ejemplo:

La evaluación social ha determinado los siguientes indicadores, en base al cual se ha determinado que la alternativa 1 es la seleccionada, por mostrar los mejores indicadores respecto a la alternativa 2.

Cuadro 4.61 Indicadores de evaluación social

Alternativas	VANS (S/.)	TIRS (%)
Alternativa 1	S/. 12.653.966,13	39,49%
Alternativa 2	S/. 10.893.317,06	32,72%

Fuente: Resultados evaluación social

#### 4.4.6 Plan de implementación

Se debe detallar la programación de las actividades previstas para el logro de las metas del proyecto, indicando secuencia y ruta crítica, duración, responsables y recursos necesarios. Incluir las condiciones previas relevantes para garantizar el inicio oportuno y adecuado de la ejecución.

Ejemplo:

Cuadro 4.62

Plan de implementación del Proyecto															Metas	Responsable	Recursos					
Actividades	Año 1												Año 2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7			
1. Elaboración del expediente técnico	■	■	■	■	■															Expediente técnico aprobado		
1.1 Elaboración de los términos de referencia	■	■	■	■	■															Términos de referencia	EMAPE S.A.	1 profesional
1.2 Proceso de contratación			■	■	■	■														Firma contratada	EMAPE S.A.	1 profesional
1.3 Desarrollo del expediente técnico			■	■	■	■														Expediente técnico	Contratista	
1.4 Aprobación del Expediente Técnico						■	■													Expediente Técnico Aprobado	OPI MML	3 profesional
2. Licitación y contratación de la obra							■	■	■	■	■	■								Firma contratada	EMAPE S.A.	2 profesional
3. Ejecución de la obra física																				Obra recepcionada	Contratista	
3.1 Rehabilitación y reposición de infraestructura existente										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Nuevo sistema operando	Contratista	
3.2 Instalación de un sistema de captación y conducción											■	■	■	■	■	■	■	■	■	Nuevo sistema operando	Contratista	
3.3 Construcción de tratamiento complementario												■	■	■	■	■	■	■	■	Nuevo sistema operando	Contratista	
3.4 Instalación de ramales de conducción													■	■	■	■	■	■	■	Nuevo sistema operando	Contratista	
3.5 Sembrado y revegetación de áreas verdes																	■	■	■	Nuevo sistema operando	Contratista	
4. Liquidación de la obra																				Informe de liquidación de obras aprobado	EMAPE S.A.	
5. Desarrollo de taller de capacitación																				Operarios capacitados	Contratista	
6. Informe de evaluación culminación del PIP																				Informe de culminación PIP aprobado	EMAPE S.A.	

#### 4.4.7 Organización y gestión

Analiza las capacidades técnicas, administrativas y financieras en el marco de los roles que deberá cumplir cada uno de los actores que participan en la ejecución (gobierno local, regional o nacional), así como en la operación del proyecto (EPS, JASS, municipios, beneficiarios). Incluye en los respectivos presupuestos de inversión y de operación los costos de organización y gestión, como el funcionamiento del sistema integrado.

La información antes recolectada permitirá conocer las necesidades, intereses y relaciones de los actores involucrados para poder definir los mecanismos de gestión del sistema integrado que se proponga. Pero ello no será posible si antes no se conoce la percepción que los actores tengan sobre el proyecto. Se recomienda enfáticamente hacer la socialización del modelo antes de efectuar los estudios técnicos y económicos.

Se recomienda la modalidad de ejecución (por contrata, administración directa) más apropiada para cada uno de los componentes de la inversión, sustentando los criterios. Cuando se contemple la ejecución de obras por administración directa, se debe sustentar que la Unidad Ejecutora responsable cuenta con el personal técnico-administrativo, los equipos necesarios y la capacidad operativa para asegurar el cumplimiento de las metas previstas. La Entidad debe demostrar que el costo total de la obra a ejecutarse por administración directa será menor que si se ejecutara por contrata (descontando las utilidades), tomando como referencia costos de proyectos similares.

**Ejemplo:**

**La Municipalidad Metropolitana de Lima financiará el proyecto y EMAPE será la Unidad Ejecutora.**

En los últimos años la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) ha encargado a EMAPE la ejecución de las obras viales y de infraestructura en general.

EMAPE S.A. participa en la elaboración de expedientes técnicos y la ejecución de obras viales, mejoramiento de vías de acceso y construcción de losas deportivas de uso múltiple, generalmente mediante la contratación de empresas consultoras, constructoras y supervisoras de obras, y/o como entidad que por encargo de la MML, controla el avance y el cumplimiento de las empresas directamente responsables de su ejecución, emitiendo los informes correspondientes en las obras que la municipalidad promueve mediante convenios y contratos con otras entidades. En cada obra se designan responsables o coordinadores con funciones definidas para el mejor cumplimiento de su labor.

En este proceso intervienen las diferentes gerencias de la empresa, Gerencias Administrativa Financiera y de Sistemas de Información y Planeamiento y la Jefatura del Programa Solidaridad brindando el soporte logístico y financiero. En todos los casos EMAPE S.A. ha demostrado capacidad técnica, administrativa y financiera para el desarrollo de estas tareas. La Alta Dirección de la empresa ejecuta una política de mejoramiento continuo de la gestión, cuyos resultados se aprecian en logros importantes, tanto en las mejoras introducidas en el

sistema de peaje, como en la construcción de obras viales encargadas por la MML, y en los premios y certificación de calidad obtenidos.

En la ejecución del proyecto, EMAPE aplicará sus normas y procedimientos del Gerenciamiento de Obras que se hallan en el Manual de Gestión de la Calidad y la Gerencia Técnica será responsable de la ejecución de la inversión a través del equipo de trabajo de Programa de Gerenciamiento de las Obras de MML.

En la fase de operación del proyecto, la responsabilidad es de EMAPE S.A. a través del Departamento de Áreas Verdes (Unidad de Tratamiento de Aguas) que pertenecen a la Gerencia de Servicios Viales.

#### **4.4.8 Matriz del marco lógico (MML)**

El marco lógico es un resumen ejecutivo de la alternativa técnica seleccionada que permite verificar la consistencia del proyecto. Allí se muestran los objetivos del proyecto, sus metas expresadas cuantitativamente (Indicadores), las fuentes de información que pueden proporcionar la información sobre el avance en dichas metas (Medios de verificación) y los aspectos no manejados por el proyecto que podrían afectarlo (Supuestos).

Ejemplo:

Cuadro 4.63 Matriz del marco lógico

	OBJETIVOS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<b>FIN</b>	Mejora de la calidad de vida de la población	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de las enfermedades respiratorias (IRA) de la población cercana en el ámbito del Proyecto, en un 10%, al año 5.</li> <li>Reducción de la contaminación ambiental en un 10% al año 5.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estadística de casos de enfermedades respiratorias de los distritos sur de Lima (DISA II Lima Sur).</li> <li>Estadísticas anuales de emisiones contaminantes del aire del MINAM.</li> </ul>	
<b>PROPÓSITO</b>	Suficiente cantidad de áreas verdes en el Sistema Vial Panamericana Sur Tramo Puente Alipio Ponce – Puente Pucusana en la provincia de Lima	Al año 2: 9,44 m <sup>2</sup> de áreas verdes por habitante en el ámbito del proyecto, se produjo un incremento de 20.4% m <sup>2</sup> por habitante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inventario de nuevas áreas verdes sembradas y/o revegetadas por EMAPE en el ámbito del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operación y mantenimiento adecuado del sistema de tratamiento (PTAR) de SEDAPAL</li> <li>Cumplimiento de los LPM del efluente PTAR San Bartolo</li> </ul>
<b>COMPONENTES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Aprovechamiento de la capacidad instalada de almacenamiento e infraestructura de riego existente</li> <li>Adecuado sistema de riego de áreas verdes</li> <li>Existencia de infraestructura para aprovechar el agua residual tratada en las PTAR de SEDAPAL</li> <li>Adecuado nivel de calificación del personal operativo</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>21 reservorios de polietileno de 10 m<sup>3</sup>, 2 cisternas de 100 m<sup>3</sup> con equipo de bombeo existentes son aprovechados para almacenamiento de aguas residuales tratadas, desde el primer año.</li> <li>La eficiencia de riego se incrementa de 50% a 90% (riego tecnificado) desde el primer año de operación del Proyecto.</li> <li>Al año 1: el 100% de las áreas verdes del tramo del proyecto (62,5 ha) son regadas con aguas residuales adecuadamente tratadas en lugar de agua de pozo.</li> <li>Diez (10) operadores de EMAPE, conoce el adecuado manejo de operación y mantenimiento de infraestructuras de riego y riego tecnificado de áreas verdes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Catastro de áreas verdes de Lima Sur (MML)</li> <li>Registro del Departamento de Áreas Verdes de EMAPE</li> <li>Reporte anual del Departamento de Áreas Verdes de EMAPE.</li> <li>Registro de los análisis de calidad del agua residual tratada para riego de EMAPE.</li> <li>Reportes de operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y áreas verdes de EMAPE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EMAPE S.A. cubre los costos de O&amp;M del sistema de suministro de agua para riego.</li> <li>EMAPE S.A. efectúa periódicamente el control del efluente de la planta de tratamiento complementaria.</li> </ul>

<b>ACTIVIDADES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rehabilitación y reposición de tuberías y cintas de riego de la infraestructura de almacenamiento y riego existente</li> <li>○ Sembrado y revegetación de áreas verdes</li> <li>○ Implementación de riego tecnificado</li> <li>○ Construcción de captación de las unidades de sedimentación de la PTAR de San Bartolo</li> <li>○ Instalación de la línea de conducción de aguas residuales</li> <li>○ Construcción de planta de tratamiento complementaria del efluente de la PTAR San Bartolo</li> <li>○ Instalación de ramales de conducción</li> <li>○ Desarrollo de taller de capacitación en operación y mantenimiento de la infraestructura de riego y áreas verdes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rehabilitación y reposición de tuberías y cintas de riego existentes por un costo de S/. 43.010, al año 1.</li> <li>● Preparación de terreno y sembrado de 10.57 ha, por un monto de S/. 127.580, en un plazo de un mes.</li> <li>● Al año 1: el 100% de las áreas verdes del tramo del proyecto (62,5 ha) son regadas mediante riego tecnificado por goteo.</li> <li>● Construcción de una captación de agua residual (caja de concreto) de 25 L/s de capacidad, por un costo de S/. 6.146 al año 1.</li> <li>● 4,87 km de tubería de PVC instalada, por un costo de S/. 386.960 al año 1.</li> <li>● Una PTAR complementaria construida de 25 L/s de capacidad, por un costo de S/. 601.612 en un plazo de 2 meses.</li> <li>● 45,3 km de tubería de PVC instalada (entre línea de conducción, impulsión y derivación), por un costo de S/. 3.170.297 al año 1.</li> <li>● Dos bombas de impulsión multietapa instaladas de 3,35 y 5 L/s de capacidad por un monto de S/.43.560.</li> <li>● 4 talleres sobre operación y mantenimiento de la PTAR complementaria, infraestructuras de riego y riego eficiente de áreas verdes .realizados; por un costo de S/. 5.000 en un plazo de una semana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Protocolos de pruebas y funcionamiento de equipos.</li> <li>● Informes de seguimiento físico y financiero al proyecto.</li> <li>● Informes y documentos sustentatorios de gastos diversos.</li> <li>● Cuaderno de obra e informe de supervisión.</li> <li>● Liquidación de obras.</li> <li>● Verificaciones en campo.</li> <li>● Acta de Recepción de Obra.</li> <li>● Registros de asistencia a los eventos de talleres de capacitación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cumplimiento de los compromisos de financiamiento programados para la ejecución del proyecto.</li> <li>● Desembolsos oportunos por parte de MML.</li> <li>● Cumplimiento del efluente de la PTAR San Bartolo con el LMP.</li> </ul>
--------------------	---	---	---	--

#### 4.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se debe incluir:

- La definición del problema central.
- Descripción de la alternativa seleccionada.

- Los resultados de la evaluación social, la sostenibilidad e impacto ambiental.
- El monto total de inversión requerido para cada alternativa y los indicadores de evaluación social estimados para cada una.
- Las siguientes acciones a realizar, después de la aprobación del perfil; por ejemplo:
  - (1) El estudio de factibilidad (si es necesario)
  - (2) La asignación de fondos
  - (3) Los procedimientos a seguir para la ejecución del proyecto.

**Ejemplo:**

1. El problema central es la limitada cantidad de áreas verdes en el sistema vial Panamericana Sur tramo puente Alipio Ponce - puente Pucusana, provincia de Lima.
2. Se aprovechará el agua residual tratada de la PTAR San Bartolo como fuente de suministro de agua para regar las áreas verdes (519,219 m<sup>2</sup> existente y 105,676 m<sup>2</sup> nuevas) del ámbito del proyecto, previo tratamiento complementario y conducción a las áreas verdes al sistema existente de almacenamiento de agua e infraestructura de riego.
3. El costo total de inversión del proyecto de la alternativa seleccionada asciende a S/. 9.718.866 (Nueve millones setecientos dieciocho mil ochocientos sesenta y seis nuevos soles). Su ejecución está prevista en un tiempo de siete (9) meses a partir de declaratoria de viabilidad del Proyecto por la OPI de la MML. En este tiempo se incluye el proceso de selección para la adjudicación de las obras para su ejecución y la supervisión externa. el agua residual (efluente) será suministrado por SEDAPAL de la PTAR San Bartolo, previa autorización de la ANA.

El costo total de inversión de la otra alternativa del Proyecto es de S/. 11.084.486 (once millones ochenta y cuatro mil cuatrocientos ochenta y seis nuevos soles).

4. Se concluye que el Proyecto es viable técnicamente, económicamente y ambientalmente, obteniéndose un VANS de S/. 12.653.966,13 a una tasa de

descuento social del 9% y una TIRS del 38,38%, en la alternativa más rentable; mientras que la otra arroja un VANS de S/. 10.893.317,06 y una TIRS del 32,72%.

5. Teniendo en cuenta que el cálculo de los costos y beneficios, se utilizó información primaria (información oficial) y trabajos de campo (topografía, análisis de agua y mecánica de suelos) para el desarrollo del presente estudio del Perfil, es recomendable, solicitar a la OPI de MML la aprobación del estudio y otorgar la viabilidad del Proyecto a fin de iniciar la fase de inversión.
6. Se recomienda gestionar la factibilidad del punto definitivo de la captación del efluente de la PTAR San Bartolo (alternativa seleccionada), el cual debe ser autorizado por SEDAPAL, así como la autorización de la ANA para el uso de las aguas residuales tratadas.



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 1. La poca eficiencia e insostenibilidad de las inversiones en plantas de tratamiento de aguas residuales, se debe en parte a la falta de integración del tratamiento y reúso, pues las EPS han orientado el tratamiento exclusivamente al saneamiento (no tienen interiorizada una cultura ambiental), sin tener en cuenta que buena cantidad de sus efluentes son destinadas para el riego agrícola y de áreas verdes. Con la implementación de sistemas integrados de tratamiento y reúso se generará mayores beneficios para la sociedad. En la medida que se tenga beneficios e impactos positivos adicionales, el proyecto representa una inversión sostenible a largo plazo.**
- 2. A nivel nacional el fracaso de las inversiones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, se deben a que las operadoras no cuentan con suficientes recursos económicos para sufragar sus costos de operación y mantenimiento de la infraestructura, recursos que además, se encuentran por debajo de los costos eficientes definidos por SUNASS en los planes maestro optimizado (PMO); tampoco tienen tarifas que les permita tener un ingreso que asegure su operación y mantenimiento. Como resultado se encuentra muchos sistemas de tratamiento con deficiencias en la operación y mantenimiento (SUNASS, 2007).**
- 3. La integración del tratamiento y reúso ayudará en gran medida que la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales sea económicamente sostenible, pues existirá concertación de intereses y alianzas entre los operadores y usuarios de las aguas residuales y por lo tanto ingresos por la venta del agua residual tratada, cuando en éstas se incorpore el costo del tratamiento; y de esta manera se asegurará su operación y mantenimiento. Además, el reúso agrícola permite un incremento significativo de las tarifas, garantizando así una mayor sostenibilidad del sistema.**
- 4. La evaluación económica de los proyectos de tratamiento y reúso con la metodología Beneficio-Costo en lugar de en lugar de Costo-Efectividad, permitirá optimizar el uso de los recursos del Estado y además, dar mayor sostenibilidad técnica, ambiental y social al proyecto.**

5. Actualmente la mayoría de casos de reúso de aguas residuales en el Perú es inadecuada e informal, en especial el aprovechamiento agrícola, el cual además, es un reúso no planificado; donde predomina, el empleo de aguas residuales crudas, diluidas en cuerpos de agua superficiales y, en menor proporción, el de aguas tratadas, aunque no necesariamente de forma adecuada. Esta situación requiere un interés especial de las autoridades nacionales como el Ministerio de Salud, Ministerio del Ambiente, Autoridad Nacional del Agua y otros competentes.
6. En los casos de reúso de aguas residuales la mayoría no cumple con los requerimientos de calidad para el reúso, debido a que los sistemas de tratamiento fueron concebidos sin tener en cuenta el reúso potencial de sus efluentes tratados, razón por el cual en la mayoría de los casos no ha existido una concertación de intereses y alianzas entre los operadores del tratamiento y los usuarios de aguas residuales domésticas tratadas.
7. Ante la problemática, en el estudio se propone el reúso planificado, el cual tiene que llevarse a cabo como un proceso integral a través de un enfoque sistemático. Modelo que debe tener en consideración: la identificación y caracterización de la demanda potencial del agua tratada, los requerimientos del tratamiento, las necesidades de almacenamiento y distribución, los potenciales impactos negativos, etc. El tratamiento y reúso de aguas residuales debe incorporarse a los sistemas de gestión integrada de los recursos hídricos.
8. La guía metodológica para la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales propuesta en el capítulo IV del presente trabajo de investigación, coadyudará a solucionar el problema de inadecuado reúso, integrar el tratamiento y aprovechamiento, ayudar a que exista un uso eficiente de los recursos hídricos y finalmente hacer que los proyectos de inversión sean eficientes y sostenibles.
9. El aprovechamiento de las aguas residuales para fines no potables como el riego de áreas verdes, forestación, agricultura, etc., después de ser tratadas adecuadamente, constituye una alternativa viable importante, porque permite asegurar disponibilidad hídrica constante durante todo el año y liberar recurso agua para otros usos que

requieren mayor calidad, evitando con ello además, la contaminación de las fuentes de agua.

10. En el reúso agrícola, por sus contenidos de nutrientes y materia orgánica de las aguas residuales, favorecerá al incremento de las cosechas y el mejoramiento de los suelos. El éxito del reúso agrícola depende de una correcta estrategia. Básicamente, depende de una correcta selección del cultivo y de los métodos de riegos, así como del apropiado manejo integrado de todo el sistema, donde el impacto a la salud es clave (Gutiérrez, 1998).
11. Para garantizar un reúso adecuado de las aguas residuales en la agricultura con un mínimo riesgo, se recomienda un manejo integrado de los recursos hídricos, que considere la participación y el compromiso de todos los organismos relacionados con los temas ambientales y agrícolas.
12. Otro aspecto que se considera importante revisar es la percepción de la población frente a la utilización de las aguas residuales sobretodo en la actividad agrícola, ya que el desconocimiento frente al tratamiento de estas aguas conlleva a que la población exprese su descontento frente a este tipo de iniciativas por la creencia de que representan riesgos para la salud de sus familias.
13. De acuerdo a la Directrices Sanitarias de la OMS, el principal objetivo del tratamiento de las aguas residuales domésticas para fines de reúso debe ser la remoción de gérmenes patógenos humanos, representados por los coliformes fecales y parásitos humanos, para evitar la diseminación de enfermedades de origen hídrico, y no la remoción de la materia orgánica (DBO) y los nutrientes que pueden ser aprovechados cuando se riegan las áreas verdes y agrícolas.
14. Tanto las experiencias más antiguas de reúso promovidas por el Estado en las zonas desérticas del Sur de Lima, como las iniciativas privadas y municipales más recientes, constituyen algunos modelos validados para el uso del agua residual tratada en el riego de las áreas verdes, ahorrando así importantes costos ocasionados por el uso actual de agua potable.

15. Con base en los resultados alcanzados y conclusiones del estudio, existe suficiente evidencia para sostener que mediante la guía metodológica, al permitir integrar el tratamiento y reúso de las aguas residuales domésticas, se mejorará la eficiencia y sostenibilidad de las inversiones; por lo tanto se acepta la hipótesis general del estudio: La aplicación de la nueva metodología, en la formulación y evaluación de proyectos de inversión de reúso de aguas residuales domésticas, permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las inversiones en plantas de tratamiento, al integrar el tratamiento y uso de las aguas residuales domésticas; así como las hipótesis específicas.
16. Para los requerimientos de calidad para los distintos reúsos se utilizará los parámetros indicados en el respectivo apartado de la investigación, hasta que el MINAM defina los límites máximos permisibles para el reúso de las aguas residuales domésticas, los cuales están en elaboración en sus diferentes formas, agricultura, urbanista, acuicultura, etc.
17. Se recomienda la utilización agrícola de aguas residuales, principalmente, para aquellos cultivos que no se consumen crudos o que sufrirán una transformación industrial, sobre la cual se debe realizar un trabajo de sensibilización y cultura hacia la responsabilidad con los agricultores sobre la inocuidad en la cadena agroalimentaria, y así eliminar los riesgos para la salud pública.
18. Los proyectos de tratamiento de aguas residuales domésticas para el riego de áreas verdes deberán asegurar previamente los recursos técnicos y económicos necesarios para garantizar su eficiente operación y mantenimiento. Los municipios que asuman el compromiso de operar estos sistemas, deberán fortalecer sus recursos humanos y asegurar una partida de gastos corrientes para la operación y mantenimiento de tales sistemas. Se propone que todas las instituciones responsables de estos sistemas de tratamiento en Lima busquen el soporte técnico de SEDAPAL.
19. Las plantas de tratamiento de aguas residuales proyectadas exclusivamente con fines de reúso, deben ser dimensionadas en función a la demanda de agua calculada para el tamaño actual y potencial del área de reúso, de modo que se evite problemas de

disponibilidad del recurso o se tenga que sobrecargar el sistema. Del mismo modo se recomienda el uso de sistemas de riego eficientes (riego tecnificados), con el fin de reducir los requerimientos de agua y por tanto el tamaño de la planta que deberá ser implementada.

20. Se recomienda utilizar las aguas residuales tratadas como una estrategia para reemplazar el uso actual de agua potable en el riego de las áreas verdes, principalmente en zona donde el recurso es escaso como en Lima Metropolitana. Si bien los costos de tratamiento para fines de reúso fluctúan según la tecnología aplicada, siempre es menor que la tarifa de agua potable que pagan los municipios actualmente por regar sus áreas verdes.
21. Se recomienda realizar campañas públicas para sensibilizar a la ciudadanía de las ventajas y riesgos del uso de las aguas residuales domésticas, a fin de lograr la aceptación de esta práctica como una alternativa concreta para mantener las áreas verdes de la ciudad.
22. Se recomienda no utilizar la remoción de materia orgánica, representada por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), como principal indicador de eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, en los casos en que sus efluentes se utilicen exclusivamente en el riego de áreas verdes y agricultura, salvo en aquellos en que operen con sistemas tecnificados de riego que puedan tener dificultades por un exceso de materia orgánica.
23. Se debe exigir que todas las plantas de tratamiento de aguas residuales mantengan un programa permanente de monitoreo del proceso y la calidad del agua. Este programa debe incluir parámetros básicos como caudal, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y parásitos humanos. Es necesario un monitoreo más intensivo el primer año, que luego se puede reducir a una rutina mínima en los siguientes años. Se debe evitar exigir el monitoreo con demasiados parámetros no esenciales, ya que los costos excesivos podrían desanimar el mantenimiento de un monitoreo básico pero suficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

ANA (2009). Resolución Jefatural No. 0291-2009 ANA, del 1 de junio de 2009. Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.

Asano, Takashi (1991). "Planning and implementation of water reuse projects." Water science & technology.

Asano, Takashi (1998). Wastewater Reclamation and Reuse. Water quality management library, Vol. 10. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, PA, USA.

Carranza, Francisco (2009). Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales. Water and Sanitation Program. Agosto.

CEPEP (2006). Guía General para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos para la Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. México.

CEPIS (1991). "Reúso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las lagunas de estabilización de San Juan" CEPIS. Octubre. Lima, Perú.

CEPIS/OPS-OMS (2002). Guía para la formulación de proyectos, Proyecto Regional "Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales en América Latina: realidad y potencial". Lima.

CEPIS (2002). Estudio de Viabilidad Sistema de Aprovechamiento de las Aguas Residuales en el Fundo San Agustín, Callao – Perú. Lima.

EMAPE (2011). Estudio de preinversión a nivel de perfil Instalación de un Sistema de Captación y Conducción de Agua Residual Tratada para Mejorar las Condiciones de Conservación de las Áreas Verdes en la Panamericana Sur km 13 al km 57, Provincia de Lima.

Fontaine, E. (1999). "Evaluación Social de Proyectos" – Instituto de Economía - Universidad Católica de Chile. 12ª edición.

GWP (2008). Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Bases para el desarrollo de planes nacionales. Global Water Partnership. Disponible en [www.gwp.org/Global/GWP-CAM\\_Files/Bases%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Planes%20Nacionales.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/Bases%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Planes%20Nacionales.pdf)

Herrera, Leandro y Hernández, José (1998). Estudio de Prefactibilidad Técnica y Económica para el Tratamiento y Reúso en Regadío de las Aguas Servidas del Sector Oriente de Santiago, Universidad de Chile. Santiago de Chile.

INEI (2007). Censos Nacionales 2007: XI de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <http://www.inei.gob.pe>

IPES (2008). Panorama de Experiencias de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao. IPES - Promoción para el Desarrollo Sostenible, Fundación RUAF y Proyecto Global SWITCH. Cuaderno de Agricultura Urbana No 6. Abril 2008. Lima, Perú.

Jaramillo, María F. (2010). "Potencial de reúso de agua residual doméstica como estrategia para el control de la contaminación por agua residual en el valle geográfico del río Cauca", Tesis de maestría, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Jimenez, B. & Asano, T. (2008). Water Reuse: An international survey of current practice, issues and needs, IWA Publishing, London, United Kingdom.

Lazarova, V. & Bahri, A. (2005) Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscape and Turf Grass, CRC Press Boca Raton, Florida, USA.

León, Guillermo (1995). Impacto Ambiental de los Proyectos de Uso de Aguas Residuales, CEPIS/OPS.

Metcalf y Eddy, I. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización, Barcelona, España.

MINAM (2008). Decreto Supremo No 002-2008-MINAM, del 31 de julio de 2008. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

MINAM (2009). Tratamiento y Reúso de aguas residuales. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

Ministerio de Economía y Finanzas – DGPI (2007). Pautas para la Identificación, Formulación y Evaluación social de proyectos de inversión pública a nivel de perfil. Lima.

Moscoso, J.; León Suemastu, G. (1995). El uso de aguas residuales tratadas potencialidades y limitaciones, CEPIS. Lima.

Moscoso, Julio (1999). Aspectos Institucionales, Económicas y Socioculturales del Uso de las Aguas Residuales.

Moscoso, Julio (2011). Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana. Universidad de Stuttgart - Lima Water (LIWA). Lima.

Mujeriego, Rafael (2006). La reutilización planificada del agua para riego: Aspectos conceptuales, técnicos, reglamentarios y de gestión. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

OMS (1999). Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Informe de un Grupo Científico de la Organización Mundial de la Salud. Serie de Informes Técnicos 778. Ginebra, 1989. En línea:  
<http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/aguresi/direc/direct.html>

Pescod, M.B. (1992). Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO Irrigation and drainage paper 47). Rome, Italy.

Qian, Yaling (2006). Urban Landscape Irrigation with Recycled Wastewater. Department of Horticulture and Landscape Architecture Colorado State University Report N° 204. Fort Collins, USA.

Sapag Chaing, N; Sapag Chaing, R. (2000). "Preparación y Evaluación de Proyectos" – Editorial Mc Graw-Hill.

SUNASS, GTZ/PROAGUA (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Lima.

SUNASS (2011). Las EPS y su desarrollo 2011. Informe N° 176-2011/SUNASS-120-F de 09 de agosto de 2011, Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Lima.

Trueba, Venancio (2008). Diagnóstico y Potencial de Reúso de Aguas Residuales Tratadas en el Valle de Aguascalientes, CONAGUA. Diciembre de 2008, México.

UNEP (2005). Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management. United Nations Environment Programme. Paris, France.

US EPA and US AID (1992). Manual-Guideline for Water Reuse. US Environmental Protection Agency (US EPA) and US Agency for International Development (US AID), EPA/625/R-92/004, Washington, D.C., USA.

U.S. EPA (2004). Guidelines for water reuse. EPA 645-R-04-108. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. Available on-line at [www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.pdf](http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.pdf).

US EPA (2005). Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits. US Environmental Protection Agency. Washington, D.C., USA. Available on-line at <http://www.epa.gov/region09/water/recycling/brochure.pdf>.

Viso, Alejandro (2005). Reutilización de aguas residuales para riego. Tendencias tecnológicas, Centro Tecnológico de la Energía y del Medio Ambiente. Murcia, España.

WHO (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey Water, volume 2: Wastewater Use in Agriculture. World Health Organization. Geneva, Switzerland.

World Bank (2010). Improving Wastewater Use in Agriculture: An Emerging Priority. Energy Transport and Water Department Water Anchor. Washington, DC.



## ANEXOS

### ANEXO 1: GLOSARIO

**Aeróbico:** Condición con oxígeno.

**Afluente:** Aguas negras o parcialmente tratado, que entra a una planta de tratamiento.

**Aguas negras domésticas:** Aguas negras derivadas principalmente de las casas, edificios comerciales instituciones y similares, que no están mezcladas con aguas de lluvia o aguas superficiales.

**Anaeróbico:** Condición sin oxígeno.

**Biofiltro:** El biofiltro consiste en un filtro con capas de distintos materiales, microorganismos por las cuales se hace pasar el agua a tratar. Los microorganismos especialmente acondicionados, oxidan y degradan las aguas residuales que son retenidos en las capas físicas.

**Coliformes fecales:** Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos.

**Coliformes totales:** Conjunto de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno:** Es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Digestión:** Acción y efecto de degradar materia orgánica mediante el calor, los reactivos químicos o los microorganismos.

**Efluente:** Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

**Entidades o Empresas.** Toda referencia genérica a Entidades, se entenderá hecha a las Entidades o Empresas del Sector Público No Financiero, que, independientemente de su denominación, nivel de autonomía u oportunidad de creación, ejecuten Proyectos de Inversión que utilicen Recursos Públicos en cualquiera de sus fases.

**Geomembrana:** Es la lámina impermeable hecha a partir de diferentes resinas plásticas, su presentación es en rollos y viene en diferentes espesores, cada material sintético tiene cualidades físicas y químicas distintas que hacen la diferencia para cada geomembrana.

**Grasa:** En aguas negras, el término grasa incluye a las grasas propiamente dichas, ceras ácidos grasos libres, jabones de calcio y de magnesio, aceites minerales y otros materiales no grasosos.

**Humedal artificial:** Denominado también biofiltro o pantano seco artificial, puede ser usado como el tratamiento secundario de las aguas residuales, instalándose de forma complementaria al Tanque séptico o Imhoff.

**Lodos:** Los sólidos depositados por las aguas negras, o desechos industriales, crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques y que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida.

**Oxígeno disuelto:** Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal.

**Patógeno:** Que origina y desarrolla una enfermedad.

**Pendiente:** La inclinación o declive de una tubería o de la superficie natural del terreno, usualmente expresada por la relación o porcentaje del número de unidades de elevación o caída vertical, por unidad de distancia horizontal.

**Percolación:** El flujo o goteo del líquido que desciende a través del medio filtrante. El líquido puede o no llenar los poros del medio filtrante.

**Recursos públicos.** Se consideran Recursos Públicos a todos los recursos financieros y no financieros de propiedad del Estado o que administran las Entidades del Sector Público. Los recursos financieros comprenden todas las fuentes de financiamiento. Esta definición incluye a los recursos provenientes de cooperación técnica no reembolsable (donaciones y transferencias), así como a todos los que puedan ser recaudados, captados o incorporados por las Entidades sujetas a las normas del Sistema Nacional de Inversión Pública.

**Sedimentación:** El proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas negras u otros líquidos, por gravedad. Esto se logra usualmente disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del límite necesario para el transporte del material suspendido. También se llama asentamiento.

**Sólidos sedimentables:** Sólidos suspendidos que se asientan en el agua, aguas negras, u otro líquido en reposo, en el periodo razonable. Tal periodo se considera, aunque arbitrariamente, igual a una hora.

**Sostenibilidad:** Es la capacidad de un PIP para mantener el nivel aceptable de flujo de beneficios netos, a través de su vida útil.

**Tanque Imhoff:** Denominado en honor de Karl Imhoff (1876 – 1965), ingeniero alemán especializado en aguas, que concibió un tipo de tanque de doble función -recepción y procesamiento- para aguas residuales.

**Tanque séptico:** Es una tanque de sedimentación de acción simple, en el que los lodos sedimentados están en contacto inmediato con las aguas negras que entran al tanque, mientras los sólidos orgánicos se descomponen por acción bacteriana anaerobia.

**Viabilidad:** Condición atribuida expresamente, por quien posee tal facultad, a un PIP que demuestra ser rentable, sostenible y compatible con las políticas sectoriales, regionales y locales, según sea el caso.

**ANEXO 2: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA DE LA CATEGORÍA 3:  
RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDA DE ANIMALES**

Cuadro A1

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
<b>Fisicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2.000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfato - P	mg/L	1
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	0,05
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Boro total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cromo VIad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Niquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
<b>Orgánicos</b>		
Azúcares y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.M. (detergentes)	mg/L	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-6)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

Fuente: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua. DS N° 002-2008-MINAM

Cuadro A2

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	INP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	INP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	INP/100mL	20	100
Escherichia col	INP/100mL	100	100
Huevos de Helmintos	Huevos/litro	<1	<1(1)
Salmonella sp.		Ausente	Ausente
Vibrio cholerae		Ausente	Ausente

### ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO CON FINES AGRONÓMICOS

Cuadro A3: Parámetros normales en un suelo con fines agronómicos

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor ó rango
Materia orgánica	M.O.	%	2 a 4
Nitrógeno total	N	%	0.1 a 0.2
Fósforo (Olsen)	P	ppm	7 a 14
Potasio	K <sub>2</sub> O	ppm	120 a 240
pH			5.5 - 8.5
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	<2
Sodio	PSI	%	<15
Carbonatos	CaCO <sub>3</sub>	%	<1
Boro	B	ppm	<0.5

Fuente: FAO 1987

### ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS DEL AGUA PARA RIEGO

Cuadro A4

Parámetros normales del agua con fines de riego

Parámetros del agua	Símbolo	Unidad	Rango esperado en el agua de riego
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	<3
Total de sólidos disueltos	TDS	mg/L	<2000
Calcio	Ca <sup>++</sup>	meq/L	<20
Magnesio	Mg <sup>++</sup>	meq/L	<5
Sodio	Na <sup>+</sup>	meq/L	<40
Carbonato	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/L	<0.1
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/L	<10
Cloruro	Cl <sup>-</sup>	meq/L	<30
Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	meq/L	<20
Nitrato-Nitrógeno	NO <sub>3</sub> -N	mg/L	<10

Amonio-Nitrógeno	NH <sub>4-N</sub>	mg/L	<5
Fosfato-Fósforo	PO <sub>4-P</sub>	mg/L	<2
Potasio	K <sup>+</sup>	mg/L	<2
Boro	B	mg/L	<2
Acidez / Basicidad	pH		5.5 a 8,5
Relación Adsorción Sodio	RAS		<15

Fuente: FAO 1987

Cuadro A5  
Concentración de elementos en el agua de riego

Elemento	Concentración
	(mg/L)
Al (aluminio)	5,00
As (arsénico)	0,10
Be (berilio)	0,10
Cd (cadmio)	0,01
Co (cobalto)	0,05
Cr (cromo)	0,10
Cu (cobre)	0,20
F (Flúor)	1,00
Fe (hierro)	5,00
Li (litio)	2,50
Mn (manganeso)	0,20
Mo (molibdeno)	0,01
Ni (níquel)	0,20
Pb (plomo)	5,00
Se (selenio)	0,02
V (vanadio)	0,10
Zn (cinc)	2,00

Fuente: FAO 1987