

Universidad de Valencia



Facultad de Economía

Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos

Título del Trabajo Fin de Máster:

**Análisis de la Viabilidad Económica para la Mejora de la Calidad de los
Vertidos Urbanos al Río Chumbao de la Provincia de Andahuaylas,
Región de Apurímac, Perú.**

Presentado por:

Ronald Pérez Salcedo.

Tutor:

Dr. Francesc Hernández Sancho.

Fecha:

11 de Septiembre de 2014.

A. TRABAJO FIN DE MASTER:

Análisis de la Viabilidad Económica para la Mejora de la Calidad de los Vertidos Urbanos al Río Chumbao de la Provincia de Andahuaylas, en la Región de Apurímac.

B. ANEXOS:

Anexo 1: Indicadores Compuestos para Evaluar la Sostenibilidad de EDARs. en Pequeñas Poblaciones.

Anexo 2: Valores de los Indicadores, en Términos Cualitativos y Cuantitativos.

Anexo 3: Valores para la Conversión de los Indicadores Cualitativos a Cuantitativos.

Anexo 4: Costes Unitarios Correspondiente a la Alternativa III del Componente 1 (Existencia de Sistemas de Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas).

Anexo 5: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III del Componente 2 (Mejora de la Infraestructura de las Redes de Alcantarillado).

Anexo 6: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III del Componente 3, (Buenos Niveles de Educación Sanitaria).

Anexo 7: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III del Componente 4, (Capacidad de Gestión de las Aguas Residuales Urbanas por parte de la Entidad Encargada).

Anexo 8: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III, Gastos de Supervisión.

Anexo 9: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III Gastos Generales.

Anexo 10: Costos de la Inversión Total a Precios Privados y Sociales Alternativa I.

Anexo 11: Costos de Operación y Mantenimiento por Año a Precios Privados y Sociales Alternativa I.

Anexo 12: Costos de la Inversión Total a Precios Privados y Sociales Alternativa II.

Anexo 13: Costos de Operación y Mantenimiento por Año a Precios Privados y Sociales Alternativa II.

Anexo 14: Costos de la Inversión Total a Precios Privados y Sociales Alternativa III.

Anexo 15: Costos de Operación y Mantenimiento por Año a Precios Privados y Sociales Alternativa III.

Anexo 16: Flujo de Costos a Precios Privados para la Alternativa I.

Anexo 17: Flujo de Costos a Precios Públicos para la Alternativa I.

Anexo 18: Flujo de Costos a Precio Privados para la Alternativa II.

Anexo 19: Flujo de Costos a Precios Públicos para la Alternativa II.

Anexo 20: Flujo de Costos a Precio Privados para la Alternativa III.

Anexo 21: Flujo de Costos a Precio Públicos para la Alternativa III.

Anexo 22: Parámetros de Costos Per cápita para Proyectos de Saneamiento, en el Área Urbana.

ÍNDICE.

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
II. OBJETIVOS.	6
2.1. Objetivo General.	6
2.2. Objetivo Específicos.	6
III. JUSTIFICACIÓN.	6
IV. METODOLOGÍA.	9
V. MARCO TEÓRICO.	11
5.1. Las Aguas Residuales y Determinación de la Tecnología.	11
5.1.1. Las Aguas Residuales y sus Características.	11
5.1.2. Determinación de la Tecnología.	13
5.1.3. Tecnología de Depuración: Breve Descripción del Proceso.	18
5.1.4. Legislación Peruana en Depuración.	22
5.2. Características Generales del Área de Estudio.	25
5.2.1. Ubicación Geográfica.	25
5.2.2. Geomorfología.	25
5.2.3. Clima.	26
5.2.4. Suelos y Capacidad de Uso.	26
5.2.5. Recursos Hídricos.	26
5.3. Definición del Problema y sus Causas.	27
5.3.1. Esquema del Árbol de Causas y Efectos.....	28
5.3.2. Esquema del Árbol de Medios y Fines.	32
5.3.3. Análisis del Árbol de Medios y Acciones.	35
5.4. Formulación y Evaluación.	39
5.4.1. Horizonte de Evaluación.....	39

5.4.2.	Análisis de la Demanda.	40
5.4.3.	Análisis de la Oferta.....	43
5.4.4.	Balance Demanda Oferta.	43
5.5.	Costos del Proyecto.....	44
5.5.1.	Costos en la Situación Sin Proyecto.....	44
5.5.2.	Costos en la Situación Con Proyecto.	44
5.6.	Beneficios.....	46
5.6.1.	Beneficios en la Situación Sin Proyecto.	46
5.6.2.	Beneficios en la Situación Con Proyecto.	46
5.6.3.	Beneficios Incrementales.....	49
5.7.	Evaluación Económica.	49
5.7.1.	Evaluación Coste Eficacia.	49
5.7.2.	Evaluación Coste Beneficio.	52
5.7.3.	Evaluación Costo Efectividad.	54
5.7.4.	Indicadores Económicos de Rentabilidad.....	55
5.7.5.	Resumen del Análisis de Evaluación y Selección de Alternativa..	56
5.7.6.	Análisis de Sensibilidad.	59
5.7.7.	Análisis de Sostenibilidad Económica.	63
VI.	RECOMENDACIONES.	64
VII.	CONCLUSIONES.....	65
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	66
IX.	LISTA DE FIGURAS, TABLAS, CUADROS Y ABREVIATURAS.....	70
9.1.	Lista de Cuadros.	70
9.2.	Lista de Tablas.	71
9.4.	Lista de Abreviaturas.....	72

RESUMEN

Uno de los principales agentes contaminantes de las masas de agua son las aguas residuales urbanas e industriales, la contaminación genera problemas de salud pública, por ello la importancia del agua y su calidad, en este trabajo, se plantea determinar la viabilidad económica de la mejor alternativa para la depuración de los residuos líquidos que son vertidos al río Chumbao, un río que recibe las aguas residuales de varios asentamientos urbanos pertenecientes a la provincia de Andahuaylas, principalmente en el área del Valle del Chumbao,

El estudio se basó en un diagnóstico de la problemática que supone la no depuración de las aguas residuales que son vertidas al río Chumbao sin ningún tratamiento previo, para lo cual se determinó la tecnología en base a un análisis de sostenibilidad mediante indicadores compuestos, que relacionan de manera integral los factores sociales, ambientales y económicos; se propusieron tres alternativas de solución, se construyó su flujo de inversión y beneficios a partir de los costos unitarios y el cálculo de los precios sombra, mediante la determinación de los ratios económicos como el VAN, TIR, B/C, se determinó la mejor alternativa y se realizó el análisis de sensibilidad para la alternativa seleccionada en base a tres escenarios (optimista, conservador y pesimista).

Palabras claves: Viabilidad económica, valor actual neto, tasa interna de retorno, sostenibilidad, análisis de sensibilidad, río Chumbao, aguas residuales urbanas, depuración, fangos activados.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más importantes de cualquier sociedad es la adecuada gestión y conservación de los recursos hídricos. El agua es un recurso limitado y esencial para el desarrollo de la vida humana y que en la actualidad una buena parte de la población mundial vive en regiones con una severa escasez hídrica. El problema de la escasez de agua se está agravando por el cambio climático, sobre todo en las regiones áridas, donde la creciente acumulación de población unida a una pluviometría escasa y distribuida irregularmente en el espacio y el tiempo está causando el agotamiento o el deterioro difícilmente reversible de los recursos hídricos (Hernández Sancho, 2013).

Ante esta situación, es imprescindible una gestión eficiente de los recursos hídricos, basada en criterios sociales, económicos, ambientales, científicos y técnicos, que permita disponer de un suministro adecuado tanto cuantitativa como cualitativamente y que proteja los recursos hídricos existentes.

Las aguas superficiales están expuestas a la contaminación de origen natural y antrópico, la contaminación de origen natural es parte de su ciclo mediante el arrastre de material particulado con contenido de materia orgánica natural MON, mientras que la contaminación de origen humano o antropogénico, es debido a las descargas de aguas residuales urbanas, aguas residuales industriales, residuos sólidos, escorrentía superficial de las calles y de las zonas agrícolas (Torres, Cruz, & Patiño, 2009). Por cualquiera de las causas, la contaminación hace que disminuya el oxígeno disuelto OD, al disminuir este, las especies van desapareciendo, se interrumpe la cadena alimenticia y el ecosistema fluvial se va degenerando hasta destruirse (Chiriboga, 2010).

A pesar que los ríos han sido y son sumideros de desechos urbanos, su capacidad de auto purificarse permite que se regeneren y neutralicen los efectos de las descargas de aguas residuales. Los parámetros que influyen en la autopurificación son la cantidad de aguas residuales vertidas, geometría y estructura del lecho del río, la velocidad de flujo, la temperatura del agua, la dispersión espacial y la composición de los diferentes organismos (EPSAR, 2014).

Sin embargo este poder de auto suficiencia en la purificación o depuración de los ríos tiene un límite (Chiriboga, 2010). Por ello es necesario tratar los

residuos líquidos antes de verterlos al río y así ayudar a las masas de aguas superficiales a mantener el equilibrio del ecosistema acuático, esto supondría una importante acción para combatir la contaminación ambiental, y con ella los riesgos en la salud y por ende la minimización de cuantiosas pérdidas económicas.

Teniendo en cuenta que un 70 a 80% del total del agua que consumimos se convierten en aguas residuales y estos van a parar a ríos, lagos y mares; tienen un impacto muy fuerte en la ecología acuática (Chiriboga, 2010). Este problema es aún mayor en las grandes urbes de África, América Latina y Asia.

Las Naciones Unidas en su agenda 21 sobre el medio ambiente y desarrollo dice que la razón del 80% de enfermedades y el 40% de muertes en países en vías de desarrollo son causadas por el consumo y exposición a aguas contaminadas hasta el punto que el 10% de la duración de la vida de las personas, padecen alguna enfermedad relacionada con el agua (Torres, Cruz, & Patiño, 2009). Se estima unas 5000 muertes diarias de niños menores de cinco años por consumir agua contaminada (Arrojo, 2010).

Restaurar es recuperar un sistema natural a partir de la eliminación de impactos que lo han deteriorado en el tiempo, es lograr la naturalidad, funcionalidad, dinamismo, complejidad, diversidad y resistencia, en suma la auténtica restauración es una auto-restauración por parte del río desde el momento que se eliminen los impactos, no es belleza, ni verdor, es poner un alto a todo lo que hacemos a diario, es volver a un estado virgen, a pesar de no saber con exactitud cuál es el estado prístino porque la naturaleza es producto en cada momento de las condiciones que no se repetirán, además la intervención humana data de millones de años, y nosotros somos parte del ecosistema y nuestra influencia positiva o negativa puede reducirse pero no eliminarse, por lo tanto es un concepto teórico; conviene entonces hablar de mitigación o rehabilitación cuando se pretende menguar nuestros impactos en el medio, mirando objetivos futuros en lugar de recuperar situaciones pasadas.

Es conveniente dar las circunstancias para que el río siga comportándose como un río y menguar nuestros impactos (Ollero, Ibisate, Acín, Díaz, Granado, & Horacio, 2011). Este contexto exige respuestas viables tanto desde el punto

de vista económico como ambiental que garanticen la sostenibilidad y la calidad de vida de los ciudadanos en el presente y también en el futuro (Molinos Senante, 2014)

Los ríos de montaña tienen una alta capacidad de reaeración, gracias a las turbulencias que se generan por las características topográficas como los rápidos, características hidráulicas como la poca profundidad que permite la entrada de la luz y la muerte de patógenos, por eso es alta la cantidad de oxígeno disuelto (Camacho, Rodríguez, Gelvez, González, Medina, & Torres, 2007).

El río Chumbao es un río de montaña en la cuenca alta y media, con caudales cambiantes debido a la pluviometría irregular, siendo caudaloso en épocas de lluvias y secos en épocas de estiaje, es torrencioso y de pendiente pronunciada, éste río ha venido recibiendo durante años la descarga de aguas residuales de los asentamientos urbanos que se desarrollan a lo largo de él. (CAM - Andahuaylas, 2014).

La (DISA, 2006) Recomendó la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales, además propuso un plan de descontaminación ambiental, en donde plantea formular estrategias para la recuperación y descontaminación del río, sobre la base de planes y programas desarrollados a nivel local, regional y nacional, con el fin de satisfacer una demanda creciente de recursos hídricos, evitando la degradación de los ecosistemas, suponiendo un verdadero reto que debe ser afrontado desde una perspectiva eficaz y realista.

Visto la importancias y características del tema, se plantea el presente estudio que se denomina “análisis de la viabilidad económica para la mejora de la calidad de los vertidos urbanos al río Chumbao de la provincia de Andahuaylas en la región de Apurímac”, el cual pretende hacer un estudio económico para poder determinar la mejor alternativa de solución para el tratamiento de las aguas residuales de origen urbano, que son vertidos al cauce del río Chumbao, mediante la valoración de indicadores económicos como los análisis costo beneficio, costo eficacia y costo efectividad e indicadores de rentabilidad económica VAN, TIR, B/C, todos los cálculos fueron realizados en moneda peruana (nuevos soles S/.)

De acuerdo a lo anterior se llegó a plantear los siguientes objetivos para poder determinar la mejor alternativa de solución para la gestión adecuada de las aguas residuales urbanas de estas poblaciones.

II. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

- Análisis de la viabilidad económica para la mejora de la calidad de los vertidos urbanos al cauce del río Chumbao de la provincia de Andahuaylas, región de Apurímac, Perú.

2.2. Objetivo Específicos.

- Determinar el sistema más adecuado de depuración según indicadores compuestos de sostenibilidad para sistemas de depuración.
- Determinar el presupuesto de instalación y la realización del estudio económico correspondiente para comprobar la viabilidad económica de la misma.
- Mejora de la calidad de las masas de aguas del río Chumbao mediante la gestión adecuada de las aguas residuales urbanas de la provincia de Andahuaylas.

III. JUSTIFICACIÓN.

La Provincia de Andahuaylas está ubicada en la parte occidental de la Región de Apurímac, al sur de Perú, que de acuerdo al censo del 2007 a la fecha supera los 90000 habitantes, se le considera como una de las ciudades con mejor crecimiento económico de esta parte del país, debido principalmente a proyectos mineros que se vienen ejecutando y las actividades de agricultura y ganadería; teniendo también problemas sociales como el analfabetismo 30%, desnutrición 25%, entre otros factores. Cuenta con servicios de luz, telefonía, internet, agua potable y desagüe, es un valle interandino que posee tierras altas y medias, de clima frío y templado (INEI, 2007).

Cuenta con un río llamado Chumbao que con sus aguas riega parcelas de sembríos como verduras, hortalizas, tubérculos entre otros cultivos, se trata de una río con poco caudal en épocas de estiaje el cual va creciendo conforme comienzan las lluvias del invierno que en promedio llega a los 10 m³/seg (ANA, 1980), el cual viene arrastrando el problema de la contaminación debido al crecimiento poblacional y con ello el aumento de los residuos urbanos, que hacen que sea imposible la depuración natural, a esto debe sumarse la falta de

sistemas de depuración y la cercanía de los huertos a la población que hacen uso de aguas contaminadas, lo cual conlleva a problemas de enfermedades y por ende el deterioro de la calidad de vida de las personas y también del río mismo.

Las redes de desagüe en casi un 100% desembocan al río Chumbao que se encuentra justo en medio de la población tal y como se muestra en las figuras No. 1; 2; y 3. El río Chumbao flanquea de este a oeste a la ciudad, convirtiéndose en foco de contaminación de todo tipo de enfermedades y alimento de vectores como moscas, ratas, etc.

Por otro lado de acuerdo al pronunciamiento de la comisión ambiental municipal (CAM) de la provincia de Andahuaylas, dice que en la actualidad el río ha llegado a niveles altos de contaminación debido básicamente al constante vertimiento directo e indirecto de las aguas residuales, la dirección de salud ambiental (DISA) y la autoridad nacional del agua (ANA) realizaron estudios de las aguas del río Chumbao determinando la presencia alarmante de residuos fecales, metales pesados, grasas y aceites (CAM - Andahuaylas, 2014).

En ese entender la provincia de Andahuaylas no dispone de un sistema integrado de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas, y todos los sistemas recolectores individuales o por sectores disponen el efluente final al río Chumbao. De este modo, la contaminación ambiental se ha convertido en un problema de dimensiones importantes, aumentando los riesgos para la salud y amenazando la sostenibilidad de la actividad agrícola y pecuaria de la zona (ANA, 2010).

En tanto, todo el servicio de agua potable y alcantarillado está a cargo de la empresa de aguas EMSAP CHANKA SCRL, que es un órgano descentralizado de la Municipalidad Provincial de Andahuaylas, con autonomía administrativa, económica y financiera, con personería jurídica, de derecho privado. El cual no cuenta con capacidad administrativa, técnica ni económica para poder gestionar las aguas residuales, y mantener los sistemas de desagüe (CAM - Andahuaylas, 2014).



Figura 1. Red de Alcantarillado que Desemboca las Aguas Residuales al Río Chumbao - Andahuaylas.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 2. Matadero Municipal que Desemboca sus Aguas Residuales al Río Chumbao - Andahuaylas.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3. Red de Alcantarillado Vecinal que Desemboca las Aguas Residuales al Río Chumbao - Andahuaylas.

Fuente: Elaboración Propia.

IV. METODOLOGÍA.

En términos metodológicos, los análisis cualitativos del presente trabajo fueron de tipo descriptivo, con un diseño “No Experimental”, la muestra estuvo compuesta por la problemática que implica la no depuración o tratamiento de las aguas residuales urbanas y sus consecuencias en las poblaciones aguas abajo del río Chumbao, involucrando a los actores sociales pertenecientes al gobierno local, regional y nacional, fue definida teóricamente y operó bajo el criterio de saturación de información.

Las unidades de información han sido recuperadas de fuentes secundarias informes y registros locales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Salud (MINSA), consultores privados, documentos oficiales y públicos, declaraciones en medios de difusión pública y encuestas.

Para la determinación de la viabilidad y sostenibilidad de la mejor alternativa en función a los costes se usó fórmulas matemáticas para calcular indicadores

económicos (coste beneficio, coste eficacia, VAN, TIR), indicadores compuestos (permiten evaluar la sostenibilidad), estudio del análisis de la sensibilidad para los escenarios optimista, conservador y pesimista, basados principalmente en la metodología del sistema nacional de inversión pública (SNIP) del gobierno peruano. A continuación se enumeran los pasos seguidos en la elaboración de este trabajo final de máster (TFM):

- Se investigó y recopiló información de fuentes oficiales y estudios realizados sobre la problemática de la contaminación de las aguas del río Chumbao de la provincia de Andahuaylas y la cuenca del Chumbao, para obtener datos de calidad, cantidad, clima, población, legislación y características de la zona de estudio.
- La determinación de la tecnología se hizo en base a indicadores compuestos para evaluar la sostenibilidad en sistemas de depuración de aguas residuales, los cuales proporcionan información para la elección de la mejor tecnología de estaciones depuradoras de aguas residuales, que tiene su fundamento en una visión holística del todo, en donde concuerdan los factores ambientales, sociales y económicos de manera equilibrada.
- La identificación del problema, sus causas y consecuencias así como sus posibles soluciones se basaron en el enfoque de árbol de causa y efecto, árbol de medios y fines y el árbol de medios y acciones, respectivamente, los cuales describen de manera sintetizada toda la problemática y permite resumir en forma consistente y lógica lo que el proyecto propone.
- Para la formulación del proyecto se determinó el horizonte de evaluación, análisis de la demanda y la oferta, así como su balance, el cronograma de las actividades, la determinación de los costos de inversión, operación y mantenimiento.
- La evaluación económica se basó en el estudio privado y social de los costos de inversión, operación y mantenimiento a través del análisis de coste beneficio principalmente y los análisis de coste efectividad y coste eficacia, para poder comparar el comportamiento de las alternativas frente a los diferentes tipos de análisis, también se usaron ratios

económicos o indicadores de rentabilidad económica (VAN, TIR, B/C), con la finalidad de determinar la mejor alternativa que solucione los problemas encontrados en la parte de identificación, además se realizó el análisis de sensibilidad de la alternativa seleccionada en tres escenarios distintos (optimista, conservador y pesimista).

Cabe mencionar que para proyectos de inversión en el área de saneamiento y depuración la evaluación económica se realiza con la metodología coste efectividad, pero también existen casos en el que se pueden evaluar con el método de costo beneficio, para lo cual es necesario determinar los beneficios que se consiguen con este tipo de proyectos, a los que otros autores llaman precios sombra (MEF, 2003).

V. MARCO TEÓRICO.

5.1. Las Aguas Residuales y Determinación de la Tecnología.

5.1.1. Las Aguas Residuales y sus Características.

También llamadas aguas servidas, negras, fecales o cloacales pudiendo definirse como el conjunto de aguas que lleva elementos extraños, bien por causas naturales, bien provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana, estando compuestas por una combinación de líquidos de desagüe de viviendas, industriales, agrícolas, ganaderas, aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que son conducidas por las alcantarillas. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación de la salud pública y del medio ambiente en general. (Milagros, 2012).

Toda agua residual debe ser tratada, tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua residual se debe conocer su composición, esto es lo que se llama caracterización del agua, permite conocer qué elementos físicos, químicos y biológicos están presentes y da la información necesaria para el diseño apropiado de una estación depuradora de aguas residuales (EDARs). En la tabla No.1 Se presenta los valores típicos de acuerdo a la procedencia de las aguas residuales (Iborra Clar, Mendoza Roca, & Bes Piá, 2013).

Tabla 1: Valores Típicos de Diferentes Tipos de Aguas Residuales.

Parámetro	Agua residual	Industria	Industria Metal
	urbana (Concentración en ppm)	Agroalimentaria (Concentración en ppm)	Mecánica (Concentración en ppm)
DBO5	100 a 400	700 a 1000	100 a 200
DQO	250 a 1000	2000 a 3000	1500 a 2000
ST	200 a 1200		
SS	100 a 400	300 a 500	100 a 200
NKT	20 a 80	300 a 400	30 a 50
Pt	5 a 20	15 a 20	15 a 20
pH	6,5 - 8,5	6 a 8	4 a 6
Conductividad	1 a 2	1 a 2	2 a 3

Fuente: Elaboración Propia, a partir de (Iborra Clar, Mendoza Roca, & Bes Piá, 2013)

Una EDAR tiene la función de disminuir hasta los límites máximos permitidos de acuerdo a la legislación de cada país o región, toda contaminación física, química y bacteriológica del agua residual que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna, de manera que se pueda devolver el agua tratada al medio ambiente en condiciones adecuadas (Wikipedia, 2012).

La aportación de aguas residuales industriales a una estación depuradora de aguas residuales urbanas (EDARU), complica a menudo la operación de las mismas, sobre todo si a la hora del diseño se hubiera despreciado este aporte. En todo caso, para saber si las aguas residuales industriales pueden ser depuradas en las EDARUs, se debe de estudiar muy bien el volumen y la carga que aportaría la industria, y si este efluente contiene contaminantes específicos compatibles con los urbanos, otro punto importante que a menudo presenta dificultades es el saneamiento de una mezcla de residuos líquidos procedentes de diferentes tipos de industria. (Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999)

En la actualidad existen varios tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales como son los Humedales, Lagunaje, Fangos Activados, Biodiscos, filtro percolador, membranas, etc. las cuales se pueden clasificar por el número de etapas de tratamiento, forma en que los microorganismos crecen, si son

continuos o discontinuos, cantidad de caudal a tratar, etc. (Alianza por el Agua, 2008).

5.1.2. Determinación de la Tecnología.

El diseño y explotación de plantas de depuración debe realizarse con la misma eficacia en cualquier parte del mundo, debiendo partirse como base de las cualidades del agua residual a tratar (calidad y cantidad) y hasta qué punto se requiere depurar (determinado por la normativa del país) también está por medio los costes de inversión, operación y mantenimiento, los posibles impactos ambientales, la aceptación de la sociedad, etc. Factores que muchas veces no son tomados en cuenta a la hora de formular proyectos de este tipo, convirtiéndolos en proyectos no exitosos e insostenibles en el tiempo. Entendiéndose a la sostenibilidad como la capacidad que debe tener un proyecto de generar los recursos necesarios para mantenerse de forma social, económica y ambiental eficientemente en el tiempo, afectando positivamente al mayor número de personas y sin comprometer los recursos para las futuras generaciones, término que hizo que los proyectos de inversión a nivel general y los de depuración de aguas residuales en particular optimizaran sus procesos, generando nuevas tecnologías como las de explotación intensiva; con el pasar de los años fueron surgiendo mejores estudios sobre el tratamiento de las aguas residuales, en donde no solo era primordial la depuración si no también la eficiencia del sistema en general, luego se fue tomando conciencia de que las EDARs consumían mucha energía por lo que se hicieron muchos estudios de mejoras hasta llegar al punto de tener estándares de los flujos de procesos, hoy en día se habla de sistemas sostenibles, que sean capaces de trabajar con el menor recurso posible, que depuren mayor cantidad de aguas residuales y que sea lo menos perjudicial para el medio ambiente (Lora García, 2013).

Para la determinación de la tecnología basaremos el estudio en un análisis de la sostenibilidad de diferentes tipos de sistemas de depuración, que usara la metodología de indicadores compuestos para evaluar la sostenibilidad de EDARs en pequeñas poblaciones. Este sistema utiliza métodos directos (como análisis de componentes principales, análisis de correlación, DEA) e indirectos (proceso analítico jerárquico AHP mediante escalas de ponderación Saaty o Likert).

Un indicador compuesto se forma cuando varios indicadores individuales son integrados en un único indicador, de esta forma se proporciona una aproximación holística global del todo, permitiendo elegir la mejor tecnología posible (Molinos Senante, 2014).

Basamos el análisis en tres componentes fundamentales para la sostenibilidad como son lo social, lo económico y el ambiental, los cuales a su vez contemplan varios factores.

- Económico:

Costos de inversión, costos de operación y mantenimiento.

- Ambiental:

Eficiencia de la eliminación de la materia orgánica, eficiencia de la eliminación de los sólidos suspendidos, eficiencia de la eliminación de nitrógeno, eficiencia de la eliminación de fosforo, consumo de energía, superficie del terreno requerido, producción de lodos de aguas residuales, potencial para la reutilización del agua, potencial para recuperar nutrientes y la confiabilidad.

- Social:

Olores, ruidos, impacto visual, aceptación pública y la complejidad.

Estos componentes se denominan indicadores, para los cuales existen múltiples definiciones siendo el más simple y acertado el siguiente, dato o conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o actividad en comparación a otro del mismo tipo.

En los anexos No. 1, 2 y 3 se muestra el análisis realizado de forma cualitativa y cuantitativa de acuerdo al tipo de factor, luego fueron direccionadas positivamente o negativamente para poder ser normalizados de acuerdo a las *formulas 1 y 2*, con la finalidad de convertirlos a indicadores adimensional y que su valor este comprendido entre (0-1), pudiendo sumar todos los indicadores pertenecientes a cada componente, los resultados normalizados y convertidos en indicadores adimensionales los podemos ver en el cuadro No. 1.

- Para indicadores positivos.

$$IN_{ij} = \frac{I_{ij} - I_j^{min}}{I_j^{max} - I_j^{min}} \quad \dots (1)$$

- Para indicadores negativos.

$$IN_{ik} = \frac{I_k^{max} - I_{ik}}{I_k^{max} - I_k^{min}} \quad \dots (2)$$

Donde:

IN_{ij} es el valor normalizado de la i th tecnología en el j th indicador positivo, IN_{ik} valor normalizado de la i th tecnología en el k th indicador negativo, I_j^{min} and I_j^{max} son los valores mínimos y máximos del j th indicador y I_k^{min} y I_k^{max} son los valores mínimos y máximos del k th indicador.

Cuadro 1: Indicadores Adimensionales Normalizados.

Dirección	Indicador	Humedales	Lagunaje	Aireación prolongada	Membrana	Biodiscos	Filtro percolados	Reactor Batch
N	CI1	0,896	1,000	0,792	0,188	0,188	0,229	0,000
N	COM2	1,000	0,674	0,543	0,000	0,707	0,668	0,641
P	EEMO1	0,000	0,263	0,789	1,000	0,526	0,789	0,526
P	EESS2	0,345	0,000	0,690	1,000	0,517	0,000	0,690
P	EEN3	0,500	0,000	1,000	1,000	0,500	0,375	0,875
P	EEF4	0,571	1,000	0,714	0,857	0,000	0,714	0,714
N	CE5	1,000	1,000	0,313	0,000	0,625	0,625	0,453
N	STR6	0,000	0,118	0,936	1,000	0,965	0,976	0,976
N	PLAR7	0,000	1,000	0,580	1,000	1,000	1,000	1,000
P	PRA8	0,333	0,000	0,333	1,000	0,333	0,333	0,667
P	PRN9	0,000	0,000	0,500	1,000	0,500	0,500	1,000
N	C10	0,500	0,500	0,000	0,500	0,000	1,000	0,000
N	O1	0,000	0,000	1,000	1,000	0,500	0,500	1,000
N	R2	1,000	1,000	0,000	0,000	0,500	0,500	0,000
N	IV3	1,000	1,000	0,250	0,250	0,250	0,000	0,500
P	AP4	1,000	1,000	0,500	0,500	0,500	0,000	0,500
N	C5	1,000	1,000	0,333	0,000	0,333	0,333	0,667

Fuente: Elaboración Propia a partir de (Molinos Senante, 2014), los cuales se detallan en los Anexos No. 1, 2 y 3.

Con los indicadores normalizados de forma adimensional se procede a multiplicar por el peso que se le da a cada componente siendo la suma como máximo la unidad, los pesos de los indicadores así como de las dimensiones se muestra en el cuadro No. 2, y los resultados del mismo se muestran en el cuadro No. 3.

Cuadro 2: Valores de los Indicadores y las Dimensiones en Porcentaje.

Dimensión	Indicador	Peso de los indicadores (%)	Peso de las dimensiones (%)
Económica	CI1	0,336	0,308
	COM2	0,664	
Ambiental	EEMO1	0,146	0,471
	EESS2	0,124	
	EEN3	0,107	
	EEF4	0,124	
	CE5	0,088	
	STR6	0,078	
	PLAR7	0,097	
	PRA8	0,094	
	PRN9	0,065	
	C10	0,078	
Social	O1	0,372	0,221
	R2	0,182	
	IV3	0,092	
	AP4	0,23	
	C5	0,124	

Fuente: Elaboración Propia, a Partir de (Molinos Senante, 2014)

Cuadro 3: Resultados de Multiplicar los Indicadores por sus Respective Pesos.

Indicador	Humedales	Lagunaje	Aireación prolongada	Membrana	Biodiscos	Filtro percolados	Reactor Batch
IECS1	0,301	0,336	0,266	0,063	0,063	0,077	0,000
IECS2	0,664	0,447	0,361	0,000	0,469	0,444	0,426
IENS1	0,000	0,038	0,115	0,146	0,077	0,115	0,077
IENS2	0,043	0,000	0,086	0,124	0,064	0,000	0,086
IENS3	0,054	0,000	0,107	0,107	0,054	0,040	0,094
IENS4	0,071	0,124	0,089	0,106	0,000	0,089	0,089
IENS5	0,088	0,088	0,028	0,000	0,055	0,055	0,040
IENS6	0,000	0,009	0,073	0,078	0,075	0,076	0,076
IENS7	0,000	0,097	0,056	0,097	0,097	0,097	0,097
IENS8	0,031	0,000	0,031	0,094	0,031	0,031	0,063
IENS9	0,000	0,000	0,033	0,065	0,033	0,033	0,065
IENS10	0,039	0,039	0,000	0,039	0,000	0,078	0,000
ISS1	0,000	0,000	0,372	0,372	0,186	0,186	0,372
ISS2	0,182	0,182	0,000	0,000	0,091	0,091	0,000
ISS3	0,092	0,092	0,023	0,023	0,023	0,000	0,046
ISS4	0,230	0,230	0,115	0,115	0,115	0,000	0,115
ISS5	0,124	0,124	0,041	0,000	0,041	0,041	0,083

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Cuadros No. 1 y 2.

De acuerdo con la metodología, se procede a sumar todos los indicadores que pertenecen a una dimensión o componente para luego multiplicarlo por el peso de la dimensión para lo cual se utilizan las *formulas No. 3; 4; 5 y 6*. Los resultados se muestran en el cuadro No. 4, del cual se concluye, que la suma total de componentes determinara el indicador de sostenibilidad global, que debe de estar comprendido entre (0 – 1), en donde los resultados que tengan una tendencia hacia la unidad serán los que más sostenibles se comporten en el tiempo, para nuestro caso es el 0,606 que pertenece a la tecnología de aeración prolongada, que a su vez esta se encuentra dentro del grupo de fangos activados, que será la tecnología a utilizar para el presente trabajo de viabilidad económica.

- Indicador de sostenibilidad económica

$$ECS_i = \sum_{c=1}^C W_c \cdot IN_{ic} \quad \dots (3)$$

- Indicador de sostenibilidad ambiental

$$ENS_i = \sum_{v=1}^V W_v \cdot IN_{iv} \quad \dots (4)$$

- Indicador de sostenibilidad social

$$SS_i = \sum_{s=1}^S W_s \cdot IN_{is} \quad \dots (5)$$

- Indicador de sostenibilidad global

$$GS_i = W_{ECS} \cdot ECS_i + W_{ENS} \cdot ENS_i + W_{SS} \cdot SS_i \quad \dots (6)$$

Donde:

- ECS_i es el indicador de sostenibilidad económica; $\sum_{c=1}^C W_c$ es la sumatoria de indicadores económicos; IN_{ic} es el peso correspondiente a cada indicador económico.
- ENS_i es el indicador de sostenibilidad ambiental; $\sum_{v=1}^V W_v$ es la sumatoria de indicadores ambientales; IN_{iv} es el peso correspondiente a cada indicador ambiental.
- SS_i es el indicador de sostenibilidad económica; $\sum_{s=1}^S W_s$ es la sumatoria de indicadores sociales; IN_{is} es el peso correspondiente a cada indicador social.

- GS_i es el indicador de sostenibilidad global; W_{ECS} es el peso correspondiente a la dimensión económica; W_{Ems} es el peso correspondiente a la dimensión ambiental; W_{SS} es el peso correspondiente a la dimensión social.

Cuadro 4: Resultado del Indicador de Sostenibilidad Global.

Dimensión	Humedales	Lagunaje	Aireación prolongada	Membrana	Biodiscos	Filtro percolados	Reactor Batch
Económico	0,297	0,241	0,193	0,019	0,164	0,160	0,131
Ambiental	0,153	0,186	0,291	0,403	0,229	0,289	0,323
Social	0,139	0,139	0,122	0,113	0,101	0,070	0,136
Total	0,589	0,566	0,606	0,535	0,493	0,520	0,590

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Cuadros No. 2 y 3, Mediante las Fórmulas Matemáticas No. 3; 4; 5 y 6, los Cuales Fueron Adaptados de (Molinos Senante, 2014).

5.1.3. Tecnología de Depuración: Breve Descripción del Proceso.

La tesis fundamental para el control de la contaminación por aguas residuales ha sido tratar las aguas residuales en plantas de tratamiento que hagan parte del proceso de remoción de los contaminantes y dejar que la naturaleza lo complete en el cuerpo receptor (EPSAR, 2014); para ello, el nivel de tratamiento requerido es función de la capacidad de auto purificación natural del cuerpo receptor; a la vez, la capacidad de auto purificación natural es función, principalmente del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para reoxigenarse, por lo tanto el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización (Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999).

El tipo de tratamiento secundario o biológico es el que caracteriza a todo el tratamiento de aguas residuales; típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza con un pre tratamiento cuya función principal es cuidar los equipos y la instalación evitando la entrada de sólidos de tamaños mayores a 1.5 mm, que consiste en la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por

equipos especiales, posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena); seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento primario) el que consiste básicamente en el diseño del decantador primario donde se disminuya la cantidad de sólidos en suspensión, se diseña la sección con la *ecuación No. 7* que relaciona la carga hidráulica o velocidad ascensional y el caudal (a partir de valores típicos dados en la tabla No. 2) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. (Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999). Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se usan para eliminar plomo y fósforo principalmente (CEDEX, 2008).

A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan otro tipo de tratamientos como el compostaje y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada (Lora García, 2013).

Por otro lado, el tratamiento biológico es el encargado de eliminar la materia orgánica, para los que hay diversas tecnologías aerobias y anaerobias, con y sin eliminación de nutrientes; razón por la cual solo describiremos la tecnología de fangos activados que es el grupo tecnológico del cual partirá las alternativas para este trabajo.

- Área del Decantador.

$$q_A = \frac{Q_f}{A} \quad \dots (7)$$

Dónde:

q_A : carga hidráulica ($m^3/m^2.h$)

Q_f : caudal de entrada (m^3/h)

A : sección del decantador (m^2)

Tabla 2: Información Típica de Diseño para Decantadores Primarios.

Característica	Valor	
	Media	Punta
Tiempo de retención (h)	2 - 3 (2.5)	≥ 1
Carga s/ vertedero (m ³ /m.h)	10	40
Calado (m)	2.5 - 3.5 (3)	
Carga superficial (m ³ /m ² .h)	≤ 1.3 (1.3)	≤ 2.5 (2.5)
* Carga superficial (m ³ /m ² .h)	1 - 1.3 (1.2)	2 - 2.5 (2.2)

Fuente: Adaptado de (Ferrer & Seco, 1992), Valores Típicos, * Decantación Primaria con Adición de Fango Activado en Exceso.

5.1.3.1. Fangos Activos.

La depuración biológica por fangos activos, lodos activados o barros activados es un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencional, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo (los flóculos unidos forman el licor de mezcla) en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua. Es considerado como un proceso de autodepuración acelerada, reforzada y controlada artificialmente, los fenómenos que se presentan son similares al de los ríos o lagos naturales (Wikipedia, 2013).

La agitación evita sedimentos y homogeneiza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual, la aireación requerida tiene por objeto suministrar el oxígeno necesario tanto para las bacterias como para el resto de los microorganismos aerobios. El oxígeno puede provenir del aire, de un gas enriquecido en oxígeno o de oxígeno puro (CENTA, 2006).

El proceso de depuración se lleva a cabo por los microorganismos, que se desarrollan sobre la materia orgánica, y con la presencia requerida de nutrientes (nitrógeno y fósforo, así como otros oligoelementos). Este proceso biológico requiere de una cantidad determinada de materia orgánica, ya que cantidades excesivas de compuestos orgánicos, metales pesados y/o sales pueden inhibirlo o destruirlo; y cantidades reducidas de nutrientes pueden no ser suficientes para mantener el proceso (Wikipedia, 2013).

En un depósito de aireación llamado reactor, las bacterias se alimentan de la materia orgánica o sustrato de las aguas residuales, con una cantidad necesaria de oxígeno para que actúen las bacterias aerobias, luego pasa a un clarificador o decantador, donde el agua tratada es separada del fango, una parte se puede recircular y la otra se va a recibir tratamiento para su disposición final ((Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999).

El proceso de desarrolla según muestra la figura No. 4, el agua que entra en A que es el reactor ha recibido pretratamiento y el tratamiento primario, separándolo de partículas sólidas mayores, el tratamiento secundario por fangos activos se inicia en el reactor, donde actúan los microorganismos que son los sólidos en suspensión del licor de mezcla (SSLM), entre ellos están los volátiles (SSVLM) que es la fracción orgánica y no volátiles (SSNVLM) que son los inertes.

En la figura No. 5 se muestra un esquema del reactor de fangos activados de mezcla completa, cabe indicar que este es un tipo de reactor perteneciente al grupo tecnológico de fangos activos.

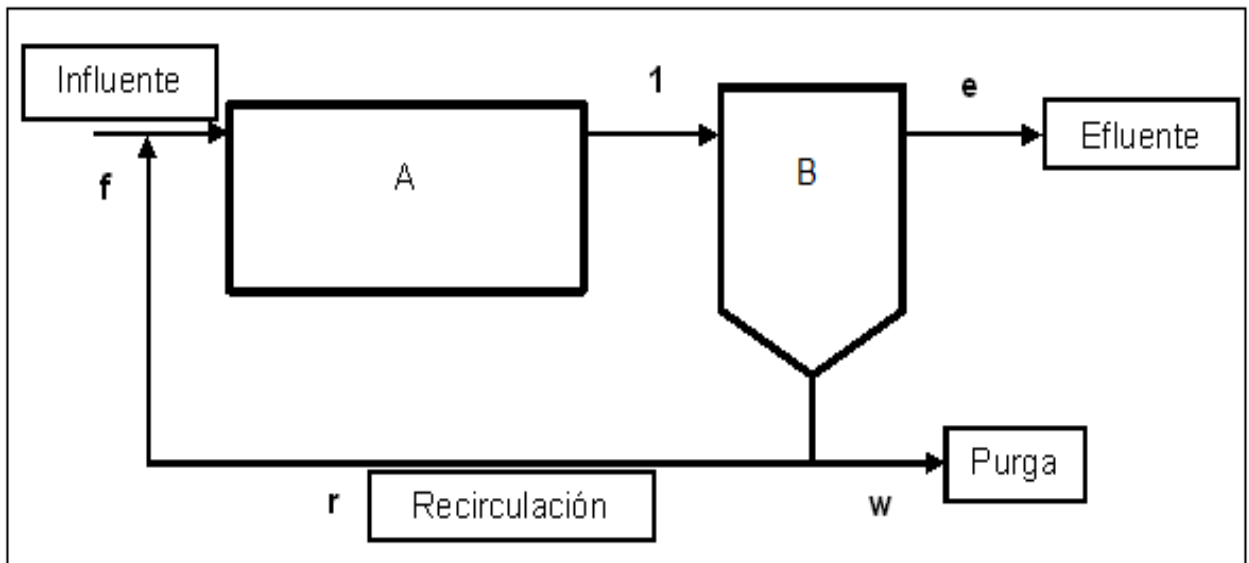


Figura 4: Esquema del Proceso de Fangos Activos.

Fuente: Elaboración Propia, a partir de (Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999).

Donde:

A : Reactor biológico.

B : Decantador secundario.

f : Corriente entrante de agua al proceso biológico (sustrato DBO o DQO).

1 : Corriente entrante al decantador secundario.

e : Corriente de agua depurada (siempre tiene un resto de DBO)

w : Corriente de purga.

r : Corriente de recirculación, para mantener constante la concentración de microorganismos en el reactor

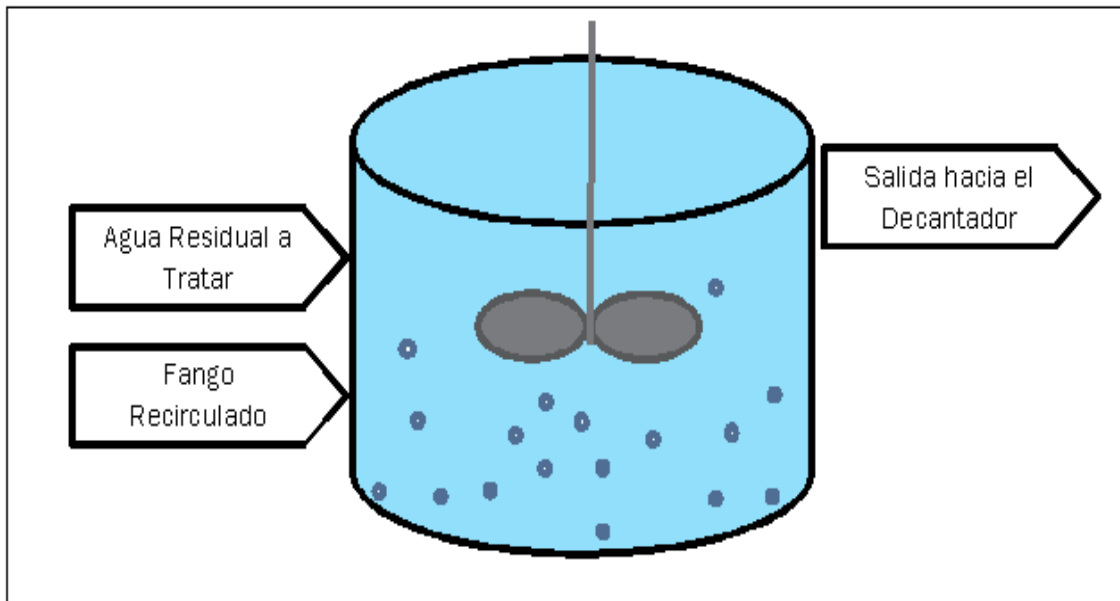


Figura 5: Reactor de Fangos Activados.

Fuente: Elaboración Propia, Adaptado de (Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999).

5.1.4. Legislación Peruana en Depuración.

5.1.4.1. Ley de Recursos Hídricos (LEY No. 29338).

La Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento, regulan el uso y gestión de los recursos hídricos, según su Título V sobre la protección del agua, tiene como objetivo prevenir el deterioro de su calidad, proteger y mejorar el estado de las fuentes naturales, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados, organismos como la ANA, los consejos de cuenca, gobiernos regionales y locales deben prevenir y combatir la contaminación de los ríos y la disposición de vertidos. La Ley de Recursos Hídricos se apoya en otras leyes y normas, como la Constitución Política del Perú (1993) donde según el inciso 22 de su Artículo 2° “Toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado”, en La Ley No.28611, indica que toda persona tiene el derecho irrenunciable de vivir en un ambiente saludable y adecuado para la vida, en la Resolución Jefatural No.0291-2009-ANA sobre la disposición referida al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reúso de aguas residuales tratadas.

5.1.4.2. Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Los ECA aprobados con DS No.002-2008-MINAM establecen el nivel de concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en sus condiciones de cuerpo receptor de manera que no representen un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, además en caso se superen los ECA se iniciarán procesos para recuperar la calidad de las aguas materializados en un plan de descontaminación y rehabilitación de la calidad del agua (MINAM, 2008).

Los ECAs se estructuran según la tabla No.3, en donde se presenta tres categorías, y al mismo tiempo en sub categorías cada uno, la importancia de esta tabla radica en su utilidad para el presente estudio, ya que indica que tipo de agua se necesita según el caso de uso, además brinda una noción del estado de conservación del ambiente acuático, específicamente en ríos de la costa y sierra.

Tabla 3: Estándares de Calidad Ambiental ECA-2008

Parámetro	Abrev.	U	Categoría 1		Categoría 3		Categoría 4
			B1	B2	Riego	Bebida	Ríos
Coliformes termotolerantes	Col ter	NMP/100	200	1000	1500	1000	2000
Coliformes totales	Col T	NMP/100	1.000	4.000	5000	5000	3000
Conductividad	CE	us/cm	**	**		<=5000	
DBO5	DBO	mg/L	5	10	15	<=15	<10
Fosfatos (ortho+...)	Fosf	mg/L					0,5
Nitrógeno amoniacal	N amo	mg/L	**	**			0,02
Nitrógeno total	NT	mg/L					1,6
Oxígeno disuelto	OD	mg/L	>=4	>=4	>=4	>5	>=5
Potencial hidrógeno	pH	u	**	**	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	6,5 - 8,5
Sólidos disueltos totales	STD	mg/L	**	**			500
Sólidos en suspensión	SS	mg/L					<= 25 - 100

Fuente: Elaboración Propia, Adaptado del Decreto Supremo No. 002 (MINAM, 2008), Cat. 1 para recreación: B1 contacto primario, B2 Contacto secundario, Cat. 3 Riego de vegetales y bebida de animales, Cat. 4 Conservación del ambiente acuático en ríos de costa y sierra. ** Parámetro sin importancia para el fin, NMP/100 número más probable en 100 ml.

5.1.4.3. Límites Máximos Permisibles (LMP).

Aplicables a efluentes de plantas de tratamiento de agua residuales domésticas y municipales, lo que sería equivalente a aguas urbanas, en la Tabla No. 4 se muestra la normativa aplicada a efluentes de PTAR urbano.

Tabla 4: Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluente de PTAR Urbano.

Parámetro	U	LPM
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	10000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	u	6,5 - 8,5
Sólidos SST	mg/L	150
Temperatura	°C	< 35°

Fuente: Elaboración Propia, a partir del Decreto Supremo No.003 (MINAM, 2010).

5.1.4.4. Norma OS.090-RNE.

La presente norma está dentro de las 66 normas técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones RNE del Ministerio de Vivienda, publicado en 2006, y modificado el 2009, según esta norma, las tecnologías usadas son lagunas, filtros percoladores, fangos activados, tanque Imhoff y Rafa. En la tabla No. 5 se muestra los valores per cápita que aporta un habitante equivalente.

Tabla 5: Aporte Per cápita para Aguas Residuales Domésticas.

PARAMETROS	
DBO 5 días, 20 °C, g / (hab.d)	50
Sólidos en suspensión g / (hab.d)	90
NH3 - N como N, g / (hab.d)	8
N Kjeldahl total como N, g / (hab.d)	12
Fosforo total, g / (hab.d)	3
Coliformes fecales. N° de bacterias / (hab.d)	2×10^{11}
Salmonella Sp., N° de bacterias / (hab.d)	1×10^8
Nematodos intes., N° de huevos / (hab.d)	4×10^5

Fuente: Elaboración Propia a partir del Decreto Supremo No.011-2006-VIVIENDA, (MINAM, 2006).

5.2. Características Generales del Área de Estudio.

5.2.1. Ubicación Geográfica.

El ámbito de estudio será específicamente la capital de los distritos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo los que se encuentran ubicados en la provincia de Andahuaylas, región de Apurímac entre las coordenadas geográficas 13°39'12" latitud sur y 73°23'18" longitud oeste de la cordillera de los Andes, a una altitud de 2926 msnm, en la figura No. 6, se muestra el ámbito de estudio (MINAM, 2009).

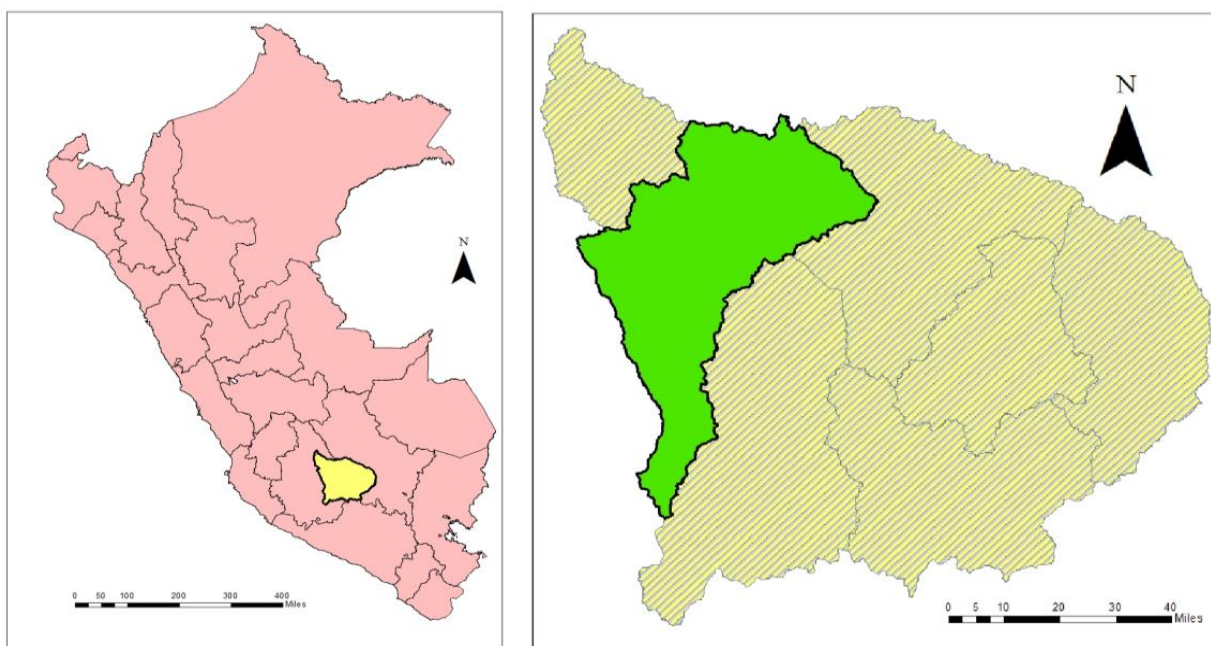


Figura 6: Ubicación General del Área de Estudio.

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Datos Vectoriales del (MINAM, 2009), donde se Muestra el Mapa del Perú y de la Región de Apurímac, así como También el Área de Estudio.

5.2.2. Geomorfología.

El relieve general de la región está conformado por valles interandinos de colinas bajas de relieve ondulado con pendientes suaves. Las características del área de estudio es alargada en dirección Noroeste -Suroeste, tiene aproximadamente 17 kilómetros, con ancho variable, tal y como se muestra en la figura No. 7.

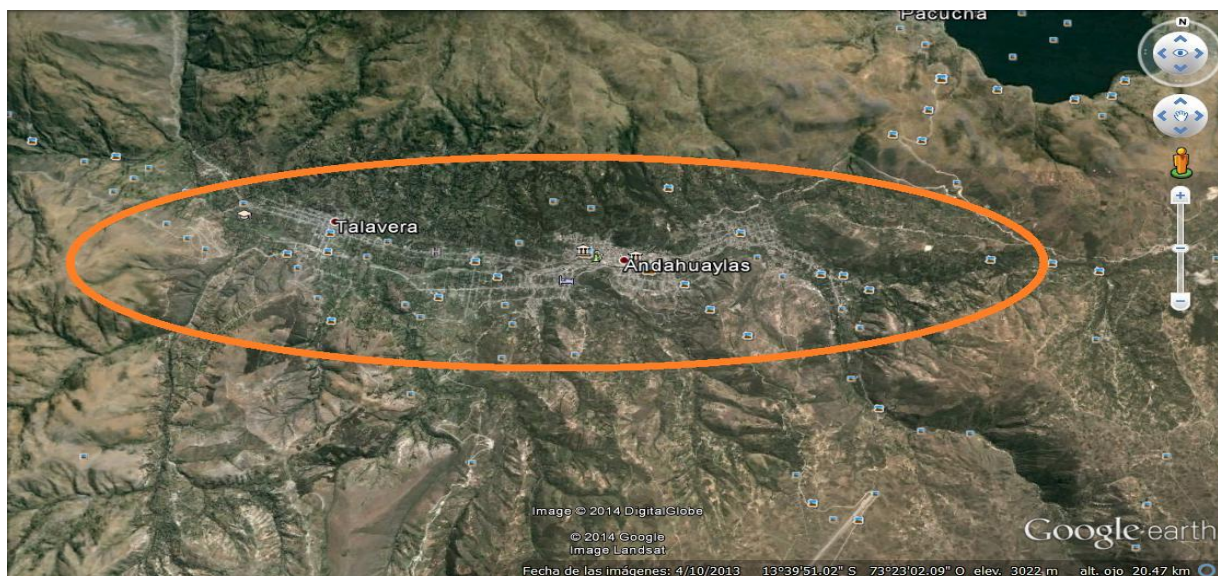


Figura 7: Características del Área de Estudio.

Fuente: Elaboración Propia a Partir de Imagen de (Google Earth, 2013), donde se Muestra una Imagen Satelital de las Características Geomorfológicas del Área de Estudio.

5.2.3. Clima.

El clima es templado, sin embargo se observa gran diferencia de temperatura entre el día y la noche de 16 °C a 7 °C respectivamente o entre la sombra y la zona expuesta al sol.

Llueve moderadamente durante los meses de Diciembre a Marzo, tiene escasa humedad atmosférica, los vientos alisios se desplazan siguiendo la dirección del valle, el aire es diáfano libre de impurezas.

5.2.4. Suelos y Capacidad de Uso.

El piso ecológico quechua que ostenta la zona donde están situados los distritos de San Jerónimo, Andahuaylas y Talavera, posee tierras muy fértiles. En sus campos se cultivan productos agrícolas destinados a la alimentación como papa, maíz, legumbres, hortalizas, cítricos, duraznos, manzanas, alcachofas, flores y muchas especies vegetales; lo accidentado del terreno limita el trabajo mecanizado frenando el desarrollo forestal y ganadero.

5.2.5. Recursos Hídricos.

El valle del Chumbao está regado por el río del mismo nombre y sus afluentes, tiene un caudal promedio de 10 m³/s durante el año hidrológico, pero se debe de enmarcar el aumento de los caudales debido a las lluvias es considerable, en cambio en épocas de estiaje los caudales del río bajan al punto que el agua

circundante por el cauce en más de un 50% son provenientes del alcantarillado de estos tres distritos. A continuación mostraremos las características fisicoquímicas y microbiológicas tabla 6 y 7 (UNI, 2008).

Tabla 6: Características Fisicoquímicas del Agua del Río Chumbao

Parámetro	Unidad	Resultados
Alcalinidad	Mg CaCO ₃ /L	35,00
Color	U.C.	< 5,00
Nitratos	mg/L	1,31
pH		6,10
Sólidos disueltos	mg/L	27,00
Turbiedad	mg/L	2,90

Fuente: (UNI, 2008). Los Análisis se han Efectuado Tomando en Cuenta los Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable APHA-AWWA-WPCF 19 Edición.

Tabla 7: Características Bacteriológicas del Agua del Río Chumbao.

Parámetro	Unidad	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100 ml	500
Coliformes total	NMP/100 ml	1000

Fuente: (UNI, 2008). Los Análisis se han Efectuado Tomando en Cuenta los Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable APHA-AWWA-WPCF 19 Edición.

Nota: Los resultados del análisis de las aguas del río Chumbao presentados en las tablas No. 6 y 7 corresponden al periodo de febrero del 2008, lo cual significa que las muestras fueron tomadas en épocas de lluvias.

5.3. Definición del Problema y sus Causas.

El problema identificado es el “Incremento de las enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas de la población de la provincia de Andahuaylas” debido a la inadecuada gestión de las aguas residuales urbanas e industriales, que son vertidas directamente al cuse público del río Chumbao, también se le debe sumar los inadecuados hábitos y prácticas de higiene de los ciudadanos. Todas estas causas directas hacen que las aguas que discurren por el río se conviertan en foco de contaminación, que aguas abajo son utilizadas para el riego de verduras, hortalizas, etc. También es fuente de alimentación de los vectores transmisores de enfermedades como las moscas, ratas, cucarachas, etc.

De acuerdo con lo anterior, se han detectado las siguientes causas y efectos concernientes a este problema.

5.3.1. Esquema del Árbol de Causas y Efectos.

Luego de realizado el diagnóstico de la situación actual se llegó a las siguientes causas y efectos que son representados en forma de árbol de causa y efecto tal y como se muestra en la figura No. 8.

5.3.1.1. Causas Indirectas:

- *Ausencia de sistemas de depuración de las aguas residuales urbanas.* La no existencia de un sistema de depuración o tratamiento de aguas residuales hace que todas las aguas negras sean vertidas directamente al cauce del río Chumbao.
- *Deficiente infraestructura de las redes de alcantarillado.* Redes de alcantarillado colapsadas por el paso de los años, y ausencia de las mismas en algunos casos hace que sea inviable que se pueda conducir las aguas residuales a una planta de tratamiento.
- *Bajos niveles de educación sanitaria.* El hecho de que se vierta las aguas residuales de la provincia de Andahuaylas a las aguas del río Chumbao y que aguas abajo se utilicen para riego de parcelas agrícolas sobre todo las de consumo en fresco como son las verduras y hortalizas da cuenta de los niveles de educación sanitaria que tiene la población.
- *Incapacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada.* En la actualidad la empresa encargada de brindar el servicio de agua potable y alcantarillado está a cargo de la empresa de aguas EMSAP CHANKA SCRL, que es un órgano descentralizado de la Municipalidad Provincial de Andahuaylas, con autonomía administrativa, económica y financiera, con personería jurídica, de derecho privado. El cual no cuenta con capacidad administrativa, técnica ni económica para

poder gestionar las aguas residuales, y mantener los sistemas de desagüe

5.3.1.2. Causas Directas.

- *Inadecuada gestión de las aguas residuales urbanas.* La ausencia de sistemas de depuración de las aguas residuales urbanas e industriales más la deficiente infraestructura de las redes de alcantarillado, hacen que no se pueda gestionar adecuadamente las aguas residuales de la provincia de Andahuaylas.
- *Inadecuados hábitos y prácticas de higiene.* El uso de aguas contaminadas con residuos urbanos es una práctica no inocua de producción de alimentos, esto se debe básicamente a los bajos niveles de educación sanitaria que tiene la población.

Todas estas causas contribuyen a un problema central expresado como: ***“Incremento de las enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas de la población de la provincia de Andahuaylas”.***

5.3.1.3. Efectos Directos.

- *Incremento de los índices de morbilidad.* Es considerado como un efecto directo de las causas de malas prácticas y hábitos de higiene, y la no depuración de las aguas residuales que conlleva a que existan el riesgo de contraer enfermedades.
- *Incremento de los índices de mortalidad infantil.* Es considerado como un efecto directo de las causas de malas prácticas y hábitos de higiene, asociadas al riego de verduras y hortalizas con aguas contaminadas con residuo urbano, los que son consumidos en fresco y sin un buen tratamiento térmico e higiénico lo cual conlleva a que en determinados periodos se enfrenten a enfermedades gastrointestinales como son las diarreas, fiebre tifoidea, etc. Siendo los niños los más vulnerables.
- *Incremento de la desnutrición.* Es considerado como un efecto directo de las causas de malas prácticas y hábitos de higiene, asociadas al riego de

verduras y hortalizas con aguas contaminadas con residuo urbano, los que son consumidos en fresco y sin un buen tratamiento térmico e higiénico lo cual conlleva a casos de parasitosis y enfermedades gastrointestinales que causan la desnutrición sobre todo en grupos etarios vulnerables como los niños, madres gestantes y ancianos.

- *Deterioro de la calidad del agua del rio Chumbao.* Es considerado como un efecto directo de las causas de la inadecuada gestión de las aguas residuales urbanas e industriales y la incapacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada, lo cual conlleva a que las aguas del rio Chumbao se vean seriamente deterioradas en su calidad.

5.3.1.4. Efectos Indirectos.

- *Incremento de los gastos de atención en salud de la población.* Las suma de efectos directos como el incremento de los índices de morbilidad, mortalidad infantil y la desnutrición, hacen que se acreciente el número de atenciones por habitante.
- *Deterioro de la calidad ambiental.* Debido a la contaminación de las aguas del rio Chumbao con los residuos urbanos que malogran su calidad y como en este caso el rio es parte del medioambiente hacen que también se deteriore la calidad en general del entorno.

Todos estos efectos contribuyen a un efecto final expresado como: ***“Deterioro de la calidad de vida de la población de la provincia de Andahuaylas”***

Se han ordenado las causas y efectos antes identificados en el siguiente árbol que de manera lógica se debe de leer de abajo para arriba y de izquierda a derecha (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997).

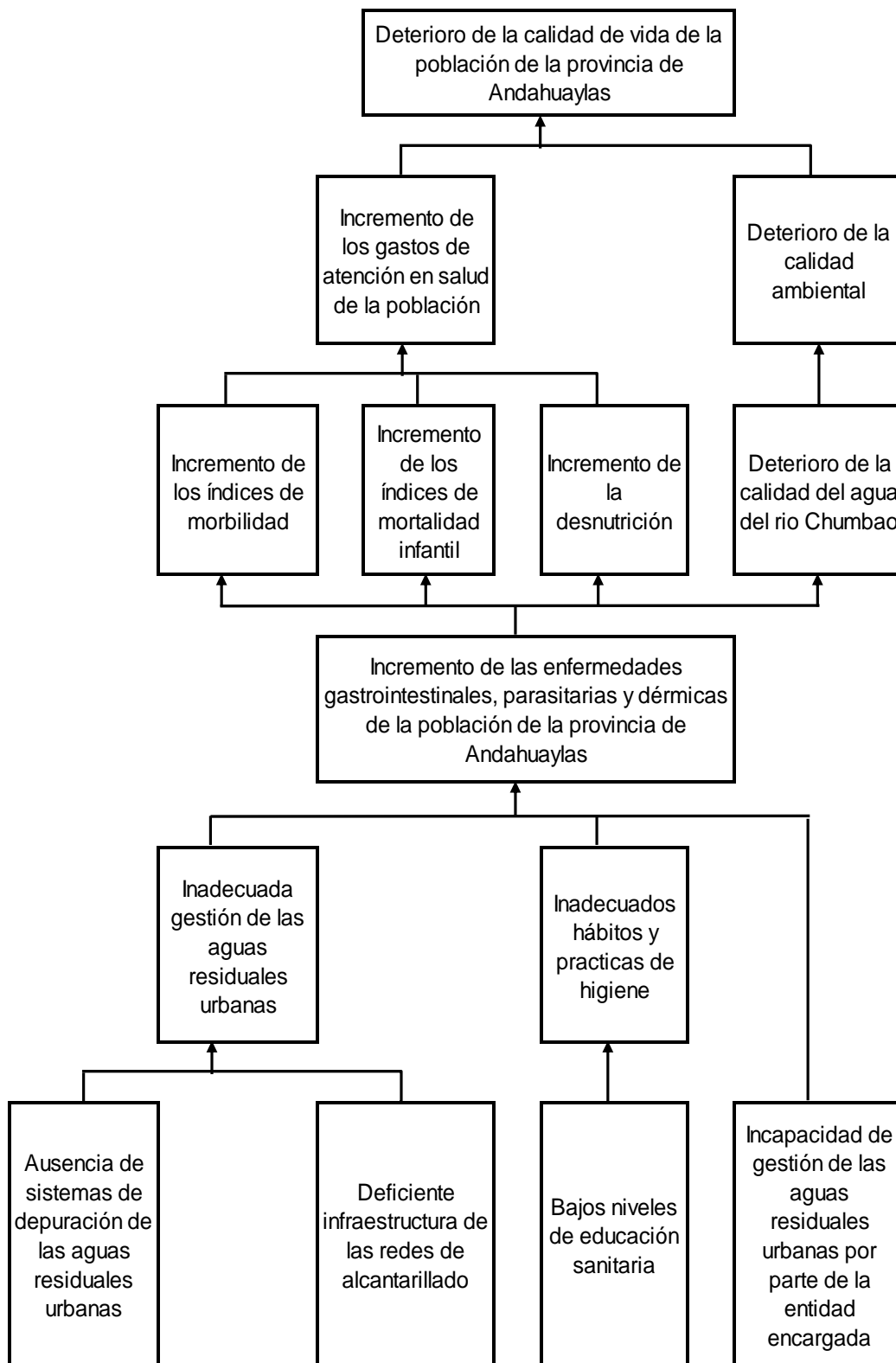


Figura 8. Árbol de Causa y Efecto.

Fuente: Elaboración Propia a partir del Diagnóstico Realizado e Interpretación de Encuestas, la Metodología Utilizada es la del SNIP (MEF, 2007).

Nota: El Árbol de Causas y Efectos se Lee de Izquierda a Derecha y de Abajo Hacia Arriba.

5.3.2. Esquema del Árbol de Medios y Fines.

Vista la problemática, se plantean los medios y fines (figura No. 9) para poder resolverlos, en este caso es necesario positivizar todas las causas y efectos, al igual que el problema central y el efecto final que se convertirían en el objetivo central a resolver y en el fin último respectivamente.

5.3.2.1. Medios Fundamentales.

- *Existencia de sistemas de depuración de las aguas residuales urbanas.* Crear un sistema integrado de depuración que tenga la capacidad suficiente para tratar las aguas residuales de la provincia de Andahuaylas.
- *Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado.* La mejora y ampliación de las redes de alcantarillado hará posible que las aguas residuales sean conducidas a la planta de tratamiento y evitara que se siga contaminado el cauce del río.
- *Buenos niveles de educación sanitaria.* Para evitar el vertido de las aguas residuales al cauce del río Chumbao sin tratamiento previo, requiere generar conciencia en la población de los posibles problemas que se generan a partir de ello.
- *Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada.* Se debe de crear un nuevo ente gestor de las aguas residuales en la provincia de Andahuaylas, con autonomía administrativa, económica y financiera, con personería jurídica, de derecho público - privado.

5.3.2.2. Medios de Primer Nivel.

- *Adecuada gestión de las aguas residuales urbanas.* Contar con un sistema de tratamiento de las aguas residuales y contar con redes de alcantarillado ara posible la adecuada gestión de las aguas residuales de la provincia.
- *Adecuados hábitos y prácticas de higiene.* El empleo de adecuadas prácticas de higiene ayudaran a minimizar las enfermedades

transmitidas por los alimentos (ETAs), debido principalmente al continuo seguimiento y capacitación de la población, en temas de eliminación correcta de los desechos, no usando las aguas residuales para riego de parcelas sobre todo de hortalizas y verduras.

5.3.2.3. Fines Directos.

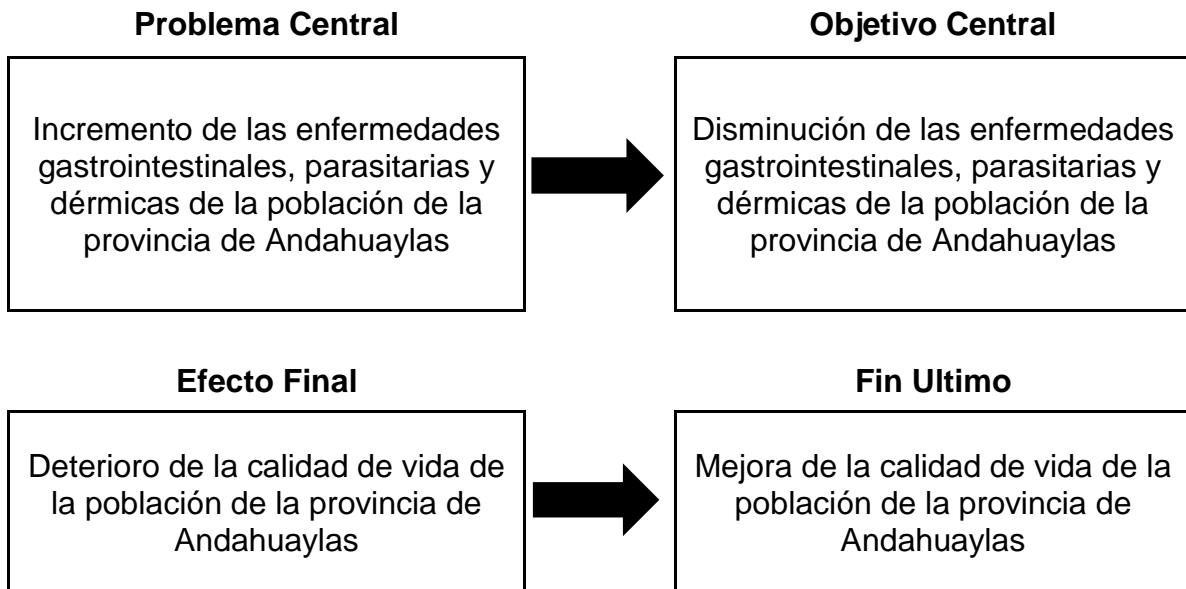
Los fines que se persiguen luego de implementar adecuadamente los medios son.

- *Disminución de los índices de morbilidad.* Se considera como un fin directo de tener buenas prácticas y hábitos de higiene en los hogares, y la adecuada depuración de las aguas residuales que evitaría la contaminación de los alimentos y con ello las enfermedades.
- *Disminución de los índices de mortalidad infantil.* Al tener buenas prácticas y hábitos de higiene asociadas al consumo, producción de verduras y hortalizas hacen que se asegure la salubridad de los alimentos en general evita la proliferación y contagio de enfermedades.
- *Disminución de la desnutrición.* Con la adecuada depuración de las aguas residuales de la provincia de Andahuaylas, se evitaría la degradación y contaminación de las aguas del río Chumbao, que los agricultores usan para regadío de parcelas de producción de alimentos, rompiéndose la cadena de contaminación, eso evitaría que los ciudadanos contraigan enfermedades gastrointestinales y por ende se bajaría los niveles de desnutrición sobre todo en los grupos etarios más vulnerables como son los niño, ancianos y madres gestantes.
- *Mejora de la calidad del agua del río Chumbao.* Las buenas prácticas de vertido, tratamiento y depuración de las aguas residuales de la provincia de Andahuaylas, junto con la capacidad técnica y económica de un ente encargado de gestionar las aguas negras hacen que sea posible mejorar la calidad de las aguas del río Chumbao.

5.3.2.4. Fines Indirectos.

- *Ahorro de los gastos de atención en salud de la población.* Al no tener personas enfermas por las causas mencionadas en la comunidad hacen que se generen ahorros económicos importantes que bien se pueden usar en otros conceptos.
- *Mejora de la calidad ambiental.* Al mejorar la calidad de las aguas del río Chumbao hacen que indirectamente se mejore la calidad del ambiente por el que atraviesa.

Todos estos Fines conllevan a un Fin Ultimo expresado como: “Mejora de la calidad de vida de la población de la provincia de Andahuaylas”.



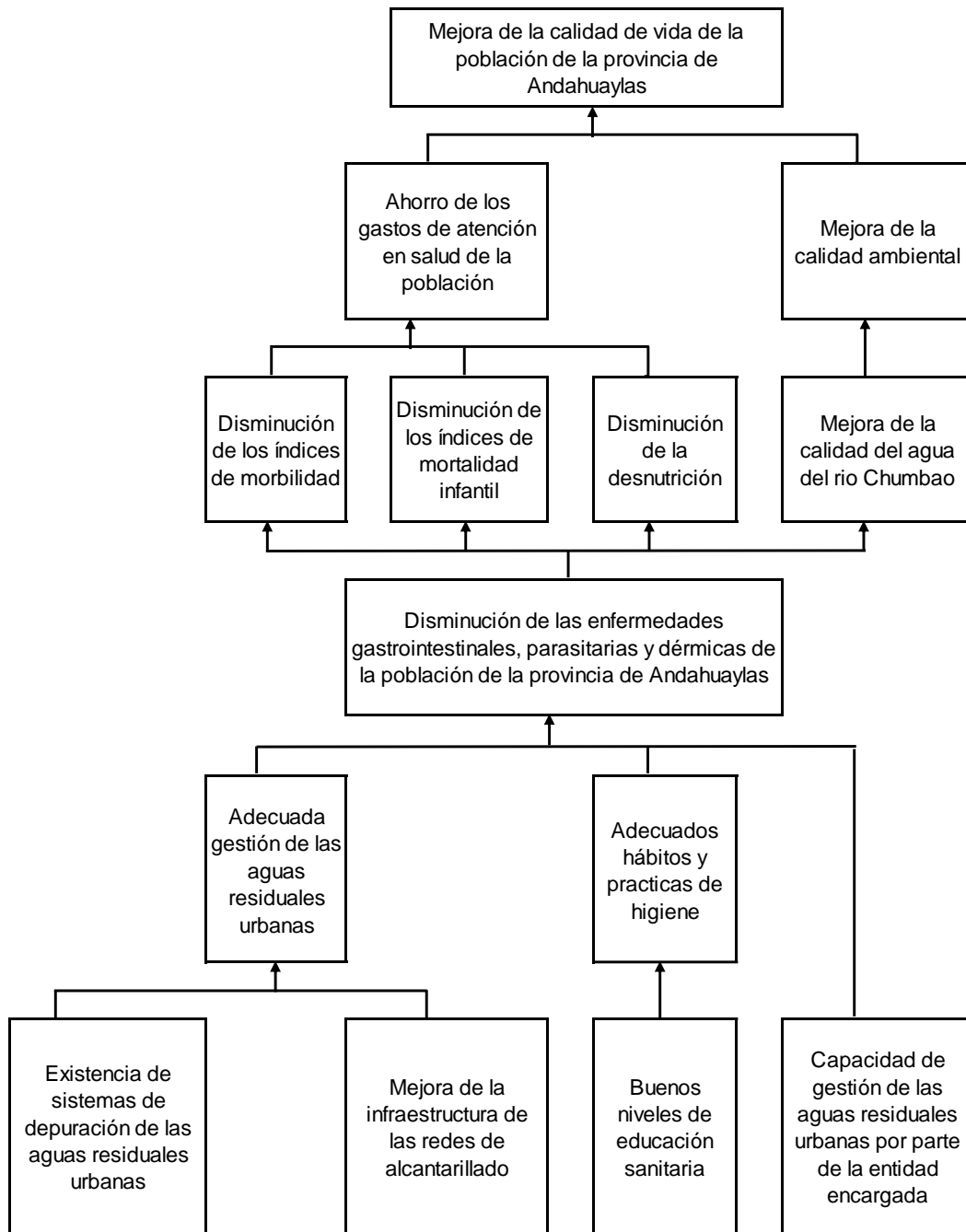


Figura 9. Árbol de Medios y Fines.

Fuente: Elaboración Propia a partir del Diagnóstico Realizado e Interpretación de Encuestas, la Metodología utilizada es la del SNIP (MEF, 2007).

Nota: El Árbol de Medios y Fines se Lee de Izquierda a Derecha y de Abajo Hacia Arriba.

5.3.3. Análisis del Árbol de Medios y Acciones.

En la figura No. 10 se muestra el árbol de medios y acciones que presenta tres alternativas de solución para los cuatro medios fundamentales identificados en el árbol de medios y fines.

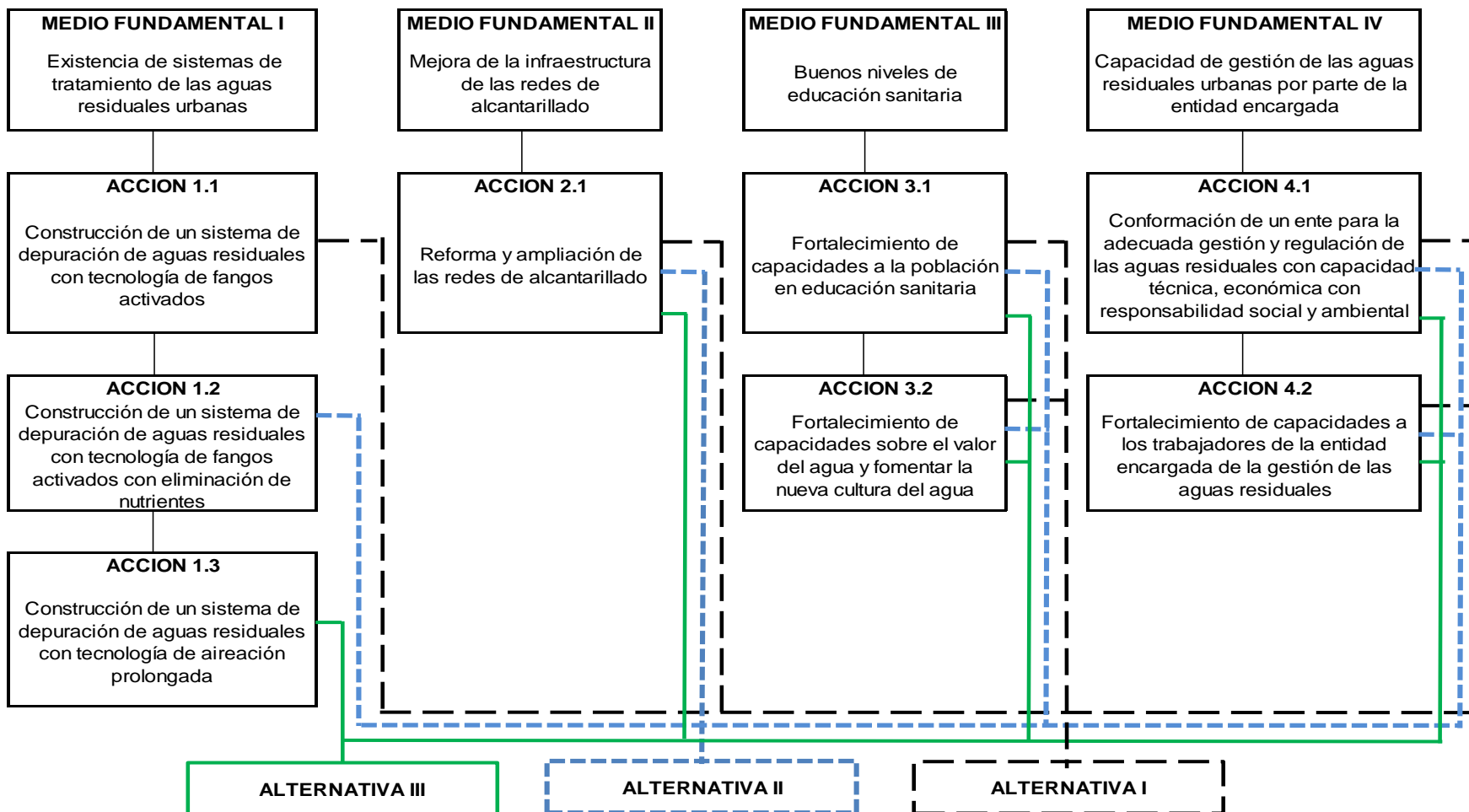


Figura 10. Árbol de Medios y Acciones.

Fuente: Elaboración Propia a partir del Diagnóstico Realizado e Interpretación de Encuestas, la Metodología Utilizada es la del SNIP (MEF, 2007).

Nota: El Árbol de Medios y Acciones se Lee de Arriba Hacia Abajo y de Izquierda a Derecha, Uniendo las Flechas de cada Medio Fundamental con sus Acciones.

La figura No. 10 muestra los medios y acciones que se debes de cumplir para poder alcanzar los objetivos y solucionar los problemas a las que se enfrenta la población de la provincia de Andahuaylas.

Mediante el análisis de los “Árbol de Problema” y “Árbol de Objetivos” y asumiendo consideraciones de orden económico, técnico, social y ambiental se plantean las siguientes alternativas de solución tal y como se muestra en las tablas No. 8; 9 y 10.

Tabla 8: Alternativa de Solución I.

No.	Acciones a Implementar para la alternativa de Solución I
1.1	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de fangos activados sin eliminación de nutrientes
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales

Fuente: Elaboración Propia a partir de los Datos del Árbol de Medios y Acciones.

5.3.3.1. Concepción como Alternativa – I.

Se plantea la construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de fangos activados sin eliminación de nutrientes, con el objetivo de tratar las aguas negras de la población, para lo cual se necesita contar con suficiente redes de alcantarillado y en buen estado, con capacidad de recolectar todos los vertidos líquidos producidos, además de fortalecer las capacidades de la población en temas de educación sanitaria, buenas prácticas de higiene, fomentar la nueva cultura del agua y el valor que supone, para lo cual se debe de contar con un ente de partenariado publico privado con capacidad económica, administrativa, técnica con responsabilidad social y ambiental que tenga personal capacitado en temas de gestión de aguas residuales.

Tabla 9: Alternativa de Solución II.

No.	Acciones a Implementar para la Alternativa de Solución II
1.2	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de fangos activados con eliminación de nutrientes
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales

Fuente: Elaboración Propia a partir de los Datos del Árbol de Medios y Acciones.

5.3.3.2. Concepción como Alternativa – II.

Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de fangos activados con eliminación de nutrientes, con el objetivo de tratar las aguas negras de la población, para lo cual se necesita contar con suficiente redes de alcantarillado y en buen estado, con capacidad de recolectar todos los vertidos líquidos producidos, además de fortalecer las capacidades de la población en temas de educación sanitaria, buenas prácticas de higiene, fomentar la nueva cultura del agua y el valor que supone, para lo cual se debe de contar con un ente de partenariado publico privado con capacidad económica, administrativa, técnica con responsabilidad social y ambiental que tenga personal capacitado en temas de gestión de aguas residuales.

Tabla 10: Alternativa de Solución III.

No.	Acciones a Implementar para la Alternativa de Solución III
1.3	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de aireación prolongada
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales

Fuente: Elaboración Propia a partir de los Datos del Árbol de Medios y Acciones.

5.3.3.3. Concepción como Alternativa – III.

Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de aireación prolongada, con el objetivo de tratar las aguas negras de la población para lo cual se necesita contar con suficiente redes de alcantarillado y en buen estado con capacidad de recolectar todos los vertidos líquidos producidos, además de fortalecer las capacidades de la población en temas de educación sanitaria, buenas prácticas de higiene, fomentar la nueva cultura del agua y el valor que supone, para lo cual se debe de contar con un ente de partenariado publico privado con capacidad económica, administrativa, técnica con responsabilidad social y ambiental que tenga personal capacitado en temas de gestión de aguas residuales.

5.4. Formulación y Evaluación.

5.4.1. Horizonte de Evaluación.

Considerando la naturaleza de la inversión en un sistema integrado de tratamiento y depuración de aguas residuales urbanas, además de hacer el seguimiento correspondiente se plantea un horizonte de estudio de 15 años (tabla No. 11), tiempo en que se estima la vida útil del proyecto (Etapa de post

inversión), además de la adecuada realización de sus actividades programadas.

Tabla 11: Cronograma de Actividades de las Alternativas I, II y III.

Fases de Inversión	Actividades	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
I	Pre inversión (meses)	3	3	3
a	Estudio de inversión a nivel de factibilidad	3	3	3
II	Inversión (meses)	12	12	12
a	Expediente técnico	1	1	1
b	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales	8	9	9
c	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado	7	7	7
d	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria	12	12	12
e	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua	12	12	12
f	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales.	8	8	8
g	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales	6	6	6
III	Post Inversión (años)	15	15	15
a	Operación	15	15	15
b	Mantenimiento	15	15	15

Fuente: Elaboración Propia Tomando en Cuenta la Peculiaridad de Cada Actividad y de Acuerdo al SNIP (MEF, 2007), (MEF, 2003), (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997).

5.4.2. Análisis de la Demanda.

5.4.2.1. Población de Referencia.

Se considera como población de referencia a toda la población de los distritos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo de la provincia de Andahuaylas que cuenta con 92742 habitantes según (INEI, 2007), se asume al conjunto de personas que viven en toda el área de estudio debido a la característica del proyecto, en la tabla No. 12 se muestra los datos de la población por área de estudio.

Tabla 12: Datos de la Población del Área de Estudio.

No.	Indicador	Medida	Distritos			Total Área de Estudio
			Andahuaylas	Talavera	San Jerónimo	
1	Total población	Hab	47508,00	18312,00	26922,00	92742,00
2	Total hombres	Hab	23717,00	9347,00	13470,00	46534,00
3	Total mujeres	Hab	23791,00	8965,00	13452,00	46208,00
4	Desnutrición crónica (<5 años)	%	28,00	31,00	31,00	30,00
5	PEA	Hab	12925,00	5020,00	5428,00	23373,00

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Censo de Población y Vivienda (INEI, 2007).

5.4.2.2. Población Demandante Efectiva.

La población demandante efectiva del proyecto está conformada por el conjunto de habitantes que vierten directamente sus residuos líquidos al alcantarillado, al cuse y usan las aguas del río Chumbao para riego dentro del ámbito de estudio que engloba a los distritos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo, que según el censo de población y vivienda (INEI, 2007) representa el 65.80% de la población de referencia.

5.4.2.3. Proyección de la Población Demandante.

En la tabla No. 13 se muestra la proyección de la población demandante efectiva, el cual fue proyectada con una tasa de crecimiento poblacional anual del 1.6% por un periodo de 15 años que es el horizonte de evaluación del proyecto. Cabe mencionar que la proyección fue realizada tomando en cuenta la tabla No. 12, pues son datos históricos de la población y se realiza para tener en cuenta el crecimiento de la población y con ello la estimación de los residuos líquidos, de esta forma se podrá plantear un adecuado tamaño de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Tabla 13: Proyección de la Población Demandante.

No. De Años	Años	No. de Habitantes
0	2014	61024,00
1	2015	62000,00
2	2016	62992,00
3	2017	64000,00
4	2018	65024,00
5	2019	66064,00
6	2020	67121,00
7	2021	68195,00
8	2022	69287,00
9	2023	70395,00
10	2024	71521,00
11	2025	72666,00
12	2026	73828,00
13	2027	75010,00
14	2028	76210,00
15	2029	77429,00

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos del Censo de Población y Vivienda (INEI, 2007).

5.4.2.4. Demanda.

Para estimar la demanda se utiliza como unidad de medida los metros cúbicos (m^3) de agua residual que se vierten sin tratamiento de depuración al cauce del río Chumbao por parte de la población demandante efectiva, además de hacer una proyección a lo largo del horizonte de evaluación tal como se muestra en la tabla No. 14, es preciso señalar que cada habitante consume en promedio por día 250 L, y que cada habitante es considerado como un habitante equivalente para cálculos en este trabajo.

Tabla 14: Proyección de la Demanda en m³, DBO₅ y SS por Año.

No. De Años	Años	No. de Habitantes	Caudal (m ³ /Año)	DBO ₅ (Kg DBO ₅ /Año)	SS (Kg/Año)
0	2014	61024	5568440	1447794	1893270
1	2015	62000	5657500	1470950	1923550
2	2016	62992	5748020	1494485	1954327
3	2017	64000	5840000	1518400	1985600
4	2018	65024	5933440	1542694	2017370
5	2019	66064	6028340	1567368	2049636
6	2020	67121	6124791	1592446	2082429
7	2021	68195	6222794	1617926	2115750
8	2022	69287	6322439	1643834	2149629
9	2023	70395	6423544	1670121	2184005
10	2024	71521	6526291	1696836	2218939
11	2025	72666	6630773	1724001	2254463
12	2026	73828	6736805	1751569	2290514
13	2027	75010	6844663	1779612	2327185
14	2028	76210	6954163	1808082	2364415
15	2029	77429	7065396	1837003	2402235

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos del Censo de Población y Vivienda (EPSAR, 2014), (INEI, 2007) y (Mendoza Roca & Querol Magdalena, 1999) Datos por Habitante Equivalente.

5.4.3. Análisis de la Oferta.

Actualmente, en el ámbito de influencia, no existen ningún tipo de sistemas de tratamiento de aguas residuales, motivo por el cual tampoco se puede realizar una optimización de la oferta.

En estas condiciones se considera cero la oferta total, en vista de que el efecto auto depurativo del río no es tomado en cuenta.

5.4.4. Balance Demanda Oferta.

El balance demanda oferta se hace con la finalidad de determinar la demanda insatisfecha, debido a la ausencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales dentro del área de estudio se considera como demanda insatisfecha la totalidad de metros cúbicos (m³) de aguas residuales que son vertidos directamente al cauce del río Chumbao, tal y como se muestra en la tabla No. 14, datos que fueron proyectados para poder tener una idea del tamaño de

producción de la planta de tratamiento de las aguas residuales urbanas de la provincia de Andahuaylas.

5.5. Costos del Proyecto.

5.5.1. Costos en la Situación Sin Proyecto.

En la situación sin proyecto actualmente no se cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales por lo tanto no existen costos.

5.5.2. Costos en la Situación Con Proyecto.

Los costos generales del proyecto son planteados a partir de la construcción de costos unitarios, los cuales fueron tomados de la entidad de saneamiento de la comunidad Valenciana (EPSAR, 2013), así como también de otros estudios y documentos relacionados. (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Los costes de inversión, operación y mantenimiento se encuentran representados en nuevos soles (S/.), por tratarse de un proyecto de inversión pública los costos se estiman a precios privados y actualizados a precios sociales a través de factores de conversión que son presentados en la tabla No. 15 (MEF, 2012) y (MEF, 2007).

Tabla 15: Factores de Corrección para Convertir los Precios Privados a Sociales.

Factores de Conversión a Precios Sociales	
Bienes Transables	0,86
Bienes No transables	0,84
Mano de obra Calificada	0,85
Mano de obra No calificada	0,91
Costa	0,57
Sierra	0,41
Selva	0,49
Combustible	0,66
Servicios	1,00

Fuente: Elaboración Propia, a partir de Datos Extraídos del Anexo SNIP 9. (MEF, 2012)

5.5.2.1. Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento para las Alternativas I, II y III.

Los costos de inversión, operación y mantenimiento para las alternativas I, II y III, son presentados en el cuadro No. 5, fueron construidos a partir de los costos unitarios de inversión, operación y mantenimiento, teniendo en consideración el tipo de alternativa que se pretende implementar, todos los costes unitarios detallados se presenta en los anexos No. 10; 11; 12; 13; 14 y 15.

Cuadro 5: Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento para las Tres Alternativas de Solución en Nuevos Soles por Año.

ALTERNATIVA	DESCRIPCION	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS	TOTAL A PRECIOS SOCIALES
I	Costos de Inversión	28230296	23756507
	Costos de Operación y Mantenimiento	4666466	3950744
II	Costos de Inversión	39171152	32951561
	Costos de Operación y Mantenimiento	7130146	6034757
III	Costos de Inversión	31741956	26707822
	Costos de Operación y Mantenimiento	6315170	5335079

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010). Extracto de los Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento, los Cuales se Detallan en los Anexo No. 10; 11; 12; 13; 14 y 15.

Nota: Las unidades son Nuevos Soles por Año.

5.5.2.2. Costos Incrementales de Inversión, Operación y Mantenimiento para las Alternativas I, II y III.

El planteamiento de los costos incrementales se muestra en el cuadro No. 6, se incluye también el flujo de costos a precios sociales para lo cual se han utilizado los factores de corrección señalados en el Anexo SNIP 09 del sistema nacional de inversión pública (MEF, 2012), todos los flujos de costos son detallados en los anexo No. 16; 17; 18; 19; 20 y 21.

Cuadro 6: Flujo de Costos a Precios Privados y Públicos para las tres Alternativas de Solución en Nuevos Soles.

ALTERNATIVA	DESCRIPCION	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS S/.	TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
I	Costos de Inversión	28230296	23756507
	Costos de Operación y Mantenimiento	69996991	59261161
II	Costos de Inversión	39171152	32951561
	Costos de Operación y Mantenimiento	106952184	90521351
III	Costos de Inversión	31741956	26707822
	Costos de Operación y Mantenimiento	94727551	80026187

Fuente: Elaboración Propia, a partir de los Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento para las Tres Alternativas de los Anexos No. 10; 11; 12; 13; 14 y 15.

Los Datos Presentados en el Cuadro No. 6, Pertenecen al Extracto de los Anexos 16; 17; 18; 19; 20 y 21.

5.6. Beneficios.

5.6.1. Beneficios en la Situación Sin Proyecto.

En la situación sin proyecto no existen beneficios debido a la no depuración de las aguas residuales.

El uso de las aguas residuales para riego no se considera como beneficios debido a los problemas que se tienen al utilizar estos recursos para dicho fin.

5.6.2. Beneficios en la Situación Con Proyecto.

Los beneficios cuantificables se realizaron mediante métodos alternativos basados en el enfoque del coste de producción que permiten cuantificar el precio sombra de cada contaminante.

A partir del trabajo de Färe et al. (1993) surge una corriente de investigación que pretende aportar una metodología de valoración de los llamados outputs no deseables, carentes de mercado, en el marco de los estudios de eficiencia. Haciendo uso del concepto de función distancia se logra calcular un precio sombra para aquellos bienes derivados de actividades humanas y productivas (residuos sólidos, emisiones contaminantes, agua residual, etc.) para los que el mercado no otorga ningún valor y que cuentan con importantes efectos ambientales (Hernandez Sancho, Molinos Senante, & Sala Garrido, 2010)

Los precios sombra son el valor empleado en el análisis económico con respecto a un coste o beneficio de un proyecto cuando se considera que el precio de mercado es una estimación deficiente del valor económico real. El precio sombra implica técnicamente un precio que se ha obtenido de un modelo matemático complejo; para los bienes y servicios finales el precio sombra es el valor de uso; para los bienes y servicios intermedios, el precio sombra representa el coste de oportunidad, es decir, el beneficio a que se renuncia mediante la utilización de un recurso escaso para un propósito en lugar de su mejor opción siguiente en el orden de rentabilidad. (Hernández Sancho, Molinos Senante, & Sala Garrido, 2008)

Es el precio de referencia que tendría un bien en condiciones de competencia perfecta, incluyendo los costes sociales y ambientales además de los privados.

De acuerdo a un estudio realizado en la ciudad de Valencia por (Hernandez Sancho, Molinos Senante, & Sala Garrido, 2010), en la tabla No. 16, se muestra una media para los precios sombra, presentando cinco salidas indeseables que se representan negativamente porque reflejan el daño ambiental evitado o el beneficio medioambiental.

El beneficio ambiental que goza la sociedad es variable; dependiendo de los contaminantes y del destino, se puede observar que los principales beneficios ambientales para todos los cuatro destinos analizados son la eliminación de fósforo, seguido de nitrógeno. Ambos nutrientes están presentes en todos los organismos, pero un exceso provoca problemas de eutrofización y reduce significativamente la biodiversidad mediante la estimulación del crecimiento de las algas.

Tabla 16: Precio de Referencia del Agua Tratada (€ / m³), los Precios Sombra para las Salidas no Deseadas (€ / kg).

Destination	Reference price water (€/m ³)	Shadow prices for undesirable outputs (€/Kg)				
		N	P	SS	BOD	COD
River	0,70	-16,35	-30,94	-0,01	-0,03	-0,10
Sea	0,10	-4,61	-7,53	0,00	-0,01	-0,01
Wetlands	0,90	-65,21	-103,42	-0,01	-0,12	-0,12
Reuse	1,50	-26,18	-79,27	-0,01	-0,06	-0,14

Fuente: Datos Extraídos de (Hernandez Sancho, Molinos Senante, & Sala Garrido, 2010)

Por intermedio de esta metodología se ha podido cuantificar los beneficios para las tres alternativas de solución planteadas en el proyecto, en el cuadro No. 7 se muestra la estimación de eliminación o retención de nutrientes dentro de cada tipo de proceso de depuración.

Cuadro 7: Estimación de Outputs en Función de cada Alternativa de Solución.

DESCRIPCION		UNIDADES	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
OUTPUT	Agua	m ³ /año	6289212,34	6289212,34	6289212,34
OUTPUTS NO DESEABLES	Nitrógeno	Kg/año	220122,43	408798,80	371063,53
	Fósforo	Kg/año	56602,91	81759,76	75470,55
	SS	Kg/año	169808,73	283014,56	276725,34
	DBO ₅	Kg/año	169808,73	245279,28	232700,86
	DQO	Kg/año	343424,01	572373,35	559653,94

Fuente: Elaboración Propia a partir de (EPSAR, 2014), (EPSAR, 2013) y (Hernandez Sancho, Molinos Senante, & Sala Garrido, 2011)

Cuadro 8: Beneficios en Nuevos Soles (S./) por Año para cada Alternativa Propuesta.

DESCRIPCION		UNIDADES	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
OUTPUT	Agua	m ³ /año	6289212,34	6289212,34	6289212,34
OUTPUTS NO DESEABLES	Nitrógeno	S./año	-13822702,58	-25670733,37	-23301127,21
	Fósforo	S./año	-6725838,65	-9715100,27	-8967784,86
	SS	S./año	-3260,33	-5433,88	-5313,13
	DBO ₅	S./año	-21518,16	-31081,79	-29487,85
	DQO	S./año	-129237,32	-215395,54	-210608,97
Total		S./año	-20702557,04	-35637744,84	-32514322,02

Fuente: Elaboración Propia a partir de la Tabla No. 16 y el Cuadro No. 7.

En la cuadro No. 8 se muestra los precios sombra o el beneficio medioambiental para cada alternativa de solución, presentando cinco salidas indeseables, pudiendo observar que la alternativa No. II es la que muestra mejor beneficio medioambiental cuantificable, se deja claro que el destino final del agua depurada será el río Chumbao, motivo por el cual se realizó el cálculo solo con esa posibilidad como destino final.

Los datos de la tabla No. 16 fueron convertidos de euros (€) a nuevos soles (S/.) para poder realizar los demás estudios, la razón de cambio fue de 1 € a 3.84 S/.

5.6.3. Beneficios Incrementales.

Están dados por la diferencia entre la situación con proyecto y la situación sin proyecto, en ese sentido, los beneficios incrementales están conformados por los beneficios con proyecto mencionados en el punto anterior.

5.7. Evaluación Económica.

La evaluación económica del presente proyecto se hará mediante las metodologías como son los análisis de Coste Efectividad, Coste Eficacia, Coste Beneficio; además de usar ratios financieros como el Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y el Coste Beneficio; se toman estas previsiones para poder comparar el comportamiento de las alternativas frente a cada método de evaluación y así poder determinar qué medida es la más coherente y rentable para poder resolver los problemas encontrados.

5.7.1. Evaluación Coste Eficacia.

Esta metodología permite seleccionar la combinación de medidas con menor coste para alcanzar los objetivos prefijados. Para ello, es necesario determinar tanto el coste de las medidas como la eficacia entendida como el efecto de las medidas en términos de reducción de las presiones que sufren las masas de agua, y después traducir la reducción de presiones en reducción de impactos, asegurando el logro de los objetivos definidos como prioritarios (Molinos Senante, 2014).

No requiere de la medición de los beneficios, evitando la subjetividad, en el cuadro No. 8, se muestra los indicadores de eficacia calculados para cada uno de los parámetros de calidad y también para cada alternativa de solución planteada en el proyecto.

El promedio de los indicadores de calidad será el índice de eficacia total con la cual se valorara cada una de las alternativas, para determinar estos índices se utilizaron las formulas siguientes.

a) Análisis del Coste Total:

$$CT = CI + COM \quad \dots (8)$$

Donde:

CT: Costes totales.

CI: Costes de inversión.

COM: Costes de operación y mantenimiento.

b) Análisis del Coste Total Anual Equivalente:

$$CTAE = \frac{r * (1 + r)^t}{(1 + r)^t} * CI + COM \quad \dots (9)$$

Donde:

CTAE: Coste total anual equivalente; *r*: tasa de descuento; *t*: vida útil de la medida.

c) Análisis del Indicador de Eficacia.

$$IE = \frac{V_0 - V_f}{V_0} \quad \dots (10)$$

Donde:

IE: Indicador de eficacia; *V₀*: Valor del parámetro sin implementar la medida y *V_f*: Valor del parámetro con implementación de la medida.

d) Análisis del Indicador de Eficacia Total.

$$ET = \frac{\sum_{n=1}^N IE_n}{N} \quad \dots (11)$$

Donde:

ET: Eficacia total; *N*: Número total de *IE*.

e) Análisis del Indicador de Coste Eficacia.

$$ICE = \frac{CTAE}{ET} \quad \dots (12)$$

Donde:

ICE: Indicador de coste eficacia.

5.7.1.1. Determinación del Indicador de la Eficacia Total.

En el cuadro No. 9 se presenta los indicadores de eficacia para cada parámetro evaluado así como también el ponderado de eficacia total, para cada una de las alternativas de solución.

Cuadro 9: Indicadores de Eficacia para Cada uno de los Parámetros de Calidad y Alternativa de Solución.

Nº	PARÁMETRO	INFLUENTE	EFLUENTE			EFICACIA		
		SIN MEDIDAS	A I	A II	A III	A I	A II	A III
1	N	80,00	45,00	15,00	21,00	0,44	0,81	0,74
2	P	15,00	6,00	2,00	3,00	0,60	0,87	0,80
3	DBO	70,00	40,00	24,00	26,00	0,43	0,66	0,63
4	SS	45,00	18,00	6,00	8,00	0,60	0,87	0,82
EFICACIA TOTAL						0,52	0,80	0,75

Fuente: Elaboración Propia a partir de (EPSAR, 2014), (Molinos Senante, 2014), (Lora García, 2013), (EPSAR, 2013) y (Hernandez Sancho, Molinos Senante, & Sala Garrido, 2011)

5.7.1.2. Análisis de Costo Eficacia: Determinación de la Mejor Alternativa.

Para determinar la mejor alternativa de solución en base al análisis del costo eficacia fue necesario calcular la combinación de medidas con menor coste que alcance los objetivos planteados, en el cuadro No. 10 se muestran los resultados de dicho análisis, que fueron determinados mediante la utilización de las formulas 8; 9; 10; 11 y 12.

En el cuadro No. 11 se muestra el extracto del análisis de coste eficacia para cada una de las alternativas a precios privados y públicos, del cual se puede concluir que la mejor alternativa para ser implementada es la alternativa número III, por presentar mejor relación entre los costes y la eficacia con la que se supone tratar los problemas encontrados y poder alcanzar los objetivos planteados.

Cuadro 10: Análisis de Costo Eficacia para cada alternativa de Solución a Precios Privados y Públicos.

MEDIDAS	ET	CI	COM	CTAE	ACE	ORDEN DE TOMA DE DECISION
I Precios Privados	0,52	28230295,92	4666466,10	8592318,96	16635085,97	3
I Precios Públicos	0,52	23756507,22	3950744,07	7254448,44	14044913,14	
II Precios Privados	0,80	39171151,59	7130145,58	12577491,15	15707255,26	2
II Precios Públicos	0,80	32951560,89	6034756,71	10617173,42	13259134,99	
III Precios Privados	0,75	31741956,08	6315170,09	10729372,82	14361872,12	1
III Precios Públicos	0,75	26707821,51	5335079,16	9049208,76	12112877,53	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto) y Método de Análisis Coste Eficacia (Molinos Senante, 2014).

Cuadro 11: Resumen del Análisis de Costo Eficacia en Nuevos Soles.

PRECIOS	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
Privados	16635085,97	15707255,26	14361872,12
Públicos	14044913,14	13259134,99	12112877,53

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto) y Método de Análisis Coste Eficacia (Molinos Senante, 2014).

5.7.2. Evaluación Coste Beneficio.

A través de esta metodología se permite determinar la viabilidad económica de un proyecto, inversión. Se realizan con la finalidad de comparar la eficacia económica de la implementación de diferentes alternativas (incluido el escenario actual). El análisis de coste beneficio es una herramienta racional y sistemática de apoyo en la toma de decisiones. Se utiliza para canalizar los recursos hacia los proyectos que maximicen el beneficio (Molinos Senante, 2014).

Se parte de la premisa de que un proyecto sólo debe realizarse si la totalidad de sus beneficios supera el conjunto de sus costes. Para ello, los beneficios de cada alternativa son comparados con su coste asociado, utilizando una metodología analítica común.

Cuadro 12: Costo Beneficio a Precios Privados en Nuevos Soles.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
Costo de Inversión	S/.	28230295,92	39171151,59	31741956,08
Costo de O y M	S./año	4666466,10	7130145,58	6315170,09
Precios Sombra	S./año	20702557,04	35637744,84	32514322,02

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto), y del Cuadro No. 8 (Apartado Beneficios en la Situación Con Proyecto).

Cuadro 13: Costo Beneficio a Precios Públicos en Nuevos Soles.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
Costo de Inversión	S/.	23756507,22	32951560,89	26707821,51
Costo de O y M	S./año	3950744,07	6034756,71	5335079,16
Precios Sombra	S./año	15406325,39	26520718,77	24196345,59

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto), y del Cuadro No. 8 (Apartado Beneficios en la Situación Con Proyecto).

En los cuadros No. 12 y 13 los costos correspondientes a la partida de inversión se encuentran en Nuevos Soles (S/.), pero los costos de operación, mantenimiento y los beneficios (precios sombra) se encuentran divididos por año, para poder actualizar estos datos se utilizó como tiempo de vida útil (horizonte de evaluación) 15 años a una tasa de descuento del 11% tal y como lo indica el anexo SNIP 9 (MEF, 2012).

En los cuadros No. 14 y 15 se muestra la diferencia de coste beneficio para cada alternativa de solución a precios privados y públicos con costos actualizados.

Cuadro 14: Análisis de Coste Beneficio a Precios Privados en Nuevos Soles.

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
A Costo de Inversión	S/.	28230295,92	39171151,59	31741956,08
B Costo de O y M	S/.	33555949,07	51271946,89	45411564,49
C Precios Sombra	S/.	148869387,59	256266375,16	233806249,02
TOTAL = C - (A+B)	S/.	87083142,59	165823276,67	156652728,46

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos del Cuadro No. 12.

Cuadro 15: Análisis de Coste Beneficio a Precios Públicos en Nuevos Soles.

DESCRIPCIÓN		UNIDADES	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
A	Costo de Inversión	S/.	23756507,22	32951560,89	26707821,51
B	Costo de O y M	S/.	28409285,33	43395148,43	38363858,43
C	Precios Sombra	S/.	110784876,51	190707029,73	173992765,37
TOTAL = C - (A+B)		S/.	58619083,96	114360320,41	108921085,43

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos del Cuadro No. 13.

De los cuadros No. 14 y 15 se puede concluir que la alternativa que mejor relación de coste beneficio presenta es la No. II.

5.7.3. Evaluación Costo Efectividad.

Si bien existen metodologías para estimar en forma monetaria los beneficios de proyectos de tratamiento de aguas residuales (tales como la valoración contingente, precios hedónicos, costos evitados o precios sombra), se consideran relativamente compleja su aplicación en el caso de pequeñas localidades. En este caso para evaluar económicamente este tipo de proyecto se aplica el método costo efectividad, considera el supuesto que existe una meta por cumplir cuya validez no se cuestiona y que todas las alternativas satisfacen los objetivos planteados con la consecución de metas idénticas en beneficios. (MEF, 2007)

El objetivo de la evaluación entonces es determinar que alternativa propuesta en el proyecto logra los objetivos deseados al menor costo y si el índice de costo efectividad (CE) del proyecto (costo por habitante beneficiario del proyecto) se encuentra por debajo de la línea de corte pre establecida en el anexo SNIP 9 (MEF, 2012)

Para calcular el ratio costo efectividad se usa la Ecuación siguiente:

$$CE = \frac{VANCT}{PB} \quad \dots (13)$$

Donde:

VANCT: Valor actual de los costos totales a precios privados o públicos.

PB: Promedio de beneficiarios estimado para todo el horizonte de evaluación.

En los cuadros No. 16 y 17 se muestran los respectivos VANCT y el ratio CE, para cada alternativa de solución respectivamente, a precios privados y públicos, para dicho cálculo se utilizó una tasa de descuento de 11 % para una población beneficiaria en promedio de 68922,00 Habitantes.

Cuadro 16: Cálculo de VANCT para cada Alternativa de Solución a Precios Privados y Públicos.

PRECIOS	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
	S/.	S/.	S/.
Privados	61786245,00	90443098,48	77153520,57
Públicos	52165792,55	76346709,32	65071679,94

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de los Anexos No. 16; 17; 18; 19; 20 y 21 (Flujo de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento), según Anexo SNIP 9 (MEF, 2012) y (MEF, 2007).

Cuadro 17: Ratio del Coste Efectividad para Todas las Alternativas a Precios Privados y Públicos.

PRECIOS	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
	S/.	S/.	S/.
Privados	896,47	1312,25	1119,43
Públicos	756,88	1107,73	944,14

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de los Anexos No. 16; 17; 18; 19; 20; y 21 (Flujo de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento), según Anexo SNIP 9 (MEF, 2012) y (MEF, 2007).

5.7.4. Indicadores Económicos de Rentabilidad.

Los indicadores económicos de rentabilidad que se utilizaran como parte de la evaluación de este trabajo son el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el costo beneficio (B/C) los cuales fueron calculados a partir de los costos totales de inversión, operación, mantenimiento y beneficios (precios sombra). En los cuadros No. 18 y 19 se muestran los resultados obtenidos de dichos indicadores para un horizonte de evaluación de 15 años y una tasa de descuento del 11 % para el VAN y la TIR a precios privados, públicos, de acuerdo con lo estipulado en el anexo SNIP 9 (MEF, 2012).

Cuadro 18: Indicadores Económicos de Rentabilidad para la Toma de Decisión de Alternativas a Precios Privados.

INDICADOR	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
VAN	87083142,59	165823276,67	156652728,46
TIR	56,74%	72,76%	82,53%
C/B	2,41	2,83	3,03

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto), y del Cuadro No. 8 (Apartado Beneficios en la Situación Con Proyecto), Según Anexo SNIP 9 (MEF, 2012), (MEF, 2007) y (MEF, 2003).

Cuadro 19: Indicadores Económicos para la Toma de Decisión de Alternativas a Precios Públicos.

INDICADOR	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
VAN	58619083,96	114360320,41	108921085,43
TIR	48,09%	62,13%	70,60%
C/B	2,12	2,50	2,67

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto), y del Cuadro No. 8 (Apartado Beneficios en la Situación Con Proyecto), Según Anexo SNIP 9 (MEF, 2012), (MEF, 2007) y (MEF, 2003).

5.7.5. Resumen del Análisis de Evaluación y Selección de Alternativa.

Dada las características planteadas para la evaluación económica de las alternativas de solución a continuación se presenta un cuadro resumen de dichos cálculos.

Cuadro 20: Resumen de Indicadores Económicos e Indicadores de la Rentabilidad para la Evaluación Económica a Precios Privados.

EVALUACION	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
ACB	87083142,59	165823276,67	156652728,46
ACE ₁	16635085,97	15707255,26	14361872,12
ACE ₂	896,47	1312,25	1119,43
VAN	87083142,59	165823276,67	156652728,46
TIR	56,74%	72,76%	82,53%
C/B	2,41	2,83	3,03

Fuente: Elaboración Propia, Extracto de Datos Calculados en los Cuadros 10; 11; 14; 15; 16; 17; 18 y 19 del Apartado Evaluación Económica.

Donde:

ACB es el análisis de coste beneficio, *ACE₁* es el análisis de coste eficacia, *ACE₂* es el análisis de coste efectividad, *VAN* es el valor actual neto, que es igual al *ACB*, *TIR* es la tasa interna de retorno, y *C/B* es el ratio de coste beneficio.

Del cuadro No. 20 se puede deducir lo siguiente:

- De acuerdo a la metodología coste beneficio la alternativa II es la que presenta mejor índice a precios privados, por ende esta sería la alternativa seleccionada para resolver los problemas planteados en el proyecto.
- De acuerdo a la metodología coste eficacia la alternativa III es la que presenta mejor índice a precios privados, por ende esta sería la alternativa seleccionada para resolver los problemas planteados en el proyecto.
- De acuerdo a la metodología coste efectividad la alternativa I; II y III son elegibles como viable, cabe indicar que esta metodología es considerada por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), donde el índice se debe comparar con líneas de corte presentados en el Anexo SNIP 9, que para este tipo de proyectos no existen, pero si cuenta con parámetros de costos per cápita para proyectos de saneamiento en el área urbana dando un valor de 615 dólares americanos.
- La alternativa que presenta mejor ratio financiero como la TIR y C/B es la alternativa III, valores que fueron calculados a partir de los costes y beneficios a precios privados, cabe indicar que el VAN es el mismo que el análisis coste beneficio por ende se seleccionaría a la alternativa III.

Después de analizar los indicadores económicos a precios privados podemos decir que desde una perspectiva netamente económica la alternativa de solución que debe ser implementada para la solución de los problemas planteados y la posterior consecución de los objetivos y metas del proyecto es la numero III, debido principalmente a la presencia de mejores indicadores económicos de acuerdo a la metodología utilizada para su evaluación.

Cuadro 21: Resumen de Indicadores Económicos para la Evaluación a Precios Públicos.

EVALUACION	ALTERNATIVA I	ALTERNATIVA II	ALTERNATIVA III
ACB	58619083,96	114360320,41	108921085,43
ACE ₁	14044913,14	13259134,99	12112877,53
ACE ₂	756,88	1107,73	944,14
VAN	58619083,96	114360320,41	108921085,43
TIR	48,09%	62,13%	70,60%
C/B	2,12	2,50	2,67

Fuente: Elaboración Propia, Extracto de Datos Calculados en los Cuadros 10; 11; 14; 15; 16; 17; 18 y 19 del Apartado Evaluación Económica.

Donde:

ACB es el análisis de coste beneficio, *ACE₁* es el análisis de coste eficacia, *ACE₂* es el análisis de coste efectividad, *VAN* es el valor actual neto, que es igual al *ACB*, *TIR* es la tasa interna de retorno, y *C/B* es el ratio de coste beneficio.

Del cuadro No. 21 se puede deducir lo siguiente:

- De acuerdo a la metodología coste beneficio la alternativa II es la que presenta mejor índice a precios públicos, por ende esta sería la alternativa seleccionada para resolver los problemas planteados en el proyecto a precios públicos.
- De acuerdo a la metodología coste eficacia la alternativa III es la que presenta mejor índice a precios públicos, por ende esta sería la alternativa seleccionada para resolver los problemas planteados en el proyecto a precios públicos.
- De acuerdo a la metodología coste efectividad la alternativa I; II y III son elegibles como viable desde el punto de vista económico en un ámbito netamente social, cabe indicar que esta metodología es considerada por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), donde el índice se debe comparar con líneas de corte presentados en el Anexo SNIP 9 que para este tipo de proyectos no existen, pero si cuenta con parámetros de costos per cápita para proyectos de saneamiento en el área urbana dando un valor de 615 dólares americanos.

- La alternativa que presenta mejor ratio financiero como la TIR y C/B es la alternativa III, valores que fueron calculados a partir de los costes y beneficios a precios públicos, cabe indicar que el VAN es el mismo que el análisis coste beneficio por ende se seleccionaría a la alternativa III

Después de analizar los indicadores económicos a precios sociales podemos decir que desde una perspectiva netamente económica la alternativa de solución que debe ser implementada para la solución de los problemas planteados y la posterior consecución de los objetivos y metas del proyecto es la numero tres, debido principalmente a la presencia de mejores indicadores económicos de acuerdo a la metodología utilizada para su evaluación.

5.7.6. Análisis de Sensibilidad.

Debido a la incertidumbre que rodea a muchos proyectos de inversión en especial al de este tipo, se hace indispensable llevar a cabo un análisis de rentabilidad social del proyecto ante diversos escenarios. Esto supone estimar los cambios que se producirían en el valor actual neto social (VANS) y en el indicador costo efectividad, costo beneficio ante cambios en la magnitud de variables inciertas (MEF, 2003).

Es necesario analizar cómo podrían afectar la rentabilidad social del proyecto, las diferentes situaciones de riesgo o peligro. Para ello resulta pertinente plantear escenarios de ocurrencia de los mismos. Se requiere información sobre periodos de ocurrencia, la intensidad y los daños que puedan ocasionar. De acuerdo a (MEF, 2007) en los proyectos de saneamiento básico y tratamiento de aguas residuales, las variables inciertas puedes estar referidas a factores demográficos, escalonamiento de precios, imprecisión sobre las características de la zona de estudio del proyecto, incertidumbre en los supuestos para la cuantificación de los beneficios u otros.

La variación de cualquiera de estos factores se refleja finalmente en alguno de los siguientes puntos valorados a precios sociales, como el coste de la inversión, operación, mantenimiento y los beneficios.

Debiendo analizarse cada variable por separado, además de hacerlo hasta encontrar la máxima variación que podría soportar el proyecto, sin dejar de ser socialmente rentable.

Para realizar el análisis de sensibilidad solo tomaremos la alternativa III que fue seleccionada para la ejecución, dadas las características del proyecto plantearemos como variables inciertas a los costes de operación y mantenimiento por un lado y por el otro a los ingresos o beneficios que en este caso son los precios sombra, se supondrán escenarios que varíen en 50% del valor que se presenta para ambos flujos, esta variación afectara directamente a los indicadores de rentabilidad económica (VAN y TIR).

En los cuadros No. 22 y 23 se muestra el análisis de sensibilidad planteada para analizar el comportamiento del VAN y la TIR frente a cambios en los flujo de costos y beneficios, observándose que en cualquier escenario la alternativa a ejecutar y por ende el proyecto es rentable.

Por otro lado la amplitud de la variación que se realiza a los flujos de costos y beneficios se realiza para escenarios del tipo optimista, conservador y pesimista, en donde se pone a prueba el comportamiento del proyecto. En este trabajo se consideran los escenarios de la siguiente manera.

- Escenario Optimista.
Es considerado como un escenario optimista cuando los costes de inversión, operación y mantenimiento bajan de 50% a 90% respecto al escenario realista que vendría a ser el 100%, mientras que por otro lado los beneficios suben de 110% a 150% con referencia al estado actual o realista del 100 %.
- Escenario Pesimista.
Es considerado como un escenario pesimista cuando los costes de inversión, operación y mantenimiento suben de 110% a 150% respecto al escenario realista que vendría a ser el 100%, mientras que por otro lado los beneficios bajan de 50% a 90% con referencia al estado actual o realista del 100 %.
- Escenario Conservador.
El escenario conservador de este trabajo contempla dos opciones que los costos y los beneficios suban en igual proporción o bajen con la misma intensidad respecto al estado actual de estudio.

Cuadro 22: Análisis de Sensibilidad para el VAN con Modificación de los Flujo de Costos y Beneficios a Precios Públicos de la Alternativa III.

		COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO											
		50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
		108921085	2667540	3201047	3734555	4268063	4801571	5335079	5868587	6402095	6935603	7469111	8002619
BENEFICIOS (PRECIOS SOMBRA)	50%	12098173	41106632	37270246	33433860	29597474	25761089	21924703	18088317	14251931	10415545	6579159	2742774
	60%	14517807	58505908	54669523	50833137	46996751	43160365	39323979	35487593	31651208	27814822	23978436	20142050
	70%	16937442	75905185	72068799	68232413	64396028	60559642	56723256	52886870	49050484	45214098	41377712	37541327
	80%	19357076	93304462	89468076	85631690	81795304	77958918	74122532	70286147	66449761	62613375	58776989	54940603
	90%	21776711	110703738	106867352	103030966	99194581	95358195	91521809	87685423	83849037	80012651	76176266	72339880
	100%	24196346	128103015	124266629	120430243	116593857	112757471	108921085	105084700	101248314	97411928	93575542	89739156
	110%	26615980	145502291	141665905	137829519	133993134	130156748	126320362	122483976	118647590	114811204	110974819	107138433
	120%	29035615	162901568	159065182	155228796	151392410	147556024	143719639	139883253	136046867	132210481	128374095	124537709
	130%	31455249	180300844	176464458	172628073	168791687	164955301	161118915	157282529	153446143	149609758	145773372	141936986
	140%	33874884	197700121	193863735	190027349	186190963	182354577	178518192	174681806	170845420	167009034	163172648	159336262
150%	36294518	215099397	211263011	207426626	203590240	199753854	195917468	192081082	188244696	184408311	180571925	176735539	

Fuente: Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto), y del Cuadro No. 8 (Apartado Beneficios en la Situación Con Proyecto), Según Anexo SNIP 9 (MEF, 2012), (MEF, 2007) y (MEF, 2003).

Cuadro 23: Análisis de Sensibilidad para la TIR con Modificación de los Flujo de Costos y Beneficios a Precios Públicos de la Alternativa III.

		COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO											
		50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
		70,60%	2667540	3201047	3734555	4268063	4801571	5335079	5868587	6402095	6935603	7469111	8002619
BENEFICIOS (PRECIOS SOMBRA)	50%	12098173	34,92%	32,84%	30,75%	28,65%	26,52%	24,36%	22,17%	19,93%	17,64%	15,28%	12,83%
	60%	14517807	44,19%	42,16%	40,12%	38,07%	36,02%	33,95%	31,87%	29,78%	27,66%	25,52%	23,35%
	70%	16937442	53,34%	51,33%	49,31%	47,29%	45,27%	43,24%	41,21%	39,17%	37,12%	35,06%	32,99%
	80%	19357076	62,45%	60,44%	58,44%	56,43%	54,42%	52,41%	50,39%	48,38%	46,36%	44,33%	42,30%
	90%	21776711	71,53%	69,53%	67,52%	65,52%	63,52%	61,51%	59,51%	57,50%	55,49%	53,48%	51,47%
	100%	24196346	80,60%	78,60%	76,60%	74,60%	72,60%	70,60%	68,60%	66,59%	64,59%	62,59%	60,58%
	110%	26615980	89,66%	87,66%	85,67%	83,67%	81,67%	79,67%	77,67%	75,67%	73,67%	71,67%	69,67%
	120%	29035615	98,72%	96,73%	94,73%	92,73%	90,73%	88,73%	86,74%	84,74%	82,74%	80,74%	78,74%
	130%	31455249	107,79%	105,79%	103,79%	101,79%	99,79%	97,80%	95,80%	93,80%	91,80%	89,80%	87,80%
	140%	33874884	116,85%	114,85%	112,85%	110,85%	108,86%	106,86%	104,86%	102,86%	100,86%	98,87%	96,87%
150%	36294518	125,91%	123,91%	121,91%	119,91%	117,92%	115,92%	113,92%	111,92%	109,92%	107,93%	105,93%	

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costes de Inversión, Operación y Mantenimiento, Presentados en el Cuadro No. 5 (Apartado Costos en la Situación Con Proyecto), y del Cuadro No. 8 (Apartado Beneficios en la Situación Con Proyecto), Según Anexo SNIP 9 (MEF, 2012), (MEF, 2007) y (MEF, 2003).

5.7.7. Análisis de Sostenibilidad Económica.

Por otro lado Beltrán, Arlette y Hanny Cueva, señalan en la guía metodológica SNIP (MEF, 2003) que el análisis de sostenibilidad tiene como objetivo determinar la capacidad del proyecto alternativo elegido para cubrir sus costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento que se generan a lo largo de su horizonte de evaluación. Para ello se deberá retomar a su flujo de costos a precios de mercado, elaborado anteriormente, e identificar todas las fuentes de ingresos que permitirán cubrir dichos costos año tras año, así como los montos atribuibles a cada una de ellas (MEF, 2003).

Los proyectos pueden tener diferentes fuentes de ingresos. En algunos casos, el presupuesto público es prácticamente la única fuente (como suele suceder en el caso de los proyectos de salud y educación), mientras que en otros, los pagos de los usuarios son una entrada importante de ingresos durante la operación y el mantenimiento (como es usual en los proyectos de electrificación y saneamiento). (MEF, 2007).

El primer paso es identificar y estimar las principales fuentes de ingresos que tendrá el proyecto, sin considerar aquella proveniente del presupuesto de la institución ejecutora. También se hace el análisis del impacto ambiental en donde se deberán identificar los impactos, positivos y negativos, que el proyecto seleccionado podría generar en el medioambiente, así como las acciones de intervención que dichos impactos requerirán y sus costos, si fuera el caso (Banco Interamericano de Desarrollo, 1997).

Es preciso mencionar que este trabajo no contempla el estudio de tarifas o cánones de saneamiento por tratarse de un estudio aparte, también se debe de aclarar que las tarifas de agua potable de la provincia no son aplicables de igual forma en toda la zona de estudio, encontrándose aun casos de tarifas planas.

VI. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda la inversión de la alternativa III, como un sistema de tratamiento de aguas residuales dentro de la provincia de Andahuaylas, debido principalmente a su mejor comportamiento frente a los diferentes tipos de evaluación a los que fueron sometidos las tres alternativas de este trabajo.
- Hacer el estudio a nivel de factibilidad como proyecto de inversión pública para su ejecución, por tratarse de una necesidad de mucha urgencia que requiere la población de la provincia de Andahuaylas.
- Para el futuro con el sistema de tratamiento en funcionamiento con la tecnología propuesta, también se debe implementar un tratamiento terciario para disminuir la cantidad de coliformes fecales.
- Se debe de implementar un sistema de monitoreo de aguas residuales y de calidad de aguas en el río Chumbao de manera periódica y continua, para saber con mayor exactitud cuánto y qué se vierte al dominio público hidráulico por ser fundamental en la gestión de la calidad de un río.
- Realizar estudios de reutilización de las aguas depuradas dentro de los parámetros de la norma exigida como son los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), los límites máximos permisibles (LMP) y sobre todo con mucha responsabilidad ético y moral sobre la salud pública.
- Estudiar formas de reutilización de los residuos sólidos que son productos secundarios indeseables del proceso de depuración de las aguas residuales.
- Hacer estudios de depuración teniendo en cuenta otros contaminantes de origen urbano, incluso las sustancias prioritarias deberían de ser tomadas en cuenta.
- Realizar estudios detallados como parte de un sistema complejo o cuenca teniendo en cuenta todas las actividades que se realizan dentro

del mismo, los vertidos industriales (principalmente los de origen minero), la presencia de centrales hidroeléctricas, trasvases y su presión sobre las masas de agua y tratar de determinar su afección sobre las aguas, los sedimentos, y la biota, permitiendo realizar una adecuada gestión del recurso hídrico.

VII. CONCLUSIONES.

De acuerdo al análisis de viabilidad económica para la mejora de la calidad de los vertidos urbanos al cauce del río Chumbao de la provincia de Andahuaylas, realizado en el presente estudio se puede concluir lo siguiente.

- Se determinó la alternativa III como la mejor, respecto a las alternativas I y II, debido a que presenta mejor comportamiento a las diferentes formas de análisis con las que se evaluó la viabilidad económica.
- La elección para determinar el sistema más adecuado de depuración según indicadores compuestos de sostenibilidad para sistemas de depuración fue la del grupo de aireación prolongada, frente a sistemas como los humedales, lagunaje, membranas, Biodiscos, filtros percolados, reactor batch. Después de evaluar dichos sistemas mediante indicadores compuestos de sostenibilidad la de aireación prolongada obtuvo un promedio de 0.606, siendo la mayor en un rango de 0 a 1.
- La determinación del presupuesto se realizó mediante la construcción de los costos unitarios de inversión, operación y mantenimiento; por otro lado también se determinó los beneficios o precios sombra. Teniendo como costos totales la suma de S/. 126469507,47 a precios privados y S/. 106734008,93 a precios públicos o sociales, los beneficios evitados son de S/. 32514322,02 a precios privados y de S/. 24196345,59 a precios públicos para la alternativa seleccionada.
- Si bien es cierto que los beneficios del proyecto como precios sombra son muy prometedores eso no significa que dicho beneficio sea cuantificable directamente, por lo que los costos de inversión son

relativamente altos para una provincia como Andahuaylas, eso no quita la urgencia con la que se debe de tratar y gestionar los residuos líquidos de la población dentro de la zona de estudio, por lo que está justificado su inversión, de manera que en un futuro se mitigara las enfermedades gastrointestinales que son provocadas por las bacterias fecales dejando de afectar a los grupos etarios más vulnerables como los niños, madres gestantes y ancianos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- Alianza por el Agua. (2008). *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas*. Secretariado Alianza por el Agua, Ecología y Desarrollo. Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua.
- ANA. (1980). *Estudio de la Cuenca del Río Chumbao* (Primera ed., Vol. 1). Apurímac, Lima, Perú: Ministerio de Agricultura (Autoridad Nacional del Agua).
- ANA. (2010). *Autoridad Nacional del Agua*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA PAMPAS - APURIMAC: <http://www.ana.gob.pe/quienes-somos/organizaci%C3%B3n-y-funciones/estructura-organizacional/organos-desconcentrados/xi-pampas-apurimac.aspx>
- Arrojo, P. (2010). Cristianismo e Injusticia. *El Reto Ético de la Crisis Global del Agua*. (Abya-Yala, Ed.) Quito.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (1997). *EVO's EVALUATION*. (B. Mundial, Editor, & B. I. Desarrollo, Productor) Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de <http://www.iadb.org/cont/evo/spbook/evobook.htm>
- CADAGUA. (2008). *Diseño y Construcción de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (E.D.A.R)*. Valencia, España.
- CAM - Andahuaylas. (2014). *Pronunciamiento Público*. Recuperado el 2 de Mayo de 2014, de Comisión Ambiental Municipal de la Provincia de Andahuaylas: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=686356834759516&set=a.374450512616818.82629.373812572680612&type=1&theater>
- Camacho, A., Rodríguez, A., Gelvez, R., González, R., Medina, M., & Torres, J. (2007). *Metodología para la Caracterización de la Capacidad de Autopurificación de Ríos de Montaña*.

- CEDEX. (2008). *Manual de Depuración de las Aguas Residuales Urbanas*. Ministerio de Fomento, Ministerio del Ambiente, Medio Ruarl y Marítimo . Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- CENTA. (2006). *Guía Sobre Tratamientos de Aguas Residuales Urbanas para Pequeños Núcleos de Población*. Sevilla: Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua.
- Chiriboga, C. (2010). *Propuestas de un Sistema de Monitoreo para la Caracterización de Aguas Residuales que Recepta el Río Tahuando*.
- DISA. (2006). *Análisis de la Situación de Salud DISA Apurímac II*. Dirección de Estadística - Ministerio de Salud. Andahuaylas: Dirección de Epidemiología - Ministerio de Salud.
- EPSAR. (2013). Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana. *Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento*, 1-7. (J. L. Martínez Muro, Recopilador) Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia.
- EPSAR. (2014). Evolución Histórica de la Entidad de Saneamiento. *Presentación de Clase no Publicada*, 1-352. Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia, España.
- Ferrer, J., & Seco, A. (1992). Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales. En J. Ferrer, *Tratamientos Físicos y Químicos de Aguas Residuales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- FONAM. (2010). *Oportunidades de Mejoras Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Perú*. Lima: Fondo Nacional del Ambiente.
- Google Earth. (2013). *Mapas de Apurímac*. Recuperado el 06 de Junio de 2014, de Mapas de la Provincia de Andahuaylas: http://www.google.es/intl/es_es/earth/
- Hernández Sancho, F. (2013). El Ciclo del Agua. *Oferta y Demanda*. Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia.
- Hernández Sancho, F., Molinos Senante, M., & Sala Garrido, R. (2008). *Valoración Económica de los Beneficios Ambientales del Proceso de Depuración de Aguas Residuales*. Valencia: Proyecto NOVEDAR-Consolider.
- Hernandez Sancho, F., Molinos Senante, M., & Sala Garrido, R. (2010). Economic Valuation of Environmental Benefits from Wastewater Treatment Processes an Empirical Approach for Spain. (Elsevier, Ed.) *Science of the Total Environment*, 408, 953–957.

- Hernandez Sancho, F., Molinos Senante, M., & Sala Garrido, R. (2011). Cost Modelling for Wastewater Treatment Processes. *Desalination*, 268, 1 - 5.
- Iborra Clar, A., Mendoza Roca, J. A., & Bes Piá, A. (2013). Ejemplos de Diferentes Tipos de Agua Residual. *Tratamiento del Agua Residual*, 1-56. (A. Iborra Clar, Ed.) Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia.
- INEI. (2007). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Recuperado el 5 de Mayo de 2014, de Perú en Cifras: <http://www.inei.gob.pe/>
- Lora García, J. (2013). Vertido Cero. *Regeneración de Aguas Residuales*, 10-31. (J. Lora García, Ed.) Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia.
- MEF. (2003). *Guía General de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública a Nivel de Perfil*. (A. Beltrán, & H. Cueva, Edits.) Lima, Perú: Publicado por la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (DGPI).
- MEF. (2007). Aprueban Guías de Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Saneamiento Básico en el Ámbito Rural y en el Ámbito de Pequeñas Ciudades. (M. d. Finanzas, Ed.) *Diario Oficial el Peruano*.
- MEF. (2012). Parámetros y Normas Técnicas para Formulación. *Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública*, 1-43. (D. G. Pública, Ed.) Lima, Lima, Perú: Ministerio de Economía y Finanzas.
- Mendoza Roca, J. A., & Querol Magdalena, S. (1999). Caracterización del Agua Residual. En J. A. Mendoza Roca, S. Querol Magdalena, & E. d. UPV (Ed.), *Depuración Biológica de Aguas Residuales* (págs. 11-120). Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.
- Milagros, S. (2012). *Scribd*. Recuperado el 24 de Julio de 2014, de <http://es.scribd.com/doc/47816032/DEFINICION-AGUAS-RESIDUALES-1>
- MINAM. (2006). Norma OS 090, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. (M. d. Ambiente, Ed.) *Diario Oficial El Peruano (Normas Legales)*, págs. 320555-320575.
- MINAM. (2008). Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. (M. d. Ambiente, Ed.) *Diario Oficial El Peruano (normas Legales)*, págs. 377222-377227.
- MINAM. (2009). *Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 5 de Junio de 2014, de Geoservidor: <http://geoservidor.minam.gob.pe/geoservidor/download.aspx>

- MINAM. (2010). Aprueban Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. (M. d. Ambiente, Ed.) *Diario Oficial El Peruano*, págs. 415675 - 415676.
- Molinos Senante, M. (2014). Análisis Coste Beneficio. *Presentación de Clase no Publicada*. Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos. Facultad de Geografía. Universidad de Valencia.
- Molinos Senante, M. (2014). Análisis Coste Eficacia para la Selección de Medidas. *Presentación de Clase no Publicada*. Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos. Facultad de Geografía. Universidad de Valencia.
- Molinos Senante, M. (2014). Análisis de Coste Eficacia. *Presentación de Clase no Publicada*, 1 - 6. Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia.
- Molinos Senante, M. (2014). Determinación de la Sostenibilidad: Indicadores Compuestos para Evaluar la Sostenibilidad de EDARs en Pequeñas Poblaciones. *Presentación de Clase no Publicada*, 1-9. (M. Molinos Senante, Ed.) Valencia, España: Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos, Facultad de Geografía, Universidad de Valencia.
- Molinos Senante, M., Garrido Baserba, M., & Hernández Sancho, F. (2012). Assessment of Wastewater Treatment Plant Design for Small Communities: Environmental and Economic Aspects. *Science of the Total Environment*(427–428), 11-18.
- Moreno Jiménez, J. M. (2001). *Universidad de Valencia*. Obtenido de El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) Fundamentos, Metodología y Aplicaciones: http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/02t.pdf
- Ollero, A., Ibisate, A., Acín, V., Díaz, E., Granado, D., & Horacio, J. (2011). Innovación y Libertad Fluvial. In *Ponencia al VI Congreso Ibérico sobre gestión y planificación del Agua, Fundación Nueva Cultura del Agua*. Talavera de la Reina.
- Rodríguez Val, D. (2009). Proyecto Fin de Carrera. *Construcción y Explotación de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Arzúa*, 171-197. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas.
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de Calidad de Agua en Fuentes Superficiales Utilizadas en la Producción de Agua para Consumo Humano. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 79-94.
- UNI. (2008). *Análisis de las Características Fisicoquímicas y Bacteriológicas de Aguas del Río Chumbao - Andahuaylas*. Universidad de Ingeniería, Laboratorio FIA – UNI, Lima.

Wikipedia. (2010). *eswiki:resourceloader:filter:minify*. Recuperado el 15 de Mayo de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Anal%C3%ADtico_Jer%C3%A1rquico.

Wikipedia. (2012). *Aguas Residuales*. (Wikipedia, Editor) Recuperado el 12 de Junio de 2014, de Tratamiento de las Aguas Residuales: http://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales#Tratamiento_del_agua_residual

Wikipedia. (2013). *Wikipedia®*. Recuperado el 10 de Junio de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Depuraci%C3%B3n_biol%C3%B3gica_por_fangos_activos.

IX. LISTA DE FIGURAS, TABLAS, CUADROS Y ABREVIATURAS.

9.1. Lista de Cuadros.

Cuadro 1: Indicadores Adimensionales Normalizados.	15
Cuadro 2: Valores de los Indicadores y las Dimensiones en Porcentaje.	16
Cuadro 3: Resultados de Multiplicar los Indicadores por sus Respectiveos Pesos.	16
Cuadro 4: Resultado del Indicador de Sostenibilidad Global.	18
Cuadro 5: Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento para las Tres Alternativas de Solución en Nuevos Soles por Año.	45
Cuadro 6: Flujo de Costos a Precios Privados y Públicos para las tres Alternativas de Solución en Nuevos Soles.	46
Cuadro 7: Estimación de Outputs en Función de cada Alternativa de Solución.	48
Cuadro 8: Beneficios en Nuevos Soles (S/.) por Año para cada Alternativa Propuesta.	48
Cuadro 9: Indicadores de Eficacia para Cada uno de los Parámetros de Calidad y Alternativa de Solución.	51
Cuadro 10: Análisis de Costo Eficacia para cada alternativa de Solución a Precios Privados y Públicos.	52
Cuadro 11: Resumen del Análisis de Costo Eficacia en Nuevos Soles.	52
Cuadro 12: Costo Beneficio a Precios Privados en Nuevos Soles.	53
Cuadro 13: Costo Beneficio a Precios Públicos en Nuevos Soles.	53
Cuadro 14: Análisis de Coste Beneficio a Precios Privados en Nuevos Soles.	53

Cuadro 15: Análisis de Coste Beneficio a Precios Públicos en Nuevos Soles.	54
Cuadro 16: Cálculo de VANCT para cada Alternativa de Solución a Precios Privados y Públicos.	55
Cuadro 17: Ratio del Coste Efectividad para Todas las Alternativas a Precios Privados y Públicos.	55
Cuadro 18: Indicadores Económicos de Rentabilidad para la Toma de Decisión de Alternativas a Precios Privados.	56
Cuadro 19: Indicadores Económicos para la Toma de Decisión de Alternativas a Precios Públicos.	56
Cuadro 20: Resumen de Indicadores Económicos e Indicadores de la Rentabilidad para la Evaluación Económica a Precios Privados.	56
Cuadro 21: Resumen de Indicadores Económicos para la Evaluación a Precios Públicos.	58
Cuadro 22: Análisis de Sensibilidad para el VAN con Modificación de los Flujo de Costos y Beneficios a Precios Públicos de la Alternativa III.	61
Cuadro 23: Análisis de Sensibilidad para la TIR con Modificación de los Flujo de Costos y Beneficios a Precios Públicos de la Alternativa III.	62

9.2. Lista de Tablas.

Tabla 1: Valores Típicos de Diferentes Tipos de Aguas Residuales.	12
Tabla 2: Información Típica de Diseño para Decantadores Primarios.	20
Tabla 3: Estándares de Calidad Ambiental ECA-2008.	23
Tabla 4: Límites Máximos Permisibles (LMP) para Efluente de PTAR Urbano.	24
Tabla 5: Aporte Per cápita para Aguas Residuales Domésticas.	24
Tabla 6: Características Físicoquímicas del Agua del Río Chumbao.	27
Tabla 7: Características Bacteriológicas del Agua del Río Chumbao.	27
Tabla 8: Alternativa de Solución I.	37
Tabla 9: Alternativa de Solución II.	38
Tabla 10: Alternativa de Solución III.	39
Tabla 11: Cronograma de Actividades de las Alternativas I, II y III.	40
Tabla 12: Datos de la Población del Área de Estudio.	41
Tabla 13: Proyección de la Población Demandante.	42
Tabla 14: Proyección de la Demanda en m ³ , DBO ₅ y SS por Año.	43

Tabla 15: Factores de Corrección para Convertir los Precios Privados a Sociales.....	44
Tabla 16: Precio de Referencia del Agua Tratada (€ / m ³), los Precios Sombra para las Salidas no Deseadas (€ / kg).....	47

9.3. Lista de Figuras.

Figura 1. Red de Alcantarillado que Desemboca las Aguas Residuales al Río Chumbao - Andahuaylas.....	8
Figura 2. Matadero Municipal que Desemboca sus Aguas Residuales al Río Chumbao - Andahuaylas.....	8
Figura 3. Red de Alcantarillado Vecinal que Desemboca las Aguas Residuales al Río Chumbao - Andahuaylas.....	9
Figura 4: Esquema del Proceso de Fangos Activos.....	21
Figura 5: Reactor de Fangos Activados.	22
Figura 6: Ubicación General del Área de Estudio.....	25
Figura 7: Características del Área de Estudio.	26
Figura 8. Árbol de Causa y Efecto.....	31
Figura 9. Árbol de Medios y Fines.....	35
Figura 10. Árbol de Medios y Acciones.	36

9.4. Lista de Abreviaturas.

A	Sección del decantador
ACE1	Análisis de coste eficacia
ACE2	Análisis de coste efectividad
ANA	Autoridad nacional del agua
ARU	Aguas residuales urbanas
AHP	Proceso analítico jerárquico
B/C	Beneficio costo
°C	Grados centígrados
CAM	Comisión ambiental municipal
CB	Coste beneficio
CE	Conductividad eléctrica
CE1	Coste eficacia

CE2	Coste efectividad
CEDEX	Centro de estudios y experimentación de obras públicas
CENTA	Centro de las nuevas tecnologías del agua
CI	Costo de inversión
COM	Costos de operación y mantenimiento
CT	Costo total
CTAE	Coste total anual equivalente
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DEA	Análisis envolvente de datos
DISA	Dirección de salud Apurímac
DQO	Demanda química de oxígeno
DS	Decreto supremo
ECA	Estándares de calidad ambiental
EDARs	Estación depuradora de aguas residuales
EDARU	Estación depuradora de aguas residuales urbanas
EPSAR	Entidad pública saneamiento aguas
ET	Eficacia total
ETAs	Enfermedades transmitidas por los alimentos
FC	Factor de corrección
Hab	Habitante
HE	Habitante equivalente
IE	Indicador de eficacia
ICA	Indicadores de calidad ambiental
ICE	Indicador de coste eficacia
ICO	Indicadores de contaminación ambiental
INEI	Instituto nacional de estadística e informática
Kg	Kilogramo
L	Litros
LMP	Límites máximos permisibles
m ³	Metros cúbicos
MEF	Ministerio de economía y finanzas
mg/L	Miligramo por litro
MINAM	Ministerio del ambiente

MINSA	Ministerio de Salud
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MON	Materia orgánica natural
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Nitrógeno
NMP/100	Número más probable en 100 ml de agua
No.	Numero
NKT	Nitrógeno kjeldahl total
NT	Nitrógeno total
OD	Oxígeno disuelto
OMS	Organización mundial de la salud
P	Fosforo
PEA	Población económicamente activa
pH	Potencial de hidrogeniones
PIP	Proyecto de inversión publica
Pt	Fosforo total
PTAR	Plantas de tratamiento de aguas residuales
ppm	Partes por millón
Q	Caudal
qA	Carga hidráulica
Qf	Caudal de alimentación
Qr	Caudal de recirculación
r	Tasa de descuento
RNE	Reglamento nacional de edificaciones
S/.	Nuevos soles
Seg	Segundos
SNIP	Sistema nacional de inversión pública
ST	Sólidos totales
SST	Sólidos suspendidos totales
SS	Sólidos en suspensión
SSLM	Sólidos en suspensión del licor de mezcla SSw y SSe
STD	Sólidos totales disueltos

t	Tiempo de vida útil
TFM	Trabajo final de máster
TIR	Tasa interna de retorno
UNI	Universidad nacional de ingeniería
V	Vertido
VAN	Valor actual neto
Θ	Edad del fango
€	Euros

Facultad de Geografía e Historia

Trabajo Fin de Máster

Anexos

**Análisis de la Viabilidad Económica para la Mejora de la Calidad de los
Vertidos Urbanos al Río Chumbao de la Provincia de Andahuaylas,
Región de Apurímac, Perú.**

**Máster Universitario en Gestión de Recursos Hídricos Edición
2013-2014**

Anexo 1: Indicadores Compuestos para Evaluar la Sostenibilidad de EDARs. en Pequeñas Poblaciones.

Dimensión	Indicador	Acrónimo	Dirección	Formula	Unidad
Económico	Costos de inversión	CI1	Negativo	$CI1 = \frac{\text{Costo de Inversión}}{p.e.}$	S/p.e.
	Costos de operación y mantenimiento	COM2	Negativo	$COM2 = \frac{\text{Costos de Operación}}{m^3 \text{ Agua Depurada}}$	S/m ³
Ambiental	Eficiencia de la eliminación de la materia orgánica	EEMO1	Positivo	$EEMO1 = \frac{[COD]_{inf} - [COD]_{eff}}{[COD]_{inf}}$	-
	Eficiencia de la eliminación de los sólidos suspendidos	EESS2	Positivo	$EESS2 = \frac{[SS]_{inf} - [SS]_{eff}}{[SS]_{inf}}$	-
	Eficiencia de la eliminación de nitrógeno	EEN3	Positivo	$EEN3 = \frac{[N]_{inf} - [N]_{eff}}{[N]_{inf}}$	-
	Eficiencia de la eliminación de fosforo	EEF4	Positivo	$EEF4 = \frac{[P]_{inf} - [P]_{eff}}{[P]_{inf}}$	-
	Consumo de energía	CE5	Negativo	$CE5 = \frac{Kwh}{m^3 \text{ Agua Depurada}}$	KWh/m ³
	Superficie del terreno requerido	STR6	Negativo	$STR6 = \frac{m^2 \text{ land}}{p.e.}$	m ² /p.e.
	Producción de lodos de aguas residuales	PLAR7	Negativo	$PLAR7 = \frac{Kg \text{ Fangos}}{m^3 \text{ Agua Depurada}}$	Kg/m ³
	Potencial para la reutilización del agua	PRA8	Positivo	Cualitativo	-
	Potencial para recuperar nutrientes	PRN9	Positivo	Cualitativo	-
	Confiabilidad	C10	Negativo	Cualitativo	-
Social	Olores	O1	Negativo	Cualitativo	-
	Ruidos	R2	Negativo	Cualitativo	-
	Impacto visual	IV3	Negativo	Cualitativo	-
	Aceptación pública	AP4	Positivo	Cualitativo	-
	Complejidad	C5	Negativo	Cualitativo	-

Fuente: Elaboración Propia, Adaptado de (Molinos Senante, 2014).

Anexo 2: Valores de los Indicadores, en Términos Cualitativos y Cuantitativos.

Indicador	Humedales	Lagunaje	Aireación prolongada	Membrana	Biodiscos	Filtro percolados	Reactor Batch
CI1	219	199	239	355	355	347	391
COM2	0,119	0,179	0,203	0,303	0,173	0,18	0,185
EEMO1	0,7	0,75	0,85	0,89	0,8	0,85	0,8
EESS2	0,8	0,7	0,9	0,99	0,85	0,7	0,9
EEN3	0,5	0,3	0,7	0,7	0,5	0,45	0,65
EEF4	0,4	0,55	0,45	0,5	0,2	0,45	0,45
CE5	0,06	0,06	0,5	0,7	0,3	0,3	0,41
STR6	4,5	4	0,52	0,25	0,4	0,35	0,35
PLAR7	1,73	0,85	1,22	0,85	0,85	0,85	0,85
PRA8	Moderado	Bajo	Moderado	Muy alto	Moderado	Moderado	Alto
PRN9	Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Moderado	Moderado	Alto
C10	Moderado	Moderado	Alto	Moderado	Alto	Bajo	Alto
O1	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Bajo
R2	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Moderado	Moderado	Alto
IV3	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Moderado
AP4	Alto	Alto	Moderado	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado
C5	Bajo	Bajo	Alto	Muy alto	Alto	Alto	Moderado

Fuente: Elaboración Propia, Adaptado de (Molinos Senante, 2014).

Anexo 3: Valores para la Conversión de los Indicadores Cualitativos a Cuantitativos.

Criterio cualitativo	Negativo	Positivo
Muy alto	1	9
Alto	3	7
Moderado	5	5
Bajo	7	3
Muy bajo	9	1

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 4: Costes Unitarios Correspondiente a la Alternativa III del Componente

1 (Existencia de Sistemas de Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
1.3	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de aireación prolongada				779045,40		
1.3.1	Trabajos preliminares				336,48		
1.3.1.1	Cartel de obra	Unidad			332,45		
1.3.1.1.1	Oficial	HH	1,60	4,00	6,40		
1.3.1.1.2	Peón	HH	3,20	3,25	10,40		
1.3.1.1.3	Madera de eucalipto de 10" x 2.4 metros	Pies2	5,00	3,13	15,65		
1.3.1.1.4	Gigantografía según requerimiento	Unidad	1,00	300,00	300,00		
1.3.1.1.10					0,00		
1.3.1.2	Trazo y replanteo	M2			4,03		
1.3.1.2.1	Topógrafo	HH	0,50	6,25	3,13		
1.3.1.2.2	Oficial	HH	0,02	4,00	0,06		
1.3.1.2.3	Peón	HH	0,05	3,25	0,16		
1.3.1.2.4	Estacas de madera según requerimiento	Unidad	0,02	0,50	0,01		
1.3.1.2.5	Yeso (bolsas de 25 kg)	Bolsa	0,00	6,00	0,02		
1.3.1.2.6	Pintura esmalte sintético	Galón	0,00	35,00	0,14		
1.3.1.2.7	Herramientas manuales 10% MO	% MO			0,33		
1.3.1.2.8	Teodolito	HM	0,02	6,25	0,10		
1.3.1.2.9	Nivel de ingeniero	HM	0,02	4,50	0,07		
1.3.1.2.15					0,00		
1.3.2	Movimiento de tierras				269,78		
1.3.2.1	Corte y excavación de terreno a nivel de sub base	M3			85,59		
1.3.2.1.1	Oficial	HH	0,02	4,00	0,09		
1.3.2.1.2	Peón	HH	0,14	3,25	0,45		
1.3.2.1.3	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,05		
1.3.2.1.4	Tractor D6D - 140 HP	HM	0,50	170,00	85,00		
1.3.2.1.10					0,00		
1.3.2.2	Nivelación y compactación de sub base	M2			80,64		
1.3.2.2.1	Oficial	HH	0,01	4,00	0,04		
1.3.2.2.2	Peón	HH	0,03	3,25	0,10		
1.3.2.2.3	Agua	M3	0,01	5,00	0,03		
1.3.2.2.4	Regla de madera	Pies2	0,03	5,50	0,17		
1.3.2.2.5	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			0,01		
1.3.2.2.6	Camión cisterna 122 HP	HM	0,01	55,00	0,29		
1.3.2.2.7	Moto niveladora de 125 HP	HM	0,25	160,00	40,00		
1.3.2.2.8	Rodillo liso vibratorio auto 236 - 170 HP 15 - 17 T	HM	0,25	160,00	40,00		
1.3.2.2.15					0,00		
1.3.2.3	Conformación y compactación base granular de 0.10 m	M2			13,15		
1.3.2.3.1	Oficial	HH	0,01	4	0,05		
1.3.2.3.2	Peón	HH	0,05	3,25	0,17		
1.3.2.3.3	Agua	M3	0,03	5	0,15		
1.3.2.3.4	Material de afirmado	M3	0,22	37	8,14		
1.3.2.3.5	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,01		
1.3.2.3.6	Camión cisterna 122 HP	HM	0,01	55	0,37		
1.3.2.3.7	Moto niveladora de 125 HP	HM	0,01	160	2,13		
1.3.2.3.8	Rodillo liso vibratorio auto 236 - 170 HP 15 - 17 T	HM	0,01	160	2,13		
1.3.2.3.10					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007) y (EPSAR, 2013).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
1.3.2.4	Eliminación de material excedente	M3			90,40		
1.3.2.4.1	Operario	HH	0,02	5,5	0,10		
1.3.2.4.2	Peón	HH	0,09	3,25	0,29		
1.3.2.4.3	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,01		
1.3.2.4.4	Camión volquete de 16 m3	HM	0,25	200	50,00		
1.3.2.4.5	Cargador frontal	HM	0,25	160	40,00		
1.3.2.4.10					0,00		
1.3.3	Pretratamiento en la línea de aguas				175137,76		
1.3.3.1	Construcción de pozo de gruesos	M2			508,78		
1.3.3.1.1	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.3.1.2	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.3.1.3	Peón	HH	4,20	3,25	13,65		
1.3.3.1.4	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.3.1.5	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.3.1.6	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	4,00	22,00	88,00		
1.3.3.1.7	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.3.1.8	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			0,83		
1.3.3.1.9	Mezcladora	HM	0,20	15,00	3,00		
1.3.3.1.10	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,20	3,00	0,60		
1.3.3.1.11	Fierro corrugado de 1"	Unidad	3,00	120,00	360,00		
1.3.3.1.15					0,00		
1.3.3.2	Construcción desbaste de gruesos	M2			514,49		
1.3.3.2.1	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.3.2.2	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.3.2.3	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.3.2.4	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.3.2.5	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.3.2.6	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	4,00	22,00	88,00		
1.3.3.2.7	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.3.2.8	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.3.2.9	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.3.2.10	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.3.2.11	Fierro corrugado de 1"	Unidad	3,00	120,00	360,00		
1.3.3.2.15					0,00		
1.3.3.3	Construcción desarenador desengrasador	M2			514,49		
1.3.3.3.1	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.3.3.2	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.3.3.3	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.3.3.4	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.3.3.5	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.3.3.6	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	4,00	22,00	88,00		
1.3.3.3.7	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.3.3.8	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.3.3.9	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.3.3.10	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.3.3.11	Fierro corrugado de 1"	Unidad	3,00	120,00	360,00		
1.3.3.3.15					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007) y (EPSAR, 2013).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
1.3.2.4.60	Equipos en el pretratamiento	Global			173600,00		
1.3.2.4.61	Rejas gruesas (distancia entre barrotes de 5 - 8 cm)	Unidad	2,00	6000,00	12000,00		
1.3.2.4.62	Rejas medianas (distancia entre barrotes de 4 - 6 cm)	Unidad	2,00	6000,00	12000,00		
1.3.2.4.63	Rejas finas (distancia entre barrotes de 2 - 3 cm)	Unidad	2,00	6000,00	12000,00		
1.3.2.4.64	Reja automática A-2	Unidad	2,00	18000,00	36000,00		
1.3.2.4.65	Soplantes	Unidad	6,00	5000,00	30000,00		
1.3.2.4.66	Cintas desengrasadoras	Unidad	2,00	8000,00	16000,00		
1.3.2.4.67	Motor eléctrico de 10 HP	Unidad	2,00	15800,00	31600,00		
1.3.2.4.68	Compresor	Unidad	2,00	12000,00	24000,00		
1.3.2.4.75					0,00		
1.3.2.4.76	Tratamiento primario en la línea de aguas				54820,98		
1.3.2.4.77	Construcción de tanque de homogenización	M2			110,49		
1.3.2.4.78	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.79	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.80	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.81	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.82	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.83	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.84	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.85	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.2.4.86	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.87	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.92					0,00		
1.3.2.4.93	Construcción decantador primario dinámico	M2			110,49		
1.3.2.4.94	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.95	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.96	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.97	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.98	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.99	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.100	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.101	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.2.4.102	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.103	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.108					0,00		
1.3.2.4.109	Equipos en el tratamiento primario	Global			54600,00		
1.3.2.4.110	Brazo mecánico	Unidad	2,00	1500,00	3000,00		
1.3.2.4.111	Motor eléctrico de 10 HP	Unidad	2,00	15800,00	31600,00		
1.3.2.4.112	Conectores y otros	Global	1,00	20000,00	20000,00		
1.3.2.4.120	Tratamiento secundario en la línea de aguas				267043,15		
1.3.2.4.121	Construcción de reactor biológico	M2			111,68		
1.3.2.4.122	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.123	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.124	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.125	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.126	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.127	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.128	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.129	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			2,38		
1.3.2.4.130	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.131	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.136					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007) y (EPSAR, 2013).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
1.3.2.4.137	Construcción de decantador secundario dinámico	M2			110,49		
1.3.2.4.138	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.139	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.140	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.141	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.142	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.143	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.144	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.145	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.2.4.146	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.147	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.152					0,00		
1.3.2.4.153	Sistemas de recirculación	M2			110,49		
1.3.2.4.154	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.155	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.156	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.157	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.158	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.159	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.160	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.161	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.2.4.162	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.163	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.168					0,00		
1.3.2.4.169	Construcción de pozo de clarificación y desinfección	M2			110,49		
1.3.2.4.170	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.171	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.172	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.173	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.174	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.175	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.176	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.177	Herramientas manuales (5% MO)	% MO			1,19		
1.3.2.4.178	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.179	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.185	Equipos en el tratamiento secundario	Global			266600,00		
1.3.2.4.186	Soplantes	Unidad	4,00	2000,00	8000,00		
1.3.2.4.187	Motor eléctrico de 10 HP	Unidad	2,00	15800,00	31600,00		
1.3.2.4.188	Compresor	Unidad	2,00	12000,00	24000,00		
1.3.2.4.189	Brazo mecánico	Unidad	2,00	1500,00	3000,00		
1.3.2.4.190	Tubos y accesorios	Global	1,00	200000,00	200000,00		
1.3.2.4.195					0,00		
1.3.2.4.196	Tratamiento de los fangos				281046,72		
1.3.2.4.197	Construcción de espesador por gravedad	M2			111,68		
1.3.2.4.198	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.199	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.200	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.201	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.202	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.203	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.204	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.205	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			2,38		
1.3.2.4.206	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.207	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.212					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007) y (EPSAR, 2013).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
1.3.2.4.213	Construcción de espesador por flotación	M2			111,68		
1.3.2.4.214	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.215	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.216	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.217	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.218	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.219	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.220	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.221	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			2,38		
1.3.2.4.222	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.223	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.228					0,00		
1.3.2.4.229	Construcción de digestor anaerobio	M2			111,68		
1.3.2.4.230	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.231	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.232	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.233	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.234	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.235	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.236	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.237	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			2,38		
1.3.2.4.238	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.239	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.244					0,00		
1.3.2.4.245	Construcción de pistas de compostaje	M2			111,68		
1.3.2.4.246	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.247	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.248	Peón	HH	6,40	3,25	20,80		
1.3.2.4.249	Arena Gruesa	M3	0,25	80,00	20,00		
1.3.2.4.250	Piedra chancada de 1/2"	M3	0,25	75,00	18,75		
1.3.2.4.251	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	2,00	22,00	44,00		
1.3.2.4.252	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.253	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			2,38		
1.3.2.4.254	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.255	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,10	3,00	0,30		
1.3.2.4.260					0,00		
1.3.2.4.261	Equipos en el tratamiento de fangos	Global			280600,00		
1.3.2.4.262	Soplantes	Unidad	2,00	2000,00	4000,00		
1.3.2.4.263	Motor eléctrico de 10 HP	Unidad	2,00	15800,00	31600,00		
1.3.2.4.264	Compresor	Unidad	2,00	12000,00	24000,00		
1.3.2.4.265	Brazo mecánico	Unidad	2,00	1500,00	3000,00		
1.3.2.4.266	Tubos y accesorios	Global	1,00	200000,00	200000,00		
1.3.2.4.267	Tornillos sin fin	Unidad	2,00	9000,00	18000,00		
1.3.2.4.272	Trabajos finales				390,54		
1.3.2.4.273	Encofrado y desencofrado	M2			39,12		
1.3.2.4.274	Operario	HH	0,57	5,5	3,14		
1.3.2.4.275	Oficial	HH	0,57	4	2,29		
1.3.2.4.276	Peón	HH	2,86	3,25	9,29		
1.3.2.4.277	Alambre negro recocado N° 8	Kg	0,20	6	1,20		
1.3.2.4.278	Clavos con cabeza de 3"	Kg	0,31	6	1,86		
1.3.2.4.279	Madera según requerimiento	Pies2	3,80	5,5	20,90		
1.3.2.4.280	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,44		
1.3.2.4.283					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007) y (EPSAR, 2013).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
1.3.2.4.284	Juntas asfálticas	M2			5,06		
1.3.2.4.285	Oficial	HH	0,13	4	0,53		
1.3.2.4.286	Peón	HH	0,53	3,25	1,73		
1.3.2.4.287	Arena fina	M3	0,01	120	0,60		
1.3.2.4.288	Asfalto según requerimiento	Galón	0,13	16	2,13		
1.3.2.4.289	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,07		
1.3.2.4.294					0,00		
1.3.2.4.295	Tratamiento post vaciado de concreto	M2			0,43		
1.3.2.4.296	Peón	HH	0,05	3,25	0,17		
1.3.2.4.297	Agua	M3	0,05	5	0,25		
1.3.2.4.298	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,0052		
1.3.2.4.305					0		
1.3.2.4.306	Acabado	M2			36,93		
1.3.2.4.307	Operario	HH	0,40	5,50	2,20		
1.3.2.4.308	Oficial	HH	0,20	4,00	0,80		
1.3.2.4.309	Peón	HH	4,00	3,25	13,00		
1.3.2.4.310	Arena Fina	M3	0,10	70,00	7,00		
1.3.2.4.311	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	0,50	22,00	11,00		
1.3.2.4.312	Agua	M3	0,19	5,00	0,95		
1.3.2.4.313	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,48		
1.3.2.4.314	Mezcladora	HM	0,10	15,00	1,50		
1.3.2.4.316					0,00		
1.3.2.4.317	Adquisición de terreno	M2			309,00		
1.3.2.4.318	Compra de terreno	M2	1,00	300,00	300,00		
1.3.2.4.319	Otros (3% de compra de terreno)				9,00		
1.3.2.4.327					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007) y (EPSAR, 2013).

Anexo 5: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III del Componente 2 (Mejora de la Infraestructura de las Redes de Alcantarillado).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado				115,20		
2.1.1	Trazo y replanteo	M2			0,70		
2.1.1.1	Trazo y replanteo alcantarillado	M2			0,70		
2.1.1.1.1	Topógrafo	HH	0,02	6,25	0,10		
2.1.1.1.2	Oficial	HH	0,02	4,00	0,06		
2.1.1.1.3	Peón	HH	0,05	3,25	0,16		
2.1.1.1.4	Estacas de madera según requerimiento	Unidad	0,02	0,50	0,01		
2.1.1.1.5	Yeso (bolsas de 25 kg)	Bolsa	0,00	6,00	0,02		
2.1.1.1.6	Pintura esmalte sintético	Galón	0,00	35,00	0,14		
2.1.1.1.7	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,03		
2.1.1.1.8	Teodolito	HM	0,02	6,25	0,10		
2.1.1.1.9	Nivel de ingeniero	HM	0,02	4,50	0,07		
2.1.1.1.15					0,00		
2.1.2	Movimiento de tierras				30,87		
2.1.2.1	Corte y excavación de terreno a nivel de sub base	M3			4,48		
2.1.2.1.1	Oficial	HH	0,02	4,00	0,09		
2.1.2.1.2	Peón	HH	0,14	3,25	0,45		
2.1.2.1.3	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,05		
2.1.2.1.4	Tractor D6D - 140 HP	HM	0,02	170,00	3,89		
2.1.2.1.10					0,00		
2.1.2.2	Nivelación y compactación de sub base	M2			4,09		
2.1.2.2.1	Oficial	HH	0,01	4,00	0,04		
2.1.2.2.2	Peón	HH	0,03	3,25	0,10		
2.1.2.2.3	Agua	M3	0,01	5,00	0,05		
2.1.2.2.4	Regla de madera	Pies2	0,03	5,50	0,17		
2.1.2.2.5	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,02		
2.1.2.2.6	Camión cisterna 122 HP	HM	0,01	55,00	0,29		
2.1.2.2.7	Motoniveladora de 125 HP	HM	0,01	160,00	1,71		
2.1.2.2.8	Rodillo liso vibratorio autop 236 - 170 HP 15 - 17 T	HM	0,01	160,00	1,71		
2.1.2.2.15					0,00		
2.1.2.3	Conformación y compactación base granular de 0.10 m	M2			13,17		
2.1.2.3.1	Oficial	HH	0,01	4,00	0,05		
2.1.2.3.2	Peón	HH	0,05	3,25	0,17		
2.1.2.3.3	Agua	M3	0,03	5,00	0,15		
2.1.2.3.4	Material de afirmado	M3	0,22	37,00	8,14		
2.1.2.3.5	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,02		
2.1.2.3.6	Camión cisterna 122 HP	HM	0,01	55,00	0,37		
2.1.2.3.7	Motoniveladora de 125 HP	HM	0,01	160,00	2,13		
2.1.2.3.8	Rodillo liso vibratorio autop 236 - 170 HP 15 - 17 T	HM	0,01	160,00	2,13		
2.1.2.3.10					0,00		
2.1.2.4	Eliminación de material excedente	M3			9,14		
2.1.2.4.1	Operario	HH	0,02	5,50	0,10		
2.1.2.4.2	Peón	HH	0,09	3,25	0,29		
2.1.2.4.3	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,04		
2.1.2.4.4	Camión volquete de 16 m3	HM	0,05	110,00	5,87		
2.1.2.4.5	Cargador frontal	HM	0,02	160,00	2,84		
2.1.2.4.10					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (DISA, 2006), (MEF, 2007) y (INEI, 2007).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
2.1.3	Tendido de la red de alcantarillado				83,63		
2.1.3.1	Tendido de red primaria	M			34,74		
2.1.3.1.1	Operario	HH	0,03	5,50	0,17		
2.1.3.1.2	Oficial	HH	0,05	4,00	0,20		
2.1.3.1.3	Peón	HH	0,05	3,25	0,16		
2.1.3.1.4	Arena fina	M3	0,00	80,00	0,16		
2.1.3.1.5	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	0,01	22,00	0,11		
2.1.3.1.6	Agua	M3	0,02	5,00	0,10		
2.1.3.1.7	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,05		
2.1.3.1.8	Mezcladora	HM	0,02	15,00	0,30		
2.1.3.1.9	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,01	3,00	0,03		
2.1.3.1.10	Pegamento PVC	Kg	0,01	25,00	0,13		
2.1.3.1.11	Tubo PVC de desagüe PTM de 500 mm de diámetro	M	0,11	300,00	33,33		
2.1.3.2	Tendido de red secundaria	M			29,18		
2.1.3.2.1	Operario	HH	0,03	5,50	0,17		
2.1.3.2.2	Oficial	HH	0,05	4,00	0,20		
2.1.3.2.3	Peón	HH	0,05	3,25	0,16		
2.1.3.2.4	Arena fina	M3	0,00	80,00	0,16		
2.1.3.2.5	Cemento portland tipo I (42.5 kg)	Bolsa	0,01	22,00	0,11		
2.1.3.2.6	Agua	M3	0,02	5,00	0,10		
2.1.3.2.7	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,05		
2.1.3.2.8	Mezcladora	HM	0,02	15,00	0,30		
2.1.3.2.9	Vibrador de concreto 4 HP 2.40"	HM	0,01	3,00	0,03		
2.1.3.2.10	Pegamento PVC	Kg	0,01	25,00	0,13		
2.1.3.2.11	Tubo PVC de desagüe PTM de 300 mm de diámetro	M	0,11	250,00	27,78		
2.1.3.2.15					0,00		
2.1.3.3	Encofrado y desencofrado	M2			9,98		
2.1.3.3.1	Operario	HH	0,57	5,50	3,14		
2.1.3.3.2	Oficial	HH	0,57	4,00	2,29		
2.1.3.3.3	Peón	HH	0,05	3,25	0,16		
2.1.3.3.4	Alambre negro recocido N° 8	Kg	0,30	6,00	1,80		
2.1.3.3.5	Clavos con cabeza de 3"	Kg	0,31	6,00	1,86		
2.1.3.3.6	Madera según requerimiento	Pies2	0,03	5,50	0,17		
2.1.3.3.7	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,56		
2.1.3.3.15					0,00		
2.1.3.4	Juntas asfálticas	M2			5,22		
2.1.3.4.1	Oficial	HH	0,13	4,00	0,53		
2.1.3.4.2	Peón	HH	0,53	3,25	1,73		
2.1.3.4.3	Arena fina	M3	0,01	120,00	0,60		
2.1.3.4.4	Asfalto según requerimiento	Galón	0,13	16,00	2,13		
2.1.3.4.5	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,23		
2.1.3.4.10					0,00		
2.1.3.5	Tratamiento post vaciado de concreto	M2			0,43		
2.1.3.5.1	Peón	HH	0,05	3,25	0,17		
2.1.3.5.2	Agua	M3	0,05	5,00	0,25		
2.1.3.5.3	Herramientas manuales (3% MO)	% MO			0,01		
2.1.3.6	Nivelación y compactación	M2			4,08		
2.1.3.6.1	Oficial	HH	0,01	4,00	0,04		
2.1.3.6.2	Peón	HH	0,03	3,25	0,10		
2.1.3.6.3	Agua	M3	0,01	5,00	0,05		
2.1.3.6.4	Regla de madera	Pies2	0,03	5,50	0,17		
2.1.3.6.5	Herramientas manuales (10% MO)	% MO			0,01		
2.1.3.6.6	Camión cisterna 122 HP	HM	0,01	55,00	0,29		
2.1.3.6.7	Motoniveladora de 125 HP	HM	0,01	160,00	1,71		
2.1.3.6.8	Rodillo liso vibratorio autop 236 - 170 HP 15 - 17 T	HM	0,01	160,00	1,71		
2.1.3.6.10					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (DISA, 2006), (MEF, 2007) y (INEI, 2007).

Anexo 6: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III del Componente 3, (Buenos Niveles de Educación Sanitaria).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria				9474,23		
3.1.1	Curso de capacitación para la sensibilización de la contaminación ambiental y del agua				4737,11		
3.1.1.1	Materiales	Global			985,00		
3.1.1.1.1	Papel A4 75 GR.	Millar	3,00	25,00	75,00		
3.1.1.1.2	Lapicero	Unidad	2000,00	0,15	300,00		
3.1.1.1.3	Folder	Unidad	2000,00	0,25	500,00		
3.1.1.1.4	Cartulina	Ciento	2,00	20,00	40,00		
3.1.1.1.5	Plumón	Unidad	20,00	2,50	50,00		
3.1.1.1.6	Cinta maskin	Unidad	10,00	2,00	20,00		
3.1.1.1.10					0,00		
3.1.1.2	Movilidad	Global			392,11		
3.1.1.2.1	Pasajes	Global	250,00	1,00	250,00		
3.1.1.2.2	Transporte otros (3% de total 3.1.1)				142,11		
3.1.1.2.10					0,00		
3.1.1.3	Alimentación	Global			1310,00		
3.1.1.3.1	Alimentación capacitadores	Unidad	4,00	15,00	60,00		
3.1.1.3.2	Refrigerios	unidad	2,50	500,00	1250,00		
3.1.1.3.10					0,00		
3.1.1.4	Pago de servicios	Global			2050,00		
3.1.1.4.1	Capacitadores	Global	4,00	400,00	1600,00		
3.1.1.4.2	Alquiler de sistemas audiovisuales	Global	1,00	150,00	150,00		
3.1.1.4.3	Local	Global	1,00	300,00	300,00		
3.1.1.4.10					0,00		
3.1.2	Curso de capacitación en educación sanitaria				4737,11		
3.1.2.1	Materiales	Global			985,00		
3.1.2.1.1	Papel A4 75 GR.	Millar	3,00	25,00	75,00		
3.1.2.1.2	Lapicero	Unidad	2000,00	0,15	300,00		
3.1.2.1.3	Folder	Unidad	2000,00	0,25	500,00		
3.1.2.1.4	Cartulina	Ciento	2,00	20,00	40,00		
3.1.2.1.5	Plumón	Unidad	20,00	2,50	50,00		
3.1.2.1.6	Cinta maskin	Unidad	10,00	2,00	20,00		
3.1.2.1.10					0,00		
3.1.2.2	Movilidad	Global			392,11		
3.1.2.2.1	Pasajes	Global	250,00	1,00	250,00		
3.1.2.2.2	Transporte otros (3% de total 3.1.2)				142,11		
3.1.2.2.10					0,00		
3.1.2.3	Alimentación	Global			1310,00		
3.1.2.3.1	Alimentación capacitadores	Unidad	4,00	15,00	60,00		
3.1.2.3.2	Refrigerios	unidad	2,50	500,00	1250,00		
3.1.2.3.10					0,00		
3.1.2.4	Pago de servicios	Global			2050,00		
3.1.2.4.1	Capacitadores	Global	4,00	400,00	1600,00		
3.1.2.4.2	Alquiler de sistemas audiovisuales	Global	1,00	150,00	150,00		
3.1.2.4.3	Local	Global	1,00	300,00	300,00		
3.1.2.4.10					0,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa	Distrito:		Talavera
Provincia:		Andahuaylas	Tiempo de Ejecución :		1 Año
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua				25123,71
3.2.1	Programa de sensibilización audio visual sobre la importancia de la depuración, reutilización de los recursos hídricos,				25123,71
3.2.1.1	Materiales	Global			320,00
3.2.1.1.1	Papel A4 75 GR.	Millar	3,00	25,00	75,00
3.2.1.1.2	Lapicero tinta seca	Unidad	20,00	1,00	20,00
3.2.1.1.3	Folder	Unidad	10,00	2,50	25,00
3.2.1.1.4	Marcadores	Unidad	10,00	20,00	200,00
3.2.1.1.10					0,00
3.2.1.2	Movilidad	Global			1003,71
3.2.1.2.1	Pasajes	Global	250,00	1,00	250,00
3.2.1.2.2	Transporte otros (3% de total 3.1.2)				753,71
3.2.1.2.10					0,00
3.2.1.3	Alimentación	Global			1250,00
3.2.1.3.1	Refrigerios	unidad	2,50	500,00	1250,00
3.2.1.3.10					0,00
3.2.1.4	Pago de servicios	Global			22550,00
3.2.1.4.1	Permisos	Global	2,00	1000,00	2000,00
3.2.1.4.2	Alquiler de sistemas audiovisuales	Global	1,00	150,00	150,00
3.2.1.4.3	Programa radial	Mes	12,00	800,00	9600,00
3.2.1.4.4	Programa televisivo	Mes	12,00	800,00	9600,00
3.2.1.4.5	Incentivos a invitados	Global	12,00	100,00	1200,00
3.2.1.4.10					0,00

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 7: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III del Componente 4, (Capacidad de Gestión de las Aguas Residuales Urbanas por parte de la Entidad Encargada).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa	Distrito:		Talavera
Provincia:		Andahuaylas	Tiempo de Ejecución :		1 Año
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental				3570,00
4.1.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales				3570,00
4.1.1.1	Convocatoria	Global			1100,00
4.1.1.1.1	Asamblea multisectorial	Global	1,00	300,00	300,00
4.1.1.1.2	Difusión por medios audio visuales	Global	1,00	500,00	500,00
4.1.1.1.3	Servicios de moderador	Unidad	2,00	150,00	300,00
4.1.1.1.10					0,00
4.1.1.2	Constitución formal del ente gestor	Global			1873,00
4.1.1.2.1	Escritura publica	Global	1,00	1500,00	1500,00
4.1.1.2.2	Libro de actas	Unidad	7,00	12,00	84,00
4.1.1.2.3	Cartulina plastificada varios colores	Unidad	50,00	0,50	25,00
4.1.1.2.4	Plumón indeleble N° 123 x 12 Unidades	Unidad	12,00	2,50	30,00
4.1.1.2.5	Cuaderno cuadriculado A-5 de 50 hojas	Unidad	50,00	0,80	40,00
4.1.1.2.6	Papel Craft	Unidad	10,00	0,50	5,00
4.1.1.2.7	Plumones 047	Unidad	12,00	2,50	30,00
4.1.1.2.8	Fotocopias	Unidad	1000,00	0,05	50,00
4.1.1.2.9	Cinta maski de 1 pulgada	Unidad	2,00	2,00	4,00
4.1.1.2.10	Papel A4 75 GR.	Millar	1,00	25,00	25,00
4.1.1.2.11	Lapiceros	Unidad	100,00	0,35	35,00
4.1.1.2.12	Folders manila	Unidad	100,00	0,45	45,00
4.1.1.2.25					0,00
4.1.1.3	Movilidad	Global			597,00
4.1.1.3.1	Movilidad de capacitadores, a los lugares de capacitación	Global	2,00	20,00	40,00
4.1.1.3.2	Material y equipos	Global	1,00	200,00	200,00
4.1.1.3.3	Imprevistos (10% del total)	Global			357,00
4.1.1.3.10					0,00

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa	Distrito:		Talavera
Provincia:		Andahuaylas	Tiempo de Ejecución :		1 Año
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales				9411,76
4.2.1	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad gestora de las aguas residuales				9411,76
4.2.1.1	Capacitación de trabajadores en temas de depuración de aguas residuales	Global			5882,35
4.2.1.1.1	Especialización de trabajadores en temas de depuración de aguas residuales	Global	5,00	1000,00	5000,00
4.2.1.1.2	Otros (15% de 4.2.1.1)	Global			882,35
4.2.1.1.10					0,00
4.2.1.2	Capacitación de trabajadores en temas de reutilización de aguas residuales	Global			3529,41
4.2.1.2.1	Especialización de trabajadores en temas de depuración de aguas residuales	Global	3,00	1000,00	3000,00
4.2.1.2.2	Otros (15% de 4.2.2)	Global			529,41
4.2.1.2.10					0,00

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 8: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III, Gastos de Supervisión.

Ubicación: Localidad de Santa Rosa		Distrito: Talavera			
Provincia: Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.
5	Gastos de supervisión				49883,75
5.1	Gastos de supervisión en la ejecución				49883,75
5.1.1	Materiales	Global			1883,75
5.1.1.1	Combustible	Galón	100,00	14,50	1450,00
5.1.1.2	Papel A4 75 GR.	Millar	0,60	25,00	15,00
5.1.1.3	Plumones gruesos N° 47x10	Caja	0,25	30,00	7,50
5.1.1.4	Plumones Board market N° 52x 6	Estuche	0,25	25,00	6,25
5.1.1.5	Cinta Maskin tape x 2"	Unidad	1,00	2,50	2,50
5.1.1.6	Engrapador mediano	Unidad	1,00	20,00	20,00
5.1.1.7	Grapas	Caja	1,00	3,00	3,00
5.1.1.8	Perforador	Unidad	1,00	20,00	20,00
5.1.1.9	Archivador Palanca Lomo ancho	Unidad	5,00	4,00	20,00
5.1.1.10	Files completos amarillo A 4 x 100	Unidad	10,00	0,50	5,00
5.1.1.11	Goma mediano	Unidad	1,00	5,00	5,00
5.1.1.12	Papel Lustre	Pliego	10,00	0,45	4,50
5.1.1.13	Bolígrafo tinta Liq. G1, azul, negro	Unidad	2,00	3,00	6,00
5.1.1.14	Portaminas 0.50	Unidad	2,00	2,00	4,00
5.1.1.15	Tóner para impresora	Unidad	1,00	225,00	225,00
5.1.1.16	Sellos trodax	Unidad	1,00	15,00	15,00
5.1.1.17	Fotocopias	Unidad	500,00	0,10	50,00
5.1.1.18	Material de limpieza	Global	1,00	25,00	25,00
5.1.1.25					0,00
5.1.2	Gastos de personal	Global			48000,00
5.1.2.1	Supervisor de obra	Mes	12,00	4000,00	48000,00
5.1.2.10					0,00

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 9: Costes Unitarios Correspondiente a la alternativa III Gastos Generales.

Ubicación:		Localidad de Santa Rosa		Distrito:		Talavera	
Provincia:		Andahuaylas		Tiempo de Ejecución :		1 Año	
Partida Específica	Rubros	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Total S/.		
6	Gastos generales				172846,75		
6.1	Gastos generales en la ejecución				172846,75		
6.1.1	Servicios	Global			35900,00		
6.1.1.1	Pago de Servicios de agua	Mes	12,00	150,00	1800,00		
6.1.1.2	Pago de Servicios de luz	Mes	12,00	200,00	2400,00		
6.1.1.3	Pago de servicio de telefonía e internet	Mes	12,00	200,00	2400,00		
6.1.1.4	Pago de servicios de correo	Global	1,00	500,00	500,00		
6.1.1.5	Servicio de guardiana	Mes	36,00	800,00	28800,00		
6.1.1.10					0,00		
6.1.2	Materiales	Global			10946,75		
6.1.2.1	Combustible	Galón	600,00	14,50	8700,00		
6.1.2.2	Papel A4 75 GR.	Millar	10,00	25,00	250,00		
6.1.2.3	Plumones gruesos N° 47x10	Caja	2,00	30,00	60,00		
6.1.2.4	Plumones board market N° 52x 6	Estuche	2,00	25,00	50,00		
6.1.2.5	Cinta Maskin tape x 2"	Unidad	10,00	2,50	25,00		
6.1.2.6	Engrapador mediano	Unidad	2,00	20,00	40,00		
6.1.2.7	Grapas	Caja	3,00	3,00	9,00		
6.1.2.8	Perforador	Unidad	1,00	20,00	20,00		
6.1.2.9	Archivador palanca lomo ancho	Unidad	10,00	4,00	40,00		
6.1.2.10	Files completos amarillo A 4 x 100	Unidad	50,00	0,50	25,00		
6.1.2.11	Goma mediano	Unidad	1,00	5,00	5,00		
6.1.2.12	Papel lustre	Pliego	15,00	0,45	6,75		
6.1.2.13	Bolígrafo tinta Liq. G1, azul, negro	Unidad	10,00	3,00	30,00		
6.1.2.14	Portaminas 0.50	Unidad	3,00	2,00	6,00		
6.1.2.15	Tóner para impresora	Unidad	5,00	225,00	1125,00		
6.1.2.16	Sellos trodax	Unidad	3,00	15,00	45,00		
6.1.2.17	Fotocopias	Unidad	5000,00	0,05	250,00		
6.1.2.18	Material de limpieza	Global	1,00	200,00	200,00		
6.1.2.19	Cuaderno de obra	Unidad	4,00	15,00	60,00		
6.1.2.25					0,00		
6.1.3	Gastos de personal	Global			126000,00		
6.1.3.1	Residente de obra	Mes	12,00	5000,00	60000,00		
6.1.3.2	Asistente administrativo	Mes	12,00	2500,00	30000,00		
6.1.3.10	Asistente técnico	Mes	12,00	3000,00	36000,00		

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados a Partir de (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 10: Costos de la Inversión Total a Precios Privados y Sociales Alternativa I.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS S/.	FC	TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas				26638317,78		22385140,99
1.1	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de fangos activados	GLOBAL	2	13319158,89	26638317,78	0,84	22385140,99
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado				1039364,98		901753,06
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado	GLOBAL	2	519682,49	1039364,98	0,87	901753,06
III.	Buenos niveles de educación sanitaria				34597,94		31452,67
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria	GLOBAL	1	9474,23	9474,23	0,91	8612,93
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua	GLOBAL	1	25123,71	25123,71	0,91	22839,74
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada				12981,76		11034,50
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental	GLOBAL	1	3570,00	3570,00	0,85	3034,50
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales	GLOBAL	1	9411,76	9411,76	0,85	8000,00
A.	TOTAL COTO DIRECTO (I+II+III+IV)				27725262,46		23329381,22
V.	Gastos de supervisión	GLOBAL	1	49883,75	49883,75	0,84	41919,12
VI.	Gastos generales	GLOBAL	1	172846,75	172846,75	0,84	145249,37
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	GLOBAL	1	282302,96	282302,96	0,85	239957,52
B.	TOTAL COSTO INDIRECTO (V+VI+VII)				505033,46		427126,00
TOTAL INVERSION ALTERNATIVA I (A+B)					28230295,92		23756507,22

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 11: Costos de Operación y Mantenimiento por Año a Precios Privados y Sociales Alternativa I.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS S/.	FC	TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
1	Total costes de operación y mantenimiento				4666466,10		3950744,07
1.1	Total costes de operación				3850448,78		3251127,73
1.1.1	Costes de energía	Global	7065396,25	0,19	1356556,08	0,84	1139914,07
1.1.2	Costes de personal	Global	7065396,25	0,23	1627867,30	0,85	1383687,20
1.1.3	Costes de reactivos	Global	7065396,25	0,08	542622,43	0,87	470779,22
1.1.4	Costes de residuos	Global	7065396,25	0,04	271311,22	0,87	235389,61
1.1.5	Otros costes de operación	Global	7065396,25	0,01	52091,75	0,41	21357,62
1.2	Total costes de mantenimiento				816017,32		699616,34
1.2.1	Costes de mantenimiento	Global	7065396,25	0,08	542622,43	0,87	470779,22
1.2.2	Costes varios	Global	7065396,25	0,04	271311,22	0,84	227982,81
1.2.3	Otros costes de mantenimiento	Global	7065396,25	0,00	2083,67	0,41	854,30

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (MEF, 2012) y (MEF, 2003).

Anexo 12: Costos de la Inversión Total a Precios Privados y Sociales Alternativa II.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS S/.	FC	TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas				37469764,89		31487197,38
1.2	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de fangos activados con eliminación de nutrientes	GLOBAL	1	37469764,89	37469764,89	0,84	31487197,38
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado				1039364,98		901753,06
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado	GLOBAL	2	519682,49	1039364,98	0,87	901753,06
III.	Buenos niveles de educación sanitaria				34597,94		31452,67
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria	GLOBAL	1	9474,23	9474,23	0,91	8612,93
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua	GLOBAL	1	25123,71	25123,71	0,91	22839,74
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada				12981,76		11034,50
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental	GLOBAL	1	3570,00	3570,00	0,85	3034,50
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales	GLOBAL	1	9411,76	9411,76	0,85	8000,00
A.	TOTAL COTO DIRECTO (I+II+III+IV)				38556709,57		32431437,61
V.	Gastos de supervisión	GLOBAL	1	49883,75	49883,75	0,84	41919,12
VI.	Gastos generales	GLOBAL	1	172846,75	172846,75	0,84	145249,37
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	GLOBAL	1	391711,52	391711,52	0,85	332954,79
B.	TOTAL COSTO INDIRECTO (V+VI+VII)				614442,02		520123,28
TOTAL INVERSION ALTERNATIVA II (A+B)					39171151,59		32951560,89

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 13: Costos de Operación y Mantenimiento por Año a Precios Privados y Sociales Alternativa II.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS S/.	FC	TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
1	Total costes de operación y mantenimiento				7130145,58		6034756,71
1.1	Total costes de operación				6041775,21		5099323,61
1.1.1	Costes de energía	Global	7065396,25	0,2688	1899178,51	0,84	1595879,70
1.1.2	Costes de personal	Global	7065396,25	0,4608	3255734,59	0,85	2767374,40
1.1.3	Costes de reactivos	Global	7065396,25	0,0384	271311,22	0,87	235389,61
1.1.4	Costes de residuos	Global	7065396,25	0,0768	542622,43	0,87	470779,22
1.1.5	Otros costes de operación	Global	7065396,25	0,010	72928,45	0,41	29900,67
1.2	Total costes de mantenimiento				1088370,37		935433,10
1.2.1	Costes de mantenimiento	Global	7065396,25	0,1152	813933,65	0,87	706168,83
1.2.2	Costes varios	Global	7065396,25	0,0384	271311,22	0,84	227982,81
1.2.3	Otros costes de mantenimiento	Global	7065396,25	0,00044237	3125,51	0,41	1281,46

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (MEF, 2012) y (MEF, 2003).

Anexo 14: Costos de la Inversión Total a Precios Privados y Sociales Alternativa III.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTI DAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL A PRECIOS PRIVADOS S/.	FC	TOTAL A PRECIOS SOCIALES S/.
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas				30114861,33		25306606,16
1.3	Construcción de un sistema de depuración de aguas residuales con tecnología de aireación prolongada	GLOBAL	1	30114861,33	30114861,33	0,84	25306606,16
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado				1039364,98		901753,06
2.1	Reforma y ampliación de las redes de alcantarillado	GLOBAL	2	519682,49	1039364,98	0,87	901753,06
III.	Buenos niveles de educación sanitaria				34597,94		31452,67
3.1	Fortalecimiento de capacidades a la población en educación sanitaria	GLOBAL	1	9474,23	9474,23	0,91	8612,93
3.2	Fortalecimiento de capacidades sobre el valor del agua y fomentar la nueva cultura del agua	GLOBAL	1	25123,71	25123,71	0,91	22839,74
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada				12981,76		11034,50
4.1	Conformación de un ente para la adecuada gestión y regulación de las aguas residuales con capacidad técnica, económica con responsabilidad social y ambiental	GLOBAL	1	3570,00	3570,00	0,85	3034,50
4.2	Fortalecimiento de capacidades a los trabajadores de la entidad encargada de la gestión de las aguas residuales	GLOBAL	1	9411,76	9411,76	0,85	8000,00
A.	TOTAL COTO DIRECTO (I+II+III+IV)				31201806,02		26250846,39
V.	Gastos de supervisión	GLOBAL	1	49883,75	49883,75	0,84	41919,12
VI.	Gastos generales	GLOBAL	1	172846,75	172846,75	0,84	145249,37
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	GLOBAL	1	317419,56	317419,56	0,85	269806,63
B.	TOTAL COSTO INDIRECTO (V+VI+VII)				540150,06		456975,11
	TOTAL INVERSION ALTERNATIVA III (A+B)				31741956,08		26707821,51

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (DISA, 2006), (MEF, 2012), (MEF, 2003) y (Arrojo, 2010).

Anexo 15: Costos de Operación y Mantenimiento por Año a Precios Privados y Sociales Alternativa III.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL S/.	FC	TOTAL S/.
1	Total costes de operación y mantenimiento				6315170,09		5335079,16
1.1	Total costes de operación				5227841,56		4407480,01
1.1.1	Costes de energía	Global	7065396,25	0,27	1899178,51	0,84	1595879,70
1.1.2	Costes de personal	Global	7065396,25	0,35	2441800,94	0,85	2075530,80
1.1.3	Costes de reactivos	Global	7065396,25	0,04	271311,22	0,87	235389,61
1.1.4	Costes de residuos	Global	7065396,25	0,08	542622,43	0,87	470779,22
1.1.5	Otros costes de operación	Global	7065396,25	0,01	72928,45	0,41	29900,67
1.2	Total costes de mantenimiento				1087328,53		927599,16
1.2.1	Costes de mantenimiento	Global	7065396,25	0,08	542622,43	0,87	470779,22
1.2.2	Costes varios	Global	7065396,25	0,08	542622,43	0,84	455965,63
1.2.3	Otros costes de mantenimiento	Global	7065396,25	0,00	2083,67	0,41	854,30

Fuente: Elaboración Propia, Datos Adaptados de (Rodríguez Val, 2009), (CADAGUA, 2008), (EPSAR, 2014), (MEF, 2007), (EPSAR, 2013), (MEF, 2007), (MEF, 2012) y (MEF, 2003).

Anexo 16: Flujo de Costos a Precios Privados para la Alternativa I.

ITEM	DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	INVERSION	28230296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas	26638318															
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado	1039365															
III.	Buenos niveles de educación sanitaria	34598															
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada	12982															
V.	Gastos de supervisión	49884															
VI.	Gastos generales	172847															
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	282303															
B	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466
a	OPERACIÓN	0	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449	3850449
b	MANTENIMIENTO	0	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017	816017
FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA I A PRECIOS PRIVADOS (A+B)		28230296	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466	4666466

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento a Precios Privados de la Alternativa I, Anexos 10 y 11.

Anexo 17: Flujo de Costos a Precios Públicos para la Alternativa I.

ITEM	DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	INVERSION	23756507	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas	22385141															
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado	901753															
III.	Buenos niveles de educación sanitaria	31453															
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada	11035															
V.	Gastos de supervisión	41919															
VI.	Gastos generales	145249															
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	239958															
B	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744
a	OPERACIÓN	0	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128	3251128
b	MANTENIMIENTO	0	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616	699616
FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA I A PRECIOS SOCIALES (A+B)		23756507	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744	3950744

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento a Precios Privados de la Alternativa I, Anexos 10 y 11.

Anexo 18: Flujo de Costos a Precio Privados para la Alternativa II.

ITEM	DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	INVERSION	39171152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas	37469765															
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado	1039365															
III.	Buenos niveles de educación sanitaria	34598															
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada	12982															
V.	Gastos de supervisión	49884															
VI.	Gastos generales	172847															
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	391712															
B	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146
a	OPERACIÓN	0	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775	6041775
b	MANTENIMIENTO	0	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370	1088370
FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA II A PRECIOS PRIVADOS (A+B)		39171152	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146	7130146

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento a Precios Privados de la Alternativa II, Anexos 12 y 13.

Anexo 19: Flujo de Costos a Precios Públicos para la Alternativa II.

ITEM	DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	INVERSION	32951561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas	31487197															
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado	901753															
III.	Buenos niveles de educación sanitaria	31453															
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada	11035															
V.	Gastos de supervisión	41919															
VI.	Gastos generales	145249															
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	332955															
B	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757
a	OPERACIÓN	0	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324	5099324
b	MANTENIMIENTO	0	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433	935433
FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA II A PRECIOS SOCIALES (A+B)		32951561	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757	6034757

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento a Precios Públicos de la Alternativa II, Anexos 12 y 13.

Anexo 20: Flujo de Costos a Precio Privados para la Alternativa III.

ITEM	DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	INVERSION	31741956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas	30114861															
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado	1039365															
III.	Buenos niveles de educación sanitaria	34598															
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada	12982															
V.	Gastos de supervisión	49884															
VI.	Gastos generales	172847															
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	317420															
B	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170
a	OPERACIÓN	0	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842	5227842
b	MANTENIMIENTO	0	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329	1087329
FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA II A PRECIOS PRIVADOS (A+B)		31741956	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170	6315170

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento a Precios Privados de la Alternativa III, Anexos 14 y 15.

Anexo 21: Flujo de Costos a Precios Públicos para la Alternativa III.

ITEM	DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	INVERSION	26707822	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I.	Existencia de sistemas de tratamiento de las aguas residuales urbanas	25306606															
II.	Mejora de la infraestructura de las redes de alcantarillado	901753															
III.	Buenos niveles de educación sanitaria	31453															
IV.	Capacidad de gestión de las aguas residuales urbanas por parte de la entidad encargada	11035															
V.	Gastos de supervisión	41919															
VI.	Gastos generales	145249															
VII.	Expediente técnico (1% del costo total de inversión)	269807															
B	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	0	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079
a	OPERACIÓN	0	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480	4407480
b	MANTENIMIENTO	0	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599	927599
FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA II A PRECIOS SOCIALES (A+B)		26707822	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079	5335079

Fuente: Elaboración Propia a partir de Datos de Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento a Precios Públicos de la Alternativa III, Anexos 14 y 15.

Anexo 22: Parámetros de Costos Per cápita para Proyectos de Saneamiento, en el Área Urbana.

Componente	Costo per cápita (US\$/Hab.)
Ampliación del servicio de agua potable (costo total)	297
Ampliación de redes y conexiones de agua potable, sin incluir obras primarias	183
Ampliación del servicio de alcantarillado (costo total)	282
Ampliación de redes y conexiones alcantarillado, sin incluir obras primarias	224
Ampliación tratamiento de aguas servidas	109
Rehabilitación sistema agua potable	38
Rehabilitación sistema alcantarillado	15
Costo de pileta	50
Rehabilitación de los servicios de tratamiento de aguas servidas	17
Costo promedio por medidor instalado (incluye caja y accesorios)	75

Fuente: (MEF, 2012), del Anexo SNIP, No. 9.

Nota: La estimación de costes fue realizada en el año 2009. Estos costos per cápita no son líneas de corte, sino son parámetros utilizados para la formulación del PIP y corresponde solo a costos de inversión (no incluyen los costos de operación y mantenimiento) asimismo no incluye las medidas de reducción de riesgos ni mitigación ambiental.