

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN
ECOSISTEMAS, PARA LA RECUPERACIÓN DE SUS SERVICIOS EN
EL INVIERTE.PE”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE ECONOMISTA**

ROBERTO JACQUOU LUNA ASTORGA

LIMA - PERÚ

2021

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN
ECOSISTEMAS, PARA LA RECUPERACIÓN DE SUS SERVICIOS EN
EL INVIERTE.PE”**

PRESENTADO POR

ROBERTO JACQUOU LUNA ASTORGA

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE ECONOMISTA**

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO

.....
Mg. Sc. Agapito Linares Salas

Presidente

.....
Dr. Luis Alberto Jiménez Díaz

Asesor

.....
Dr. Carlos Enrique Orihuela Romero

Miembro

.....
Mg. Sc. Miguel Ángel La Rosa Salazar

Miembro

Lima-Perú
2021

DEDICATORIA

A mis padres Hugo y Ellynor por sus enseñanzas, dedicación y esfuerzo para que sea mejor cada día, a mis hermanos Hugo y Daniella por su cariño y apoyo incondicional, a mis abuelos Tiburcio, Imelda, Olga y Nicanor que en paz descansan, a Diana Díaz y su hija Angelita que son parte de mi familia y a mis amigas Fressia Medina y Cindy Ramos por brindarme su amistad.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Luis Alberto Jiménez Díaz, por su gran apoyo en todo este proceso para obtener el título profesional. A los miembros del jurado Dr. Carlos Enrique Orihuela Romero, Mg.Sc. Agapito Linares Salas y Mg.Sc. Miguel Ángel La Rosa Salazar, por el tiempo dedicado al presente trabajo monográfico.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Problemática.....	14
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivo específico.....	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. El mercado.....	17
2.2. Fallas en el mercado	18
2.2.1. Las externalidades	18
2.2.2. Los bienes públicos	18
2.3. La tragedia de los bienes comunes	18
2.4. Tipología de proyecto del sector ambiente	20
2.5. Análisis de la unidad productora de servicio (UP).....	20
2.5.1. Los ecosistemas como UP en los proyectos públicos	20
2.5.2. Los servicios ecosistémicos	21
2.5.3. Servicio ecosistémico de regulación hídrica	22
2.6. Evaluación social del proyecto.....	24
2.6.1. Los beneficios sociales de un PIP	24
2.6.2. Los costos sociales de un PIP	25
2.6.3. Estimación de los indicadores de rentabilidad social.....	27
2.7. Antecedentes	28
2.7.1. Institucionalidad	28
2.7.2. Proyectos de inversión pública ambiental	28
2.7.3. Antecedentes de PIP en recuperación de SERH	29

2.7.4. Identificación del área de estudio.....	32
III. MARCO METODOLÓGICO	34
3.1. Delimitación temporal y ámbito geográfico.....	34
3.2. La naturaleza del estudio.....	40
3.3. Elaboración de información estadística.....	41
3.4. Recolección de información.....	41
3.4.1. Información primaria.....	41
3.4.2. Información secundaria	41
3.5. Procedimiento para el logro de objetivos	41
3.5.1. Análisis del Servicio ecosistémico de regulación hídrica desde una perspectiva de mercado	41
3.5.2. Diagnóstico de la UP del servicio ecosistémico de regulación hídrica.....	41
3.5.3. Análisis de la brecha oferta-demanda	42
3.5.4. Estimación de los costos sociales e indicadores de rentabilidad social	45
3.6. Análisis de datos.....	49
3.6.1. Variables de estudio	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	51
4.1. Resultados obtenidos.....	51
4.1.1. Análisis de la brecha oferta-demanda	51
4.1.2. Acciones y áreas de intervención para la recuperación del SERH	52
4.1.3. Estimación del índice de eficacia (IE).....	56
4.1.4. Costo de inversión a precios de mercado	57
4.2. Evaluación social de la inversión	57
4.2.1. Beneficios sociales de la inversión.....	57
4.2.2. Costos a precios sociales	57
4.2.3. Estimación de los indicadores de rentabilidad social.....	58

4.2.4. Análisis para la selección de alternativa y la viabilidad del PIP	60
4.3. Discusión de los resultados	61
4.3.2. Sobre la estimación de la oferta y demanda	62
4.3.3. Sobre el índice de eficacia.....	62
4.3.4. Sobre el indicador para la evaluación de PIP	62
4.3.5. Acciones a implementar con el PIP.....	63
4.3.6. Comparación de resultados con otro PIP	63
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1. Conclusiones	64
5.2. . Recomendaciones.....	65
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Bienes y servicios de la tipología ecosistemas.....	20
Tabla 2: Tipos de ecosistemas - región andina	21
Tabla 3: Valor de indicadores en áreas de referencia y transectas de validación de bofedales de la Microcuenca de Chanicocha	36
Tabla 4: Valor de indicadores en áreas de referencia y transectas de validación de césped de puna, ajonal y tolar de la Microcuenca de Chanicocha.....	37
Tabla 5: Estado de conservación de la cobertura vegetal de la microcuenca Chanicocha.....	38
Tabla 6: Coeficientes de ecosistemas con y sin proyecto (Kv).....	44
Tabla 7: Coeficientes de pendientes (Kp).....	44
Tabla 8: Coeficiente de tipo de suelo o permeabilidad (Ks).....	45
Tabla 9: Horizonte de evaluación para PIP de tipología ecosistemas.....	46
Tabla 10: Factor de corrección para mano de obra.....	48
Tabla 11: Variables de entrada y salida	50
Tabla 12: Brecha oferta-demanda calculado con el método RAS para la microcuenca Chanicocha	52
Tabla 13: Áreas totales de ecosistema en la microcuenca Chanicocha y áreas de intervención con el PIP que generan recarga hídrica	53
Tabla 14: Acciones para la recuperación del SERH	55
Tabla 15: Estimación del índice de eficacia.....	56
Tabla 16: Beneficios sociales cualitativos	57
Tabla 17: Transformación de precio de mercado a precios sociales.....	58
Tabla 18: Flujo de caja e indicadores de rentabilidad social alternativa 1.....	59
Tabla 19: Flujo de caja e indicadores de rentabilidad social alternativa 2.....	60
Tabla 20: Análisis de la selección de la alternativa	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de Regulación Hídrica a nivel de Cuenca	22
Figura 2: Relación entre la precipitación y el escurrimiento total	23
Figura 3: Aumento de la demanda en un mercado con distorsiones	27
Figura 4: Esquema conceptual costo beneficio con costo efectividad	28
Figura 5: Mapa de ubicación geográfica de la microcuenca Chanicocha en la cuenca del río Rímac	34
Figura 6: Localización política del estudio	35
Figura 7: Cobertura vegetal en la microcuenca Chanicocha.	36
Figura 8: Mapa de precipitación y temperatura isoyectas	38
Figura 9: Tenencia de animales de crianza en el tiempo.....	40
Figura 10: Áreas de intervención	54

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Balance oferta y demanda de fuentes actuales y proyectadas para Lima y Callao en época de estiaje.....	70
ANEXO 2: Procesos, Subprocesos, Factores de Producción y Parámetros.....	73
ANEXO 4: Precipitación, temperatura y caudal promedio 1986-2016	74
ANEXO 5: Método RAS.....	75
ANEXO 6: Costo directo por acción de la alternativa 1 y 2.	86
ANEXO 7: Costos de O&M de precios de mercado a precios sociales.....	90
ANEXO 8: Principales indicadores de los PIP similares o de referencia	94

RESUMEN

En el presente estudio se evalúa económicamente un proyecto de inversión para la recuperación del SERH de la microcuenca Chanicocha, para determinar su viabilidad y asegurar la provisión de agua en época de estiaje que capta SEDAPAL, para ofertarla a la ciudad de Lima Metropolitana. Determinando una metodología que permite identificar el estado de conservación del ecosistema clasificado en 5 niveles (muy bueno, bueno, regular, pobre y muy pobre), los niveles de la prestación del SERH actuales con su demanda, calculados con el método RAS, y las alternativas que den solución al problema de degradación, seleccionando una de esta a través de su indicador costo-eficacia. El resultado obtenido muestra a los ecosistemas con signos de degradación, con más del 60% de la cobertura vegetal de regular a pobre, y produciendo una recarga hídrica actual de 123,193.95 m³/año con tendencia a disminuir en el tiempo. Las dos alternativas plantean diversas acciones para recuperar los ecosistemas, con montos de inversión de S/ 2'834,277.99 y S/ 2'913,383.5, obteniéndose en ambas una recarga hídrica similar que es de 128,371.11 m³/año. El indicador para determinar la alternativa viable es el menor costo social por cada m³ de agua producida por el proyecto en un periodo de 20 años, resultando para cada una 15.98 S//m³ y 16.16 S//m³ seleccionándose el primero.

Palabras clave: indicador de eficacia, servicio ecosistema hídrico, degradación de ecosistema, brecha de oferta y demanda hídrica.

ABSTRACT

In this study, an investment project for the recovery of the SERH of the Chanicocha micro-basin is economically evaluated, to determine its viability and ensure the provision of water in the dry season that SEDAPAL captures, to offer it to the city of Metropolitan Lima. Determining a methodology that allows to identify the conservation status of the ecosystem classified in 5 levels (very good, good, fair, poor and very poor), the current levels of the provision of the SERH with its demand, calculated with the RAS method, and the alternatives that provide a solution to the degradation problem, selecting one of this through its cost-effectiveness indicator. The result obtained shows the ecosystems with signs of degradation, with more than 60% of the vegetation cover from fair to poor, and producing a current water recharge of 123,193.95 m³ / year with a tendency to decrease over time. The two alternatives propose various actions to recover ecosystems, with investment amounts of S /. 2'834,277.99 and S /. 2'913,383.5, obtaining in both a similar water recharge that is 128,371.11 m³ / year. The indicator to determine the viable alternative is the lowest social cost for each m³ of water produced by the project in a period of 20 years, resulting for each one 15.98 S ./ m³ and 16.16 S ./ m³, selecting the first.

Keywords: efficiency indicator, water ecosystem service, ecosystem degradation, water supply and demand gap.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

Las actividades agropecuarias que se desarrollan en las localidades rurales en el Perú pueden generar impactos sobre los ecosistemas, debido a la presión que ejercen sobre los recursos naturales de su entorno como el agua, el suelo y la vegetación. El bajo nivel tecnológico que utilizan en la producción, debido a los bajos ingresos que perciben, imposibilitan a mejorar la productividad y maximizar beneficios, lo cual los lleva a explotar más áreas disponibles para aumentar la producción y mejorar sus ingresos. Esta situación afecta la capacidad de producir los servicios ecosistémicos, perjudicando, no solo a las personas beneficiadas por la explotación del recurso, sino también a los que habitan otras zonas geográficas que gozan y demandan también dichos servicios. Un ejemplo en particular que grafica esta situación es el servicio de regulación hídrica, cuyo proceso productivo se basa en captar el agua del ambiente, a través de la vegetación, para que luego se infiltre en el subsuelo, y escurra lentamente, y posteriormente, aporte a los lagos, lagunas y caudales de los ríos en época de estiaje, beneficiando a poblaciones asentadas en la cuenca abajo. Este caso podemos observarlo en la microcuenca Chanicocha que forma parte de la cuenca del río Rímac, y esta a su vez es la principal fuente de abastecimiento de agua a la ciudad de Lima Metropolitana.

La microcuenca Chanicocha, está ubicada en el distrito de San Pedro de Casta, de la Provincia de Huarochirí, de la región Lima, cuya extensión territorial pertenece a la comunidad campesina San Pedro de Casta, la cual la utiliza como zona de pastoreo para la ganadería con la crianza de animales vacuno, equino, caprinos y ovino.

La actividad pecuaria en la comunidad no se desarrolla de manera conjunta, sino individual, cada familia tiene su propio ganado y las áreas de pastoreo no han sido parceladas y repartidas entre sus miembros, otorgándoles de cierta manera derechos de propiedad, sino por lo contrario todas las zonas son de uso común. Debido a la característica del pastizal se considera un bien público.

En las últimas cuatro décadas la composición de ganado ha variado, aumentando principalmente la crianza de animales vacuno, y debido a su gran tamaño, generan una mayor presión a los pastizales, por el incremento del consumo y del peso que soporta el suelo, causando erosión.

La cantidad de animales que puede tener cada comunero no es regulada, por lo que en la búsqueda de maximizar su rentabilidad el ganadero tiene los incentivos suficientes para aumentar su ganado, sin considerar las decisiones, la necesidad o la cantidad de uso que hacen de los pastizales los demás productores. Esta forma individualista de pensar y actuar causa la degradación del ecosistema en la microcuenca.

El daño al componente vegetativo de los ecosistemas de interés hídrico de la microcuenca debido a la ganadería, ocasiona un impacto al servicio de regulación hídrica, reduciendo su aporte al caudal de la cuenca del río Rímac, y afectando el abastecimiento de agua a la capital del país, en época de estiaje. Este impacto es una externalidad negativa de la producción.

La ciudad de Lima se abastece de agua de otras dos cuencas hidrográficas, que son: El río Chillón, río Lurín, pero en el río Rímac se ubica la mayor infraestructura hidráulica para la captación, almacenamiento, procesamiento y distribución del recurso hídrico, administrado por la empresa estatal Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL).

Según el plan maestro para los años 2020-2025 de SEDAPAL, el balance de oferta y demanda de agua en época de estiaje muestra un déficit para los años del 2019 al 2023. Los otros años se muestra un superávit generado por una mayor infraestructura hidráulica instalada.

SEDAPAL, sabiendo que esta realidad ocurre en otras partes de la cuenca, e intentando revertir esta situación, realiza inversiones en el marco del invierte.pe con la finalidad de recuperar y conservar los ecosistemas de interés hídrico y asegurar el abastecimiento de agua en época de estiaje a la ciudad de Lima Metropolitana.

Como institución pública SEDAPAL, puede utilizar sus recursos para intervenir en zonas que es necesario recuperar y conservar los ecosistemas de interés hídrico de las cuencas que lo abastecen, pero siempre y cuando sea a través del sistema de inversiones del estado que es el invierte.pe.

AQUAFONDO es una organización sin fines de lucro de iniciativa de empresas privadas, cuyo propósito es ser el Fondo de Agua para Lima y Callao. Su misión es: “Contribuir a la seguridad hídrica de Lima, a través de la promoción de inversiones sostenibles en servicios ecosistémicos y la incidencia en políticas públicas, en alianza con actores públicos y privados y con el soporte de la investigación científica”. Identificando como problema principal la degradación de los ecosistemas en las zonas de recarga hídrica de las partes media y alta de las cuencas de los ríos

Rímac y Lurín, generalmente causadas por las actividades de la población local. En este marco apoya a SEDAPAL solicitando un proyecto de inversión pública (PIP) para la recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica (SERH) producido en la microcuenca Chanicocha.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar la evaluación económica de un proyecto de inversión para la recuperación del SERH en la microcuenca Chanicocha, perteneciente a la cuenca del río Rímac, con la finalidad de determinar la viabilidad de la intervención, para asegurar la provisión de agua captada por SEDAPAL, en el marco invierte.pe.

1.2.2. Objetivo específico

- Evaluar el estado de conservación de la UP, analizando el comportamiento de la oferta y demanda del SERH, con la finalidad de definir alternativas de recuperación de los ecosistemas de interés hídrico, con sus respectivos montos de inversión y su contribución al cierre de brecha.
- Determinar los beneficios y los indicadores de evaluación económica para cada alternativa planteada bajo la metodología costo-eficacia, con la finalidad de seleccionar la que resulte socialmente más rentable para su ejecución.

II. MARCO TEÓRICO

Se tomara como base La Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión (Guía ex-antes del Invierte.pe), los Lineamientos para la Formulación de los Proyectos de Inversión en las Tipologías Ecosistemas, Especies y Apoyo al uso Sostenible de la Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, 2019 (MINAM, 2019), y la Ficha Técnica Simplificada de Proyectos de Inversión - Recuperación del Servicio Ecosistémico de Regulación Hídrica de Resolución Ministerial N° 066-2020-MINAM, 2020 (MINAM, 2020).

El caso de estudio es sobre la recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica en la microcuenca Chanicocha, de la cuenca del río Rímac, y el área de influencia referencial es la ciudad de Lima Metropolitana.

2.1. El mercado

Es un sistema donde se asignan cantidades de bienes y servicios por una compensación monetaria. Es un proceso de coordinación de los deseos y limitaciones de los agentes que resulta en la asignación de recursos (Labandeira et al., 2007).

El resultado obtenido en un mercado competitivo se considera óptimo en el sentido de Pareto. Este resultado se da cuando no es posible mejorar el bienestar de un individuo sin empeorar la situación de otro. (Varian, 2009). Esto se basa en los dos teoremas de la economía del bienestar:

- **El Primer teorema del bienestar** nos dice que, en una economía competitiva, el equilibrio del mercado es un óptimo en el sentido de Pareto.
- **El segundo teorema del bienestar** nos dice que, en una economía competitiva, el mecanismo del mercado puede lograr cualquier óptimo en el sentido de Pareto sea cualquiera la asignación de recursos con que se empiece.

Existe la posibilidad que en la práctica exista ciertas asignaciones que genere una situación socialmente más deseable que otra inicial, debido a que se alcanza un mayor bienestar en comparación a otra situación. Kaldor y Hicks proponen que si el bienestar que se generan para unos supera a la pérdida de otros y cabe la posibilidad que los que ganan compensen a los que

pierden y seguir ganado, entonces esta situación es preferible (superior) a la otra comparada (Runar et al., 2016)

2.2. Fallas en el mercado

Este mecanismo del mercado competitivo que asigna los recursos económicos eficientemente, no siempre se cumple en todos los casos, sino también falla por cuatro razones básicas: El poder del mercado, la información incompleta, las externalidades y los bienes públicos (Pindyck & Rubinfeld, 2010). Estas fallas del mercado ocasionan que los recursos no sean asignados eficientemente en el sentido de Pareto.

2.2.1. Las externalidades

Las externalidades se generan cuando el comportamiento de uno o más agentes económicos (productor o consumidor) afecta el bienestar de otros (variación en su función de producción o utilidad), sin que este decidiera esta modificación, y sin que exista un precio o una compensación por el cambio (Azqueta et al., 2007). Las externalidades pueden ser positivas o negativas. El primero es cuando las acciones de unos agentes generan un aumento en el bienestar de otros, y en el segundo se da el efecto contrario.

2.2.2. Los bienes públicos

Los bienes se pueden determinar cómo públicos o privados según su grado de exclusión y rivalidad, considerando a los extremos como puros (Runar et al., 2016). Para el caso del bien público puro, no se puede excluir su consumo a ningún individuo y tampoco disminuye su disponibilidad para otro (Labandeira et al., 2007). Si variamos este grado podemos pasar por diferentes matices de público a privado. Los bienes que son rivales pero no excluibles se suelen denominar bienes comunes o públicos impuros (Runar et al., 2016).

2.3. La tragedia de los bienes comunes

Es la situación en que los individuos, impulsados por las ansias de aumentar cada vez más su utilidad, consumen indiscriminadamente un bien sin tomar en consideración las consecuencias que esto podría generar al recurso, saturándolo o degradándolo hasta su extinción. Según (Hardin, 1968), las personas, como seres racionales, buscan máximo su utilidad. Esta utilidad tiene dos componentes uno positivo y otro negativo (Smith & Pinedo, 2002). El componente positivo nos dice que un individuo al consumir una unidad más del recurso, aumentaría sus

beneficios acercando su utilidad a +1. El componente negativo nos dice que el costo de las consecuencias de sobrexplotar el recurso es asumido por todos proporcionalmente, y la utilidad negativa del individuo sería solo una fracción de -1. Al sumar estos dos componentes de la utilidad, un consumidor racional concluye que lo sensato es seguir consumiendo una unidad más y así sucesivamente (Hardin, 1968), (Smith & Pinedo, 2002).

Para la politóloga Elinor Ostrom (1986), el problema de la llamada “tragedia de los comunes” de (Hardin, 1968) podría evitarse, a través de las organizaciones comunales o la autogestión de los usuarios del recurso de uso común. Para esto tiene que haber un conjunto de atributos de los recursos y de los usuarios para aumentar la probabilidad de que los comuneros puedan autogestionarse (Smith & Pinedo, 2002).

Atributos de los recursos:

- **Mejoramiento factible:** los recursos no están en un grado de deterioro de no retorno.
- **Indicadores:** que muestran la condición del ecosistema sean confiables y que estén disponibles a un costo relativamente bajo.
- **Predictibilidad:** EL flujo de unidades de recursos es relativamente predecible.
- **Extensión espacial:** El sistema de recursos es de una extensión que permite desarrollar un conocimiento preciso de los límites externos y microambientes internos.

Atributos de los usuarios:

- **Importancia:** Dependencia de los ecosistemas para su sustento.
- **Entendimiento común:** Todos los usuarios tienen una noción de cómo operar el ecosistema y como sus acciones los afectan y también al sistema.
- **Baja tasa de descuento:** La tasa de descuento de los beneficios futuros del uso del recurso es suficientemente baja.
- **Confianza y reciprocidad:** Existe la confianza entre los usuarios para relacionarse y cumplir las promesas mediante la reciprocidad.
- **Autonomía:** Los usuarios tienen la capacidad y autonomía de poner reglas para el uso del recurso, sin que una autoridad externa la revoque.

- **Experiencia organizativa previa y liderazgo local:** Los usuarios han obtenido ciertas habilidades sobre organización y liderazgo.

2.4. Tipología de proyecto del sector ambiente

La Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, identifica tres tipologías de PIP para el sector ambiente que son: Ecosistemas, especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad. Para el caso de estudio la tipología del proyecto es ecosistemas y el servicio a intervenir será el de regulación hídrica (MINAM, 2019).

Tabla 1: Bienes y servicios de la tipología ecosistemas

Tipología de proyecto de inversión	Objeto de intervención	Alcances
Ecosistemas	Bien: Ecosistemas	Recuperación de las áreas degradadas de los ecosistemas para mantener sus funciones.
	Servicios: Servicios ecosistémicos (control de la erosión y regulación hídrica)	Recuperación de las áreas degradadas de los ecosistemas de interés hídrico o servicios de control de erosión de suelo.

Fuente: Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM (MINAM, 2019).

Para las tipologías de especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad, no se considera ningún servicio ecosistémico.

2.5. Análisis de la unidad productora de servicio (UP)

La Guía ex-antes del Invierte.pe, describe a la unidad productora como un producto creado o modificado por un proyecto de inversión, conformado por un conjunto de factores productivos como la infraestructura, equipos, personal, organización, capacidad de gestión, entre otros, y que articulados entre sí, proveen bienes y servicios a la población (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

2.5.1. Los ecosistemas como UP en los proyectos públicos

Los ecosistemas, al igual que una UP, también son unidades de producción que realizan procesos y utilizan factores de producción bióticos y abióticos para producir bienes y servicios que son aprovechados por la sociedad, pero a diferencia del concepto con enfoque a empresa, estos no se desarrollan en un mercado ya que su uso es un derecho de las personas y por lo

general, de libre acceso. Su dimensionamiento contempla cualquier escala, pero para los PIP esta estará dada en función al problema en estudio y el objetivo que se persiga (MINAM, 2019).

Se considerara un ecosistema en degradación cuando sufre la pérdida total o parcial de algunos de sus componentes esenciales (agua, suelo y especies), alterando su funcionamiento e infraestructura natural y reduciendo su capacidad de proveer servicios ecosistémicos (MINAM, 2019).

Según el Mapa Nacional de Ecosistema, se identifican 37 tipos de ecosistemas que se dividen en 5 regiones naturales. La microcuenca Chanicocha se encuentra ubicada en la región Andina.

Tabla 2: Tipos de ecosistemas - región andina

Ecosistemas de la región natural andina		
- Páramo.	- Zona periglaciaria y glaciaria.	- Bosque relictivo montano de vertiente occidental.
- Pajonal de Puna seca.	- Jalca.	
- Pajonal de Puna húmeda.	- Matorral de Puna Seca.	- Bosque relictivo mesoandino.
- Bofedal (*).	- Bosque relictivo altoandino (queñoal y otros).	- Bosque estacionalmente seco interandino (Marañón, Mantaro, Pampas y Apurímac).
		- Matorral andino.
Ecosistemas acuáticos		
Lagos y lagunas		

(*) Se refiere a humedales

Fuente: Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, 2019 (MINAM, 2019).

2.5.2. Los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos que obtienen las personas de los ecosistemas a través del mantenimiento de sus funciones. Estas funciones se desarrollan a través de la interacción entre la estructura biofísica y los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurre dentro de un ecosistema. Entre las principales funciones de los ecosistemas tenemos la producción primaria la producción primaria neta de biomasa vegetal o animal, el ciclo hidrológico, la formación de suelo y el control biológico (MINAM, 2019). Los servicios ecosistémicos se clasifican en: Servicio de provisión, servicios de regulación, servicios culturales y servicio de soporte (Azqueta et al., 2007).

2.5.3. Servicio ecosistémico de regulación hídrica

Es una de las funciones del ciclo hidrológico y proporciona un balance natural del caudal entre la época de lluvia y de estiaje. Se espera que a mayor capacidad de regulación hídrica, un aumento del caudal base y una reducción en épocas de avenida (MINAM, 2019).

Los componentes bióticos y abióticos principales en el proceso para generar el servicio son: el suelo, la flora, la fauna, el clima, el agua y debido a su influencia en los niveles de producción ambiental, las actividades del ser humano. Estos componentes se consideraran como factores de producción (MINAM, 2019).

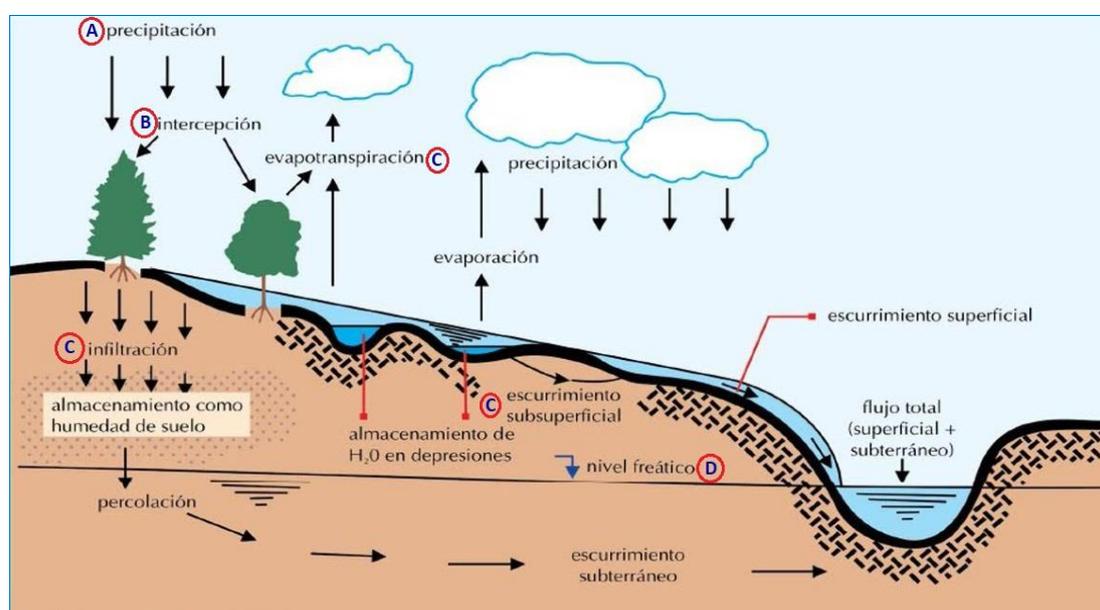


Figura 1: Esquema de Regulación Hídrica a nivel de Cuenca

Fuente: Adaptado de Vich, 1996.

2.5.3.1. Oferta del servicio de regulación hídrica

La oferta de la regulación hídrica se da en la época de estiaje, periodo en que el caudal de los ríos es alimentado por las reservas de agua subterráneas (almacenamiento hidrológico).

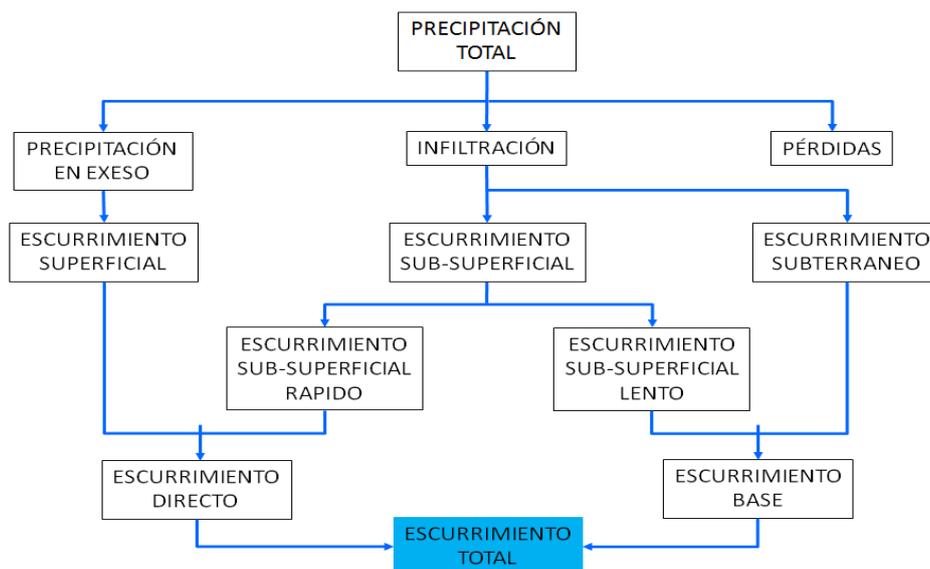


Figura 2: Relación entre la precipitación y el escurrimiento total

Fuente: (Aranda Campos, 1998), FTS-SERH

El escurrimiento es la parte de la precipitación que fluye por gravedad por la superficie del suelo o por debajo de ella. Según su condición se puede dividir en: Escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo. El primero es la parte del escurrimiento que se traslada por la superficie del suelo y luego por los cauces de los ríos de la cuenca. El segundo es la parte de la precipitación que se infiltra en el suelo y se traslada lateralmente hacia la corriente, una parte de este aparece rápidamente en los cauces y otra se percola hasta alcanzar el agua subterránea, cuya descarga producirá el escurrimiento subterráneo (Aranda Campos, 1998).

El escurrimiento total de una cuenca se puede clasificar en dos: escurrimiento directo y escurrimiento base. El primero conformado por la precipitación en los cauces, el escurrimiento superficial y subsuperficial. El segundo, por el escurrimiento subsuperficial lento y escurrimiento subterráneo (Aranda Campos, 1998).

El escurrimiento base es la proporción de precipitación que termina como reservas de agua subterráneas y que posteriormente es descargada a los cauces de los ríos en época de estiaje, siendo la oferta del SERH.

Para un PIP la oferta actual o en la situación sin proyecto, se refiere a la cantidad de producción que se pueda alcanzar en las condiciones de aquel activo o factor de producción que limite, condiciones o defina la capacidad de la UP (factor limitante). La capacidad de producción, entendida como calidad y cantidad del bien o servicio, se mide como la cantidad del servicio

ofrecido en una unidad de tiempo (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

2.6. Evaluación social del proyecto

La evaluación social es el proceso mediante el cual, se identifica, mide y valora los beneficios y costos de un proyecto que se genera por la inversión de recursos públicos, enfocada a cerrar brechas o satisfacer la necesidad de bienes o servicios que la sociedad demanda. (Contreras, 2004).

La evaluación social tradicionalmente considera como beneficio la mayor riqueza para el país asociada a la mayor disponibilidad de bienes y servicios que se generan con los proyectos (crecimiento económico), y como costos solamente los sacrificios de recursos que el país debe realizar para lograr esos beneficios (Contreras, 2004).

2.6.1. Los beneficios sociales de un PIP

Es el incremento del bienestar generado a los usuarios de una UP producto de la intervención con un PIP, con la finalidad de aumentar el consumo o mejorar la calidad del bien o servicio (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

Producto de la intervención de una UP por un PIP se pueden generar 4 tipos de beneficios, las cuales son:

- **Beneficio directo:** Son los que se generan por el consumo de los bienes o servicios producidos por la UP. Estos pueden ser por el ahorro o liberación de recursos o por el mayor consumo del bien o servicio valorado a precios sociales, debido a su menor precio y mayor disponibilidad (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).
- **Beneficio indirecto:** Son los que se generan en otros mercados relacionados con el bien o servicio objeto del PIP (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).
- **Beneficio por externalidad positiva:** Son los que se generan sin tener vinculación o relación alguna con los mercados del servicio ni directa e indirectamente (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019) .

- **Beneficios intangibles:** Se trata de los beneficios que son difíciles de medir o valorar, entre estas, la belleza paisajística, la conservación del patrimonio inmaterial y la migración de animales (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

2.6.2. Los costos sociales de un PIP

Los costos sociales es el valor que tiene para la sociedad los factores de producción e insumos utilizados en las fases de Ejecución y Funcionamiento, siendo este también el costo de oportunidad.

Un PIP puede generar distintos tipos de costos sociales, estos pueden ser:

- **Costos directos:** Son los costos generados por los factores de producción, recursos y/o activos utilizados en la fase ejecución y funcionamiento (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).
- **Costos indirectos:** son los generados en otros mercados relacionados con el proyecto (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).
- **Costos de externalidades negativas:** Son aquellos costos no relacionados al mercado a intervenir con el proyecto (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).
- **Costos intangibles:** son los efectos negativos que son difíciles de medir o valorar, entre estas, la destrucción de la belleza paisajística, la pérdida del patrimonio inmaterial y la migración de animales (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

2.6.2.1. Conceptualización de los costos sociales

La finalidad de las inversiones sociales, es maximizar el bienestar de la población, que en términos económico se traduce en obtener la máxima producción de una canasta adecuada de bienes y servicios. En un mercado de competencia perfecta, el nivel y la composición óptima de la producción se basan simplemente en la información que surge en los precios. Sin embargo en presencia de distorsiones imposibilitan al mercado que funcione de esa manera, generando una divergencia entre los beneficios, costos y en la rentabilidad privada y la social (Medianero Burga & Maúrtua, 2012). Los factores que distorsionan los precios de mercado de bienes e insumo con respecto al costo de oportunidad social son: Los impuestos y subsidios, el

monopolio y el oligopolio, las externalidades, el riesgo e incertidumbre, entre otros (Contreras, 2004).

La Figura 3, ilustra las curvas de oferta y demanda para el mercado de insumos. Se considera que existen distorsiones en el mercado, por lo que no hay un equilibrio perfecto. El precio y la cantidad demandada en la situación sin proyecto (P_{sp} y Q_{sp}) es el punto inicial A. Debido a un aumento de la demanda de insumos ocasionado por la ejecución del proyecto ($D1$ a $D2$) el nuevo punto es B (P_{cp} y Q_{cp}). El punto C está determinado por la cantidad de producción que se deja de producir (Q_{cp}') por el resto de empresas que participa en el mercado, debido a que la implementación del proyecto genero una subida de precios de los insumos (P_{cs}).

El área $Q_{cp}'CAQ_{sp}$ representa la disminución de la compra de insumo por otros demandantes del insumo, debido al aumento del precio, esta situación representa un costo para el país. El área $Q_{sp}EDQ_{cp}$ representa el aumento del costo por producir más insumo, debido al aumento de la demanda generada por el proyecto. Este aumento de los costos, tanto del demandante del insumo como por parte del productor del insumo, representa el costo social por la implementación del proyecto (Contreras, 2004). El área $Q_{cp}'CAEDQ_{cp}$ es el costo que asume la sociedad por la implementación del proyecto.

Para el cálculo del precio social (PS) se tiene que cumplir la siguiente relación:

$$\text{Área } Q_{cp}'CAEDQ_{cp} = PS * (Q_{cp} - Q_{cp}')$$

La fórmula anterior es representada por la siguiente expresión matemática, cuya concepción es una especie de promedio ponderado del precio de mercado y el costo marginal, la cual $CMg < PS < P$.

$$PS = \alpha * P + (1 - \alpha) * CMg$$
$$0 < \alpha < 1$$

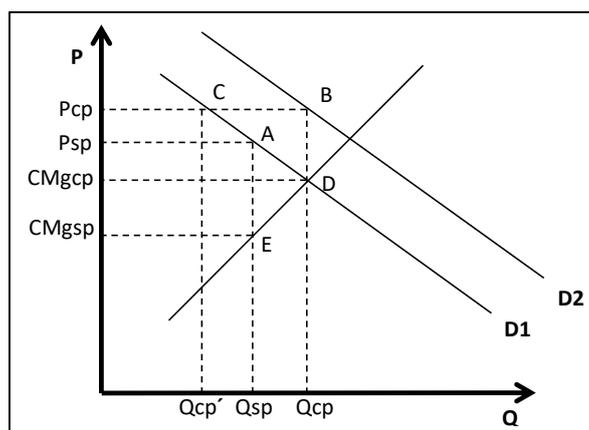


Figura 3: Aumento de la demanda en un mercado con distorsiones

Fuente: (Contreras, 2004)

2.6.3. Estimación de los indicadores de rentabilidad social

2.6.3.1. Análisis Costo-efectividad

Se realiza cuando los beneficios que genera no se pueden o es difícil valorarlos en términos monetarios. Esto se puede deber por la falta de un mercado observable del servicio a intervenir (Contreras, 2004). los beneficios son valorados mediante indicadores sociales que miden los cambios en las condiciones del bienestar por la implementación del proyecto (Navarro, 2005). Por lo tanto, cuando se realiza la evaluación de proyecto a través de este tipo de análisis, se asume que la provisión del servicio es socialmente rentable y solo se busca la alternativa que represente menor costo para alcanzar los objetivos del (MEF, 2019).

Debido a que los proyectos bajo este método no dependen de la valorización de los beneficios que obtendrá la sociedad por el logro de los objetivos, su viabilidad se atribuye más a decisiones políticas e institucionales. Lo que si determinara es que los objetivos han sido alcanzados minimizando los costos por unidad de beneficio u objetivo (Cohen & Franco, 1988).

La Figura 4 muestra la relación entre estos dos tipos de análisis utilizados para evaluar un proyecto. Todo proyecto requerirá del consumo de bienes y servicios para su implementación y posterior funcionamiento. Estos bienes y servicios son insumos lo cual representara un costo en la producción. Si los beneficios del proyecto pueden ser valorados en unidades monetarias, entonces se podrá utilizar el análisis costo-beneficios para su evaluación. En la situaciones que no, entonces se buscara una relación entre el producto y su costo de elaboración, este análisis se denomina costo-efectividad o eficacia, según sea el caso (Cohen & Franco, 1988).

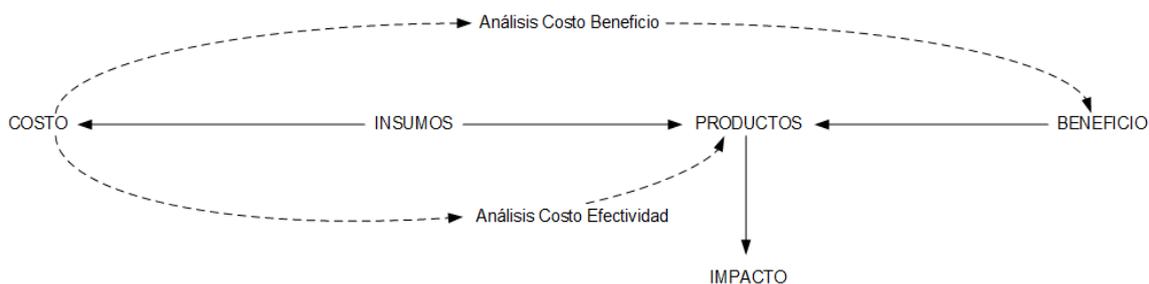


Figura 4: Esquema conceptual costo beneficio con costo efectividad

Fuente: (Cohen & Franco, 1988)

Dependiendo si la unidad del beneficio correspondiente al objetivo central o al impacto que genera el PIP, el indicador puede ser:

- **Análisis Costo-Eficiencia:** Analiza el costo de producir una UP por una unidad de medida representativa (MEF, 2019).
- **Análisis Costo-Eficacia:** Analiza el costo de producir una unidad del servicio (MEF, 2019).
- **Análisis Costo-Efectividad:** Analiza el costo generar un efecto del mediano y/o corto plazo, vinculado a los efectos generado por la implementación del PIP (MEF, 2019).

2.7. Antecedentes

2.7.1. Institucionalidad

El 14 de mayo del 2008, mediante el decreto legislativo N° 1013, se crea el Ministerio del Ambiente (MINAM), cuyo objetivo es el cumplimiento del mandato constitucional sobre la conservación y uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales, la diversidad biológica, las áreas protegidas y el desarrollo sostenible de la amazonia, que permita contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de las personas, promoviendo la participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones.

El MINAM incorpora al CONAM y al INRENA, tomando sus funciones dentro de su competencia institucional.

2.7.2. Proyectos de inversión pública ambiental

La encargada de establecer los lineamientos y metodología general para los proyectos de inversión pública (PIP) en el Perú es la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI) del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Cada sector basándose

en este marco general, determina los parámetros y metodologías específicas para los PIP dentro de sus competencias funciones. En este sentido, el MINAM, como ente rector encargado de elaborar las políticas ambientales, ha elaborado y aprobado distintas directrices para la formulación y evaluación de PIP en relación a la recuperación y conservación de ecosistemas, la diversidad biología y especies. Entre estos tenemos:

- Los Lineamientos de Política de Inversión Pública en materia de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos 2015 – 2021, aprobado con Resolución Ministerial N° 199-2015-MINAM. Lo cual tiene como objetivo general promover la inversión pública para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos a fin de alcanzar el mayor bienestar social del país.
- Los Lineamientos para la Formulación de Proyectos de Inversión Pública en Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos, aprobado con Resolución Directoral 006-2015-EF/63.01. en el marco de la Resolución Ministerial N° 199-2015-MINAM y el Sistema nacional de inversión pública SNIP, Este último fue derogado y reemplazado por el sistema Invierte.pe mediante Decreto Legislativo N° 1252.
- Los Lineamientos para la Formulación de los Proyectos de Inversión en las Tipologías Ecosistemas, Especies y Apoyo al uso Sostenible de la Biodiversidad elaborada por el MINAM, aprobado con Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, en el marco de la Resolución Ministerial N° 199-2015-MINAM y el Sistema Invierte.pe, siendo el vigente actualmente.
- La Ficha Técnica Simplificada de Proyectos de Inversión - Recuperación del Servicio Ecosistémico de Regulación Hídrica (FTS–SERH), probado con Resolución Ministerial N° 066-2020-MINAM, en el marco de la Resolución Ministerial N° 199-2015-MINAM y el Sistema Invierte.pe.

Estos dos últimos documentos fueron elaborados considerando el marco teórico y metodológico de la Guía ex-antes del Invierte.pe y la ficha técnica simplificada elaborada por la DGPMI.

2.7.3. Antecedentes de PIP en recuperación de SERH

A partir de la creación del sistema Invierte.pe, según la búsqueda en el Banco de Inversiones del portal web del MEF, se han formulado y viabilizado 37 PIP de recuperación del SERH, los cuales 10 son de los gobiernos regionales, 19 de gobiernos locales y 15 del gobierno central –

FONAFE. El nivel de estudio con el que se concedió la viabilidad son: 18 para perfiles, 13 fichas técnicas simplificadas, 5 ficha técnica de baja y mediana complejidad y 1 ficha técnica estándar, cuyas fechas de viabilización oscilan entre los años 2017 y 2020.

De este grupo, según el Banco de Inversiones, los PIP que son similares al del trabajo monográfico son 6, lo cual intervienen microcuencas que pertenecen a la cuenca del río Rímac y son inversiones de interés de SEDAPAL, registrándose como la entidad encargada de formuladora y evaluadora los proyectos, y también de su ejecución física (véase ANEXO 7)

2.7.3.1. Causas de la degradación de los ecosistemas de interés hídrico

Las causas identificadas que originan la degradación de los ecosistemas son similares en los 6 proyectos las cuales son: Primero, por la producción ganadera, debido a la falta de conocimiento técnico en su manejo productivo; falta de conocimiento y acceso a la información necesaria para medir los niveles de explotación y degradación de los ecosistemas (indicadores fiables). Segundo, la falta de capacidades para la gestión y aprovechamiento de los recursos naturales. Y por último, la falta de colaboración de una parte de los miembros de la comunidad (conflictos internos) en los intentos para la conservación.

2.7.3.2. Acciones a implementar para la recuperación y conservación de los ecosistemas de interés hídrico

Las acciones son similares en todos los proyectos de este tipo, solo por ciertas diferencias técnicas adecuadas para la realidad del lugar. Estas son: implementación o mejora del sistema de pastoreo del ganado local, recuperación de la cobertura vegetal con técnicas de abonamiento, siembra y riego, aumento de la capacidad de infiltración de ciertas zonas con zanjas de infiltración, diques en lagos y lagunas para aumentar la capacidad de almacenamiento del agua utilizada para riego de áreas degradadas, conservación de áreas degradadas con cercos excluidores (también utilizadas para el sistema de pastoreo), mejora de capacidades en organización y gestión de los recursos naturales y manejo de ecosistemas a las comunidades e instituciones públicas locales vinculantes al problema.

2.7.3.3. Métodos utilizados para el cálculo de la oferta-demanda del SERH en los PIP

En los PIP referidos la oferta y la demanda se determina siguiendo el indicador de brecha del Programa Multianual de Inversiones (PMI) del MINAM como sector, cuya unidad de medida es hectárea/año, la cual se denomina “Porcentaje de superficie de ecosistemas degradados que

brindan servicios ecosistémicos que requieren de recuperación”. Debido a esto para el análisis de la brecha, la demanda se considera como “Ecosistemas con algún nivel de degradación” medido en hectáreas, y la oferta como “Ecosistemas en proceso de conservación optimizados” o como “Área de ecosistemas a recuperar y conservar” medido con la misma unidad.

En los lineamientos y (FTS-SERH) elaborados por el MINAM, no se mencionan el método del cálculo y la unidad de medida del análisis de oferta-demanda del servicio, solo hace referencia del método RAS para el cálculo de la recarga hídrica en situación con proyecto y sin proyecto. La única evidencia sobre su unidad de medida para este análisis está en su indicador de brecha del PMI-MINAM para los proyectos de tipología ecosistemas que son los de recuperación de ecosistemas, SERH y del servicio ecosistémico de control de la erosión Tabla 1.

No necesariamente la unidad de medida del indicador de brecha del PMI del sector debe coincidir con el del PIP. En los casos que no coincidan se recomienda que se considere como contribución al cierre de brecha un valor con unidad de medida basado en otros resultados técnicos atribuidos al proyecto como metas físicas o el número de unidades productora intervenidas o cualquier otro tipo de medición que coincida con el indicador.

2.7.3.4. Beneficiados del SERH

En la (FTS-SERH) se considera como beneficiados directo a las poblaciones que están asentadas en las zonas de recarga como son los habitantes del distrito que pertenece la microcuenca o las comunidades cuyas tierras abarcan también estas áreas.

Los beneficiados indirectos, se considera a la población de Lima y Callao (Lima Metropolitana) a quien SEDAPAL brinda su servicio.

2.7.3.5. Indicador de rentabilidad social

En la revisión de los PIP de la tipología ecosistemas, se encontró que el tipo de indicador utilizado para la evaluación social es costo-eficiencia, debido que su indicador de meta es cantidad de hectáreas recuperadas, unidad representativa de la UP y no del servicio que produce objeto de análisis. Sin embargo, la (FTS-SERH) contempla dos clases de indicadores que son: costo-eficiencia y costo-eficacia con diferentes unidades para su estimación. El primero es costo/hectárea recuperada y el segundo costo/m³ de recarga hídrica.

2.7.4. Identificación del área de estudio

El PIP en el que se desarrolla el presente estudio monográfico, identifica como área de estudio dos zonas, las cuales son:

- El área de intervención, que es el lugar donde se identifica la UP del SERH establecida para el PIP y donde se implementaran las medidas para recuperar los componentes de los ecosistemas dictados por el estudio.
- El área de influencia, que es el lugar donde se encuentran la población objetivo del PIP y los beneficiados del SERH.

2.7.4.1. Identificación del área de intervención

Como ya se mencionó anteriormente, la UP del SERH, son los ecosistemas que se encuentran en el área de la microcuenta Chanicocha, la cual forma parte del territorio de la comunidad campesina San Pedro de Casta.

La comunidad cuenta con una extensión territorial de 9,182.31 ha, según estatuto, y pertenece a cuatro regiones naturales; Yunga, Quechua, Suni y Puna. Su población está conformada, según el patrón del 2019, por 237 comuneros, lo cual 180 son hombres y 57 son mujeres. Entre las principales actividades económicas que hacen un uso intensivo de los recursos naturales en la zona, tenemos: La agricultura, la extracción de plantas medicinales y la ganadería.

La microcuenta Chanicocha no se realiza agricultura. La extracción de plantas medicinales para uso de los comuneros o para la comercialización está aumentando, pero en este lugar principalmente se desarrolla la ganadería.

2.7.4.2. Identificación del área de influencia

El área de influencia son las zonas beneficiadas por el aumento del caudal en época de estiaje generado por la recuperación del SERH producido en la microcuenta Chanicocha.

Para el presente estudio tomaremos como referencia al área que abastece la EPS SEDAPAL que es la ciudad de Lima Metropolitana, debido que es la institución interesada (y solicitante del PIP) con la recuperación de los ecosistemas y del SERH, la cual le permitirá la continuidad de la prestación del servicio en el tiempo.

Según (INEI, 2017), la población de Lima y Callao es de 9,569,468 habitantes, distribuidas en 50 distritos con una extensión territorial de 2,802.22 km².

La densidad poblacional es variada según el distrito, siendo la más y menos tuburizados Breña con 26,493.48 y Punta Negra con 54.21 por habitantes/Km².

Para el año 2030 se proyecta una población para Lima Metropolitana de 13´696,581 habitantes.

La EPS SEDAPAL se abastece de las cuencas de los ríos Lurín, Chillón, pero principalmente del río Rímac. La cantidad de agua que acopia en época de estiaje, a través de sus infraestructuras hidráulicas, y que representa la cantidad de oferta del servicio de agua potable que brinda a la ciudad de Lima Metropolitana, se muestra en el ANEXO 1.

La demanda de agua en época de estiaje muestra una tendencia creciente, siendo abastecida con la ampliación o construcción de infraestructuras hidráulicas en las tres cuencas o con una mayor explotación de los pozos con los que cuentan (véase ANEXO 1).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Delimitación temporal y ámbito geográfico

Delimitación temporal: El caso de estudio tuvo una duración de dos meses calendario, y determinado por AQUAFONDO, tomando como referencia la complejidad del proyecto en comparación a otros de la misma tipología.

Ámbito geográfico: El proyecto de inversión se desarrolló en la microcuenca Chanicocha, que forma parte de la cuenca del río Rímac, en las coordenadas UTM WGS84 338000 E y 8700000 N. a una latitud entre los 4200 y 5000 msnm. Políticamente está ubicada en el distrito de San Pedro de Casta, de la provincia de Huarochirí de la Región Lima. Esta locación fue propuesta por AQUAFONDO debido al aporte que realiza los ecosistemas de la microcuenca al río Rímac, por la accesibilidad y la disposición de la comunidad campesina a colaborar con el proyecto.

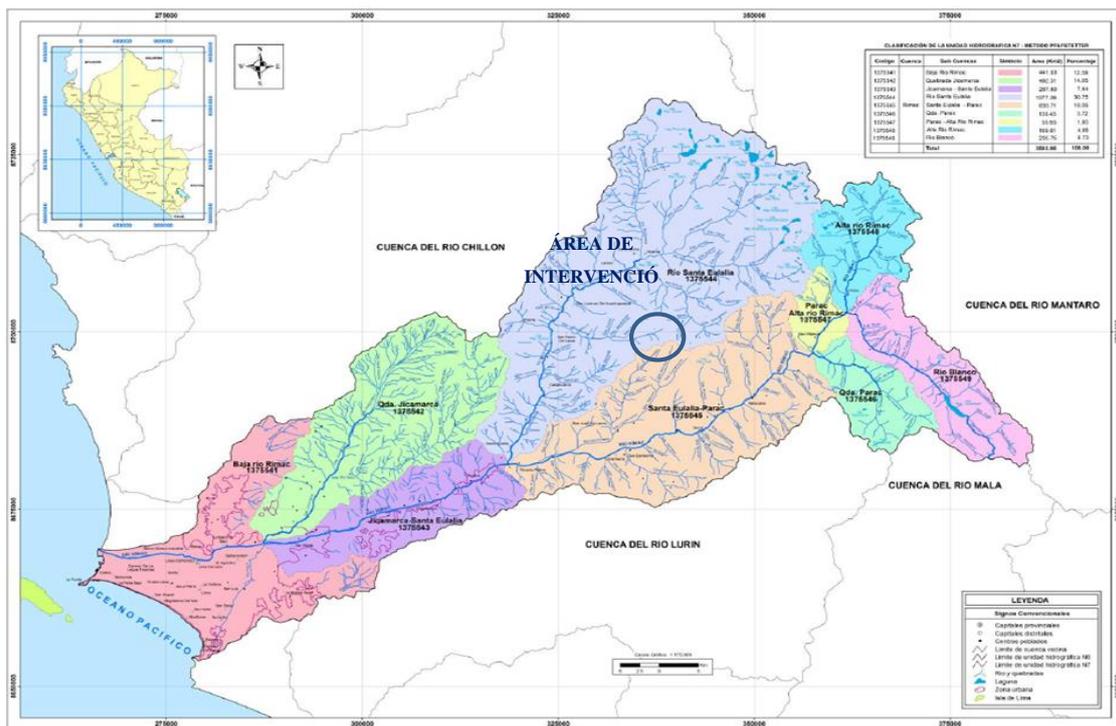


Figura 5: Mapa de ubicación geográfica de la microcuenca Chanicocha en la cuenca del río Rímac

Fuente: Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac, 2010 - MINAGRI

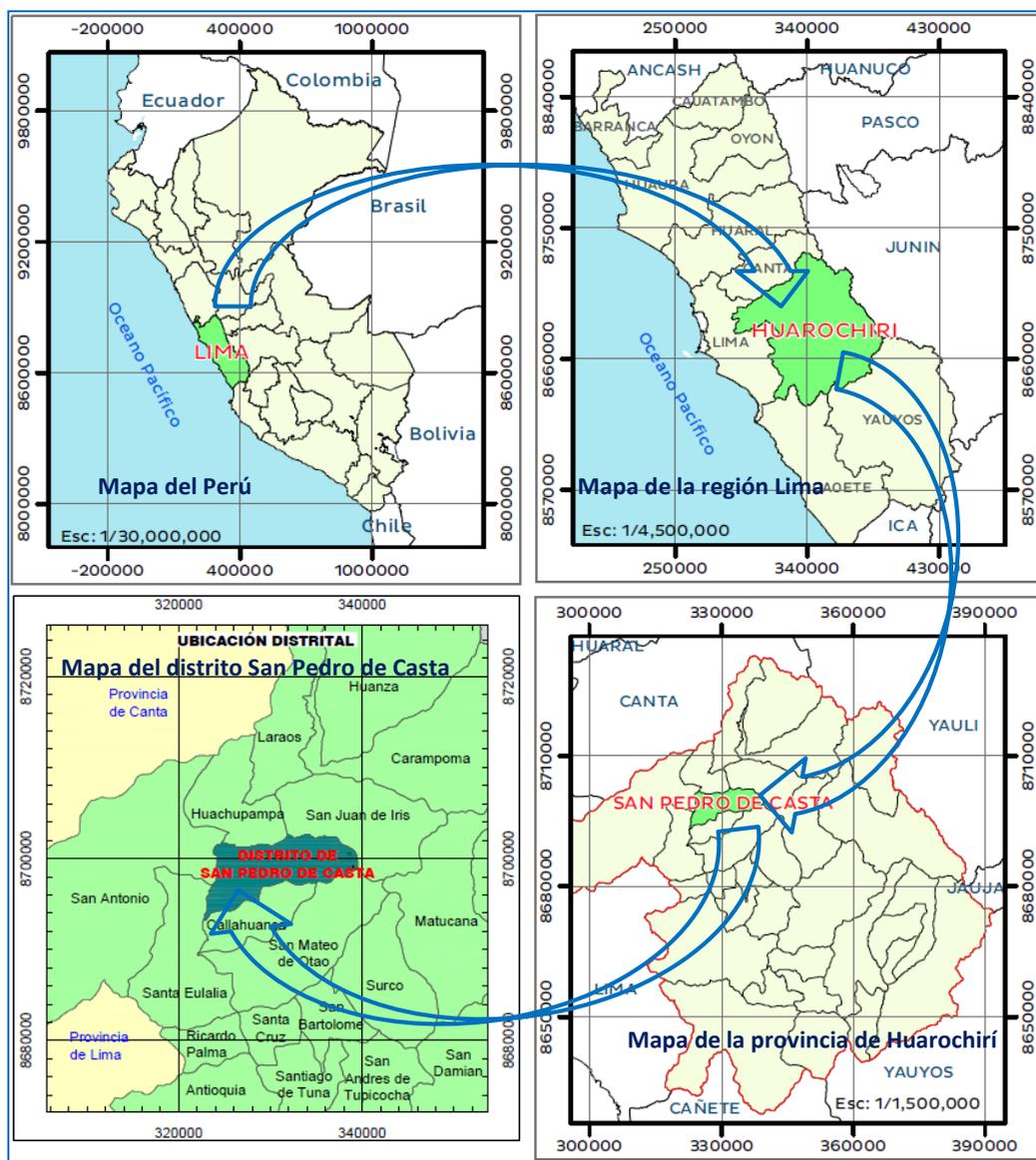


Figura 6: Localización política del estudio

Fuente: adaptación mapas Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), AQUAFONDO

La microcuenca tiene una extensión de 1,167.87 ha y pertenece a la región natural Puna. Hidrográficamente está conformado por las lagunas Lorococha y Chanicocha, y la quebrada del río Chanicocha. Esta unidad hidrográfica pertenece a otra microcuenca mayor llamada Carhuayumac y esta a su vez a la subcuenca Santa Eulalia, de la cuenca del río Rímac.

Según la evaluación técnica realizada en la zona se identificaron diferentes tipos de vegetación que conforman los ecosistemas de interés hídrico en área de la microcuenca en estudio.

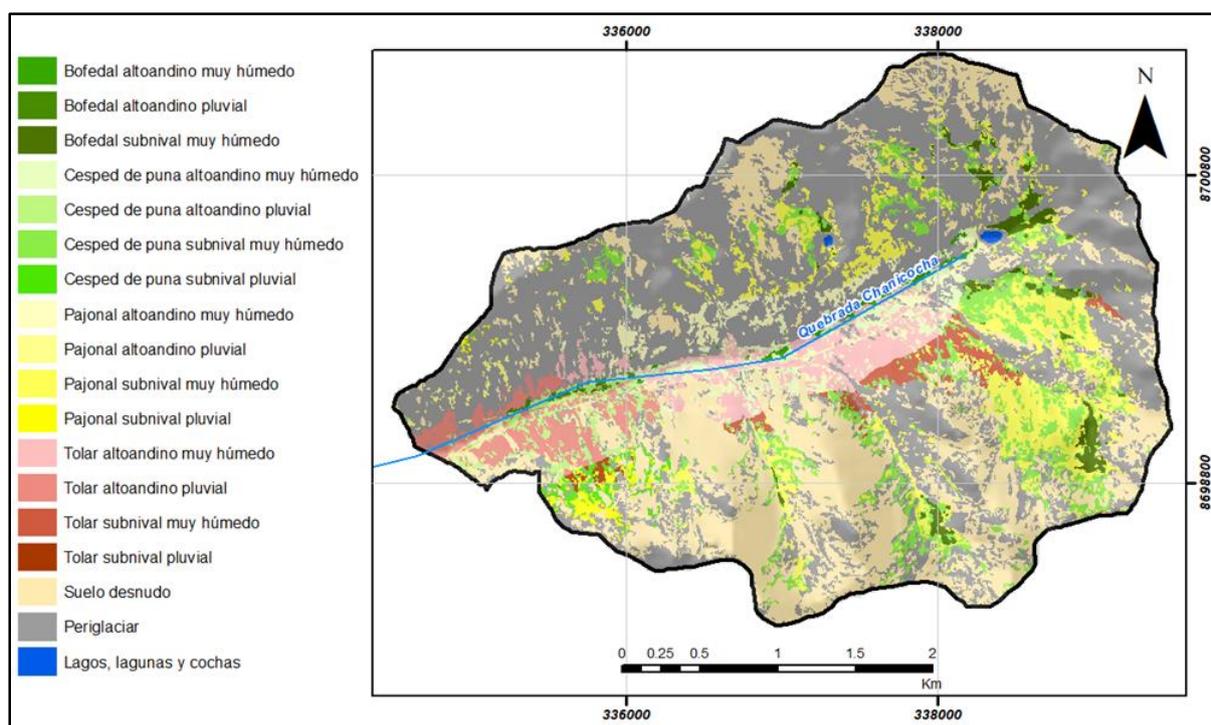


Figura 7: Cobertura vegetal en la microcuenca Chanicocha.

Fuente: AQUAFONDO

En el área de la microcuenca se realizó estudios para caracterizar la cobertura vegetal y el suelo obteniendo los siguientes indicadores.

Tabla 3: Valor de indicadores en áreas de referencia y transectas de validación de bofedales de la Microcuenca de Chanicocha

Indicadores	Referencia	Sitios (2) Bofedal					
	Local (1)	T1	T2	T3	T5	T10	T27
1. Napa Freática (cm)	<5	10	15	30	40	10	30
2. Conductividad Eléctrica (us/cm)	<52	304	267	70	467	98	188
3. Profundidad de Turba (cm)	>200	> 100	> 100	50	60	60	60
4. Materia Orgánica (%)	>75	88.27	80.55	27.86	87.99	77.51	17.72
5. Densidad Aparente (g/cm ³)	<0.2	0.13	0.09	0.47	0.15	0.11	0.37
6. Signos de Erosión	A	B	B	B	B	B	B
7. Especies Nativas (%)	>80	83.72	73.33	80.28	65.71	93.9	83.13
8. Riqueza de Especies (N°)	>10	16	14	10	12	14	15
9. Cobertura Vegetal (%)	100	79.25	82.92	78.75	74.33	71.33	88.83
10. Biomasa (Kg MS/ha)	>1000	1065.6	889.6	404.8	1195.2	753.6	680
11. Evidencia de Amenazas	A	B	B	C	C	B	B
12. Conectividad Hidrológica	A	C	B	C	B	C	C

Fuente: AQUAFONDO

Tabla 4: Valor de indicadores en áreas de referencia y transectas de validación de césped de puna, ajonal y tolar de la Microcuenca de Chanicocha.

Indicadores	Referencia	Sitios Césped de puna		Referencia	Sitios Pajonal		Referencia	Sitios Tolar
	Local	T6	T29	Local	T11	T28	Local	T7
1. Riqueza (N° especies)	29	21	18	29	13	15	21	18
Gramíneas y graminoides	9	11	13	7	7	7	8	11
Hierbas	16	8	4	13	5	8	10	7
Arbustos	4	2	1	9	1	0	3	0
2. Composición florística (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Gramíneas y graminoides	94.6	32.14	77.42	67.35	59.46	53.06	51.67	77.78
Hierbas	2.7	23.21	14.52	22.45	33.78	46.94	5	22.22
Arbustos	2.7	44.64	8.06	10.2	6.76	0	43.33	0
3. Cobertura de suelo (%)	41.2	76.2	35.5	24.6	37.3	35	95.4	30.3
4. Suelo desnudo (%)	3	13	7	5	7	18	4	19
5. Pérdida de suelo superficial	Leve	Severa	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Leve	Moderada
6. Materia orgánica de horizonte superficial (%)	12.48	8.28	19.93	5.24	10.28	7.5	7.72	7.52
7. Altura de canopia de plantas importantes (cm)	6.8	26.8	5.51	34.67	22	23.87	56.89	4.8
8. Cantidad de biomasa aérea (g/m ²)	39.64	54.14	5.25	250.13	22.74	32.19	550	9.41
9. Cantidad de mantillo (g/m ²)	15.81	12.25	1.45	87.32	1.05	2.92	292.78	1.03
10. Plantas invasoras (%)	0	5.36	0	0	4.05	4.08	0	15.87

Fuente: AQUAFONDO

Según los datos de la Tabla 5, el 46.62%, del total de la cobertura vegetal, está en condición pobre, el 49.58% está en condición regular y solo el 3.8% en condición bueno. Esta condición hace que los ecosistemas de interés hídrico no produzcan óptimamente el SERH.

Tabla 5: Estado de conservación de la cobertura vegetal de la microcuenca Chanicocha

Ecosistema	Estado de conservación			Protección	Total (ha)
	Pobre	Regular	Bueno		
Bofedal		10.14	14.15		24.29
Pajonal de puna húmeda	153.29	101.83			255.12
Matorral andino	20.28	72.67			92.95
Suelo desnudo				302.68	302.68
Periglaciár				491.67	491.67
Lagos, lagunas y cochas				1.16	1.16
Total	173.58	184.63	14.15	795.51	1,167.87

Fuente: AQUAFONDO

En cuanto a las características climáticas, con los datos obtenidos entre el periodo de 1986 al 2016 de 13 estaciones meteorológicas cercanas y consultando el producto PISCO (Peruvian Interpolation of the SENAMHI Climatological and Hydrological Stations) se determina la precipitación y la temperatura de la microcuenca Chanicocha, (véase ANEXO 3).

La microcuenca tiene una mayor precipitación en su zona más alta pero una menor temperatura y viceversa en su zona baja (Teniendo en cuenta que la cuenca es más alta en su parte norte y sur este y va descendiendo conforme se avanza hacia el oeste) (véase ANEXO 3).

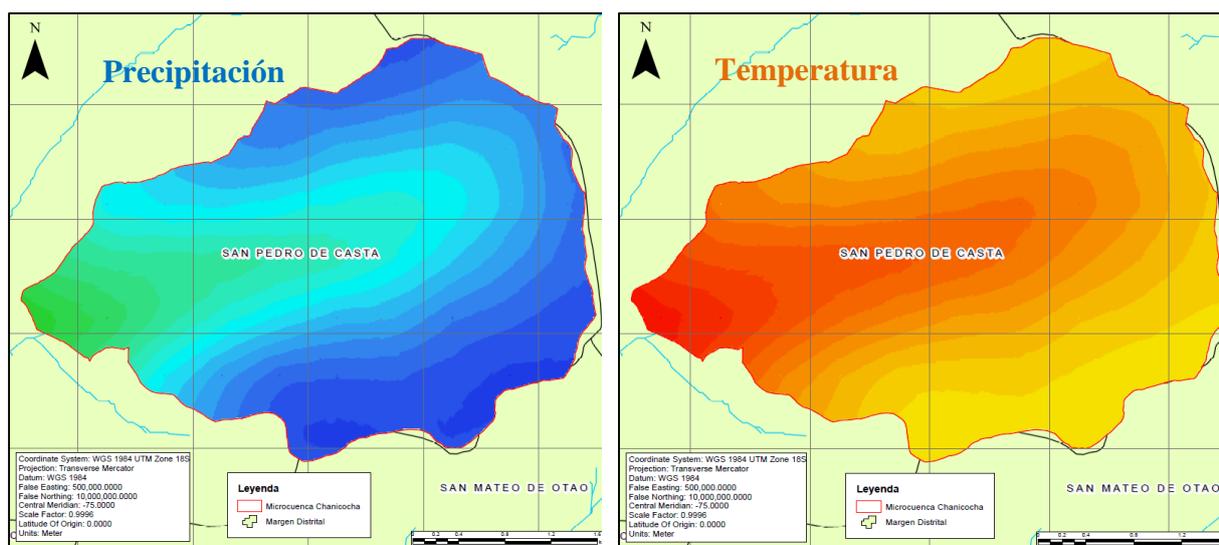


Figura 8: Mapa de precipitación y temperatura isoyectas

Fuente: AQUAFONDO

En cuanto al agua superficial, el caudal promedio anual en la microcuenca Chanicocha es de 83.7 m³/s y el total anual es de 1,004 m³/s. El mes con mayor caudal promedio mensual es marzo con 123.35 l/s y los meses de estiaje (junio, julio y agosto) presentan un caudal promedio de 76.11 l/s. (véase ANEXO 3).

Al analizar la calidad de agua en cada fuente de agua, se obtuvieron los siguientes resultados:

El oxígeno disuelto es aceptable para todas las fuentes de agua, el cual indica la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para la vida de cualquier organismo acuático.

Para el parámetro de PH, que indica la actividad molar de los iones hidrógeno de una solución e indica la acidez o alcalinidad del agua obtuvieron valores dentro del rango del parámetro. Definiéndose como agua de pH neutro en los 3 puntos de medición.

Respecto al indicador de salinidad S/cm, en las lagunas Chanicocha, Lorococha y en el canal se alcanza un valor mayor al del límite.

Hace cuatro décadas la composición del ganado era diferente, con una mayor variedad de animales, de lo que se encuentra actualmente (vacuno, cabras, ovinos y burros) también se criaba llamas y cerdos. Se contaba con ganado vacuno de raza mejorada, debido a la colaboración de la Cooperación Técnica Suiza, pero actualmente se cría en su mayoría vacunos criollo y poca cantidad de razas mejores como la Holstein, Brow, Swiss y Jersey. En lo que respecta el ganado caprino y ovino se está intentando disminuir su número, debido a que son los animales que más degradan los pastizales y erosionan el suelo.

Actualmente cada comunero cría su propio ganado haciendo uso de los pastizales de la comunidad. En el pasado hubo un intento de criar ganado comunitario y con este fin se creó un comité comunal de ganadería, sin embargo, debido a la desorganización y disputas no prospero. En la Figura 9 se muestra la cantidad y tipo de ganado de tres años.

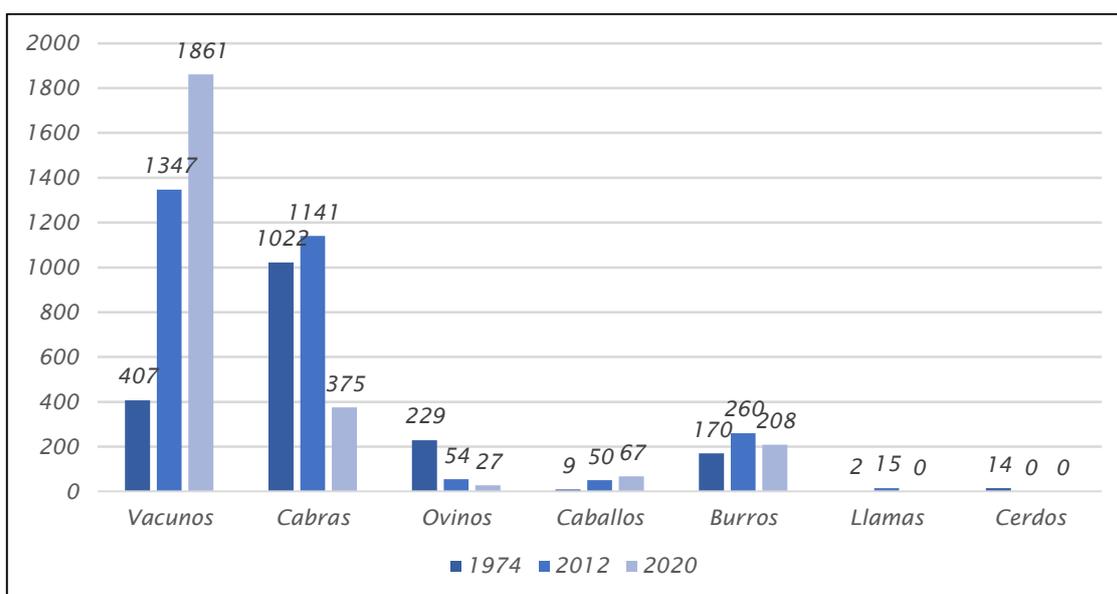


Figura 9: Tenencia de animales de crianza en el tiempo.

Fuente: Gallese, 1984; INEI, 2012 Y RODEO GANADERO 2020/ Estudio socioeconómico distrito San Pedro de Casta 2020 - AQUAFONDO

Del ganado vacuno se produce la leche y la carne, además que también se comercializa el animal en pie (animal vivo). El equino es utilizado para la actividad turística desarrollada por los comuneros en colaboración con otras instituciones estatales. Del ovino también se comercializa la carne, leche, lana y el animal en pie.

En cuanto la organización comunal está dada por una Asamblea General de Comuneros, una Junta Directiva, comités especializados en Revisión de Cuentas, Regantes, Turismo y Administración de los anexos de Huinco, Cumpe y Mayhuay.

Cada comité está integrado por 3 miembros: presidente (comunero calificado), secretario y vocal. En el caso del comité de regantes además por el administrador y repartidor de agua.

3.2. La naturaleza del estudio

Dado que el objetivo del trabajo es: Realizar la evaluación económica de un proyecto de inversión para la recuperación del SERH en la microcuenca Chanicocha, perteneciente a la cuenca del río Rímac, con la finalidad de determinar la viabilidad de la intervención, para asegurar la provisión de agua captada por SEDAPAL, cumpliendo los parámetros y metodología del *invierte.pe*, se recurrirá un diseño no experimental que se desarrollara de manera transversal, siendo una monografía de tipo exploratorio-descriptivo-aplicativo.

3.3. Elaboración de información estadística

Para el estudio no se utilizó un muestreo estadístico, sino se desarrolló con las poblaciones de ecosistemas de interés hídrico (véase Tabla 2) de la microcuenca Chanicocha.

3.4. Recolección de información

3.4.1. Información primaria

Se realizaron entrevistas a autoridades locales del distrito de San Pedro de Casta, representante municipal y de la comunidad campesina. También a instituciones como AQUAFONDO y SEDAPAL por intermedio del primero. Se realizaron estudios técnicos de suelos, hidrológicos, topográficos, climático y vegetativo.

3.4.2. Información secundaria

Se utilizó estudios técnicos de la cuenca del río Rímac y del servicio de agua potable de SEDAPAL, estudios sociales de la comunidad campesina de San Pedro de Casta.

3.5. Procedimiento para el logro de objetivos

El estudio no requirió de modelos pero si de indicadores técnicos y económicos para alcanzar los objetivos plantados (véase Tabla 11).

3.5.1. Análisis del Servicio ecosistémico de regulación hídrica desde una perspectiva de mercado

Se realizó el análisis desde la perspectiva de los mercados del servicio ecosistémico de regulación hídrica producido en el área de la microcuenca Chanicocha.

3.5.2. Diagnóstico de la UP del servicio ecosistémico de regulación hídrica

Se realizará un diagnóstico de la UP del servicio mediante una descripción y evaluación técnica de los factores de producción que lo conforman. Este punto se desarrollara a través de una esquematización descriptiva que refleje los procesos, los activos y recursos necesarios para la producción del servicio (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

Para facilitar el diagnóstico de la UP es necesario desagregar los factores de producción en los activos que interviene en el proceso de producción del servicio (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

El insumo necesario para desarrollar el diagnóstico será los estudios de hidrología, de suelo, de pastizales y socioeconómico.

De los estudios realizados en campo determinamos ciertos parámetros según los subprocesos y los factores de producción (véase ANEXO 2).

3.5.3. Análisis de la brecha oferta-demanda

Se evaluará la oferta del servicio en los escenarios con y sin proyecto, calculado con el método de la Recarga de Agua Subterránea (RAS) y se describirá la demanda de agua para Lima Metropolitana. Mediante este análisis se estimará la brecha del servicio.

La demanda del servicio es la cantidad de regulación hídrica que requiere los habitantes de la ciudad de Lima Metropolitana, de los ecosistemas de la microcuenca Chanicocha al año. Pero la pregunta es ¿Cuánto demanda la ciudadanía de Lima Metropolitana del SERH de los ecosistemas de la microcuenca Chanicocha?, pues esta demanda está relacionada con la capacidad máxima que tendría estos ecosistemas para producir el servicio, esto quiere decir, con los factores de producción en buen estado de conservación y en óptimo funcionamiento. Se puede decir que los demandantes no demandarían más de lo que podrían producir naturalmente un ecosistema, por lo tanto, si con el proyecto se recupera los ecosistemas y el servicio, se consideraría que la cantidad demandada es la máxima cantidad de servicio que produce un ecosistema cuando este en buen estado de conservación. Si los demandantes requieren más agua por regulación hídrica, lo demandarían de otras zonas de la cuenca.

Si se sigue el mismo razonamiento la pregunta es, ¿Qué pasaría si todos los ecosistemas de la cuenca son recuperados y producen este servicio óptimamente?, si este escenario se diera, esto significa que la demanda de regulación hídrica naturalmente está cubierta y si aun así se seguiría demandando más, entonces la cantidad de población asentada en la cuenca, estaría sobrepasando la carga que la naturaleza podría soportar, y la única manera de obtener más del recurso sería a través de obras hidráulicas para suplir o complementar el SERH.

Otra manera de explicar esta situación es; la población demanda el agua proveniente del SERH, por ende, el ecosistema al brindar el servicio en su capacidad óptima, se cubriría la brecha. El recurso que provenga de una obra hidráulica como una represa, es otro tipo de demanda proveniente de otro mercado que no es el del SERH.

3.5.3.1. Método de la Recarga de Agua Subterránea (RAS)

Para calcular la oferta del servicio de regulación hídrica de los ecosistemas de la microcuenca Chanicocha, se utilizó el método RAS.

El método RAS determina la infiltración o el potencial de recarga media anual. Calcula la recarga hídrica subterránea a través de la cantidad de agua que se infiltra en una zona determinada, considerando aspectos biofísicos y climáticos del área en estudio. es un método utilizado. Es un método elaborado por (Junker, 2005) para FORGAES (Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador), que se basa en los principios de Schosinky y Losilla. Consiste de los siguientes cálculos:

$$R = C * BC$$

R = Recarga acuífera (mm/año)

C = Coeficiente de infiltración (adimensional)

BC = Balance climático o escurrimiento (mm/año)

3.5.3.2. Balance climático o escurrimiento

Este índice nos indica la cantidad de agua que está disponible en un área determinada. Consiste en la cantidad de precipitación y la pérdida de agua que se pierde en el ambiente a través de la evapotranspiración, en la zona de estudio. La recarga hídrica es posible si $P > ET_{real}$.

$$BC = P - ET_{real}$$

P = Precipitación (mm)

ET_{real} = Evapotranspiración real (mm)

3.5.3.3. Coeficiente de infiltración

Este coeficiente nos indica la cantidad de agua disponible que es infiltrada al subsuelo. Está conformada por tres coeficientes cuyos valores se determinan según el uso del suelo o ecosistema, la pendiente y el tipo de suelo.

$$C = (K_v + K_p + K_s)$$

K_v = Coeficiente de ecosistemas con y sin proyecto

K_p = Coeficiente de pendiente

K_s = Coeficiente de tipo de suelo o permeabilidad

Según los estudios técnicos de campo, se debe determinar los valores que le corresponde al área en estudio.

Tabla 6: Coeficientes de ecosistemas con y sin proyecto (K_v).

Ecosistemas	K_v (CP)	K_{vo} (SP)
bosque basimontano de yunga	0.20	0.10
bosque montano de yunga	0.20	0.10
bosque altimontano (pluvial) de yunga	0.20	0.10
matorral montano	0.15	0.08
páramo	0.08	0.04
pajonal de puna seca	0.10	0.05
pajonal de puna húmeda	0.10	0.05
bofedal	0.05	0.03
zona periglacial y glaciario	0.05	0.03
jalca	0.10	0.05
matorral de puna seca	0.10	0.05
bosque relicto altoandino (queñual entre otros)	0.20	0.10
bosque relicto montano de vertiente occidental	0.20	0.10
bosque relicto mesoandino	0.20	0.10
bosque estacionalmente seco interandino	0.25	0.13
Matorral andino	0.15	0.08
lago y lagunas	0.00	0.00
ríos	0.00	0.00

Fuente: Adaptado de MINAM (2019) y (Junker, 2005)

Tabla 7: Coeficientes de pendientes (K_p).

Descripción	Coefficiente
Muy plano	0.40
< 15 %	0.15
15 - 30%	0.10
30 - 50%	0.07
50 - 70%	0.05
>70%	0.01

Fuente: (Junker, 2005)

Tabla 8: Coeficiente de tipo de suelo o permeabilidad (Ks).

Por textura del suelo	Ks
Suelos arcillosos, litosoles de altura y suelos compactos impermeables	0.10
Suelos de combinación de limo y arcilla, Litosol y Regosol de valles	0.15
Suelo arenoso, recientes, suelos de cauces de ríos y suelos no muy compactos	0.20

Fuente: (Junker, 2005)

3.5.4. Estimación de los costos sociales e indicadores de rentabilidad social

Para determinar el costo social y posteriormente los indicadores de rentabilidad del proyecto se desarrollará los siguientes pasos:

3.5.4.1. Horizonte de evaluación

Según la metodología del Invierte.pe, el horizonte de evaluación está conformado por dos partes: la fase de ejecución y la fase de funcionamiento. El primero es el tiempo comprendido para la elaboración del expediente técnico y la ejecución de las acciones determinada por el proyecto de inversión. El segundo son los periodos (en años) en que la unidad productora brinda el servicio a los beneficiados (MEF, 2019).

Para determinar los periodos del horizonte de evaluación se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- El periodo que toma la fase de Ejecución del proyecto.
- La vida útil de los activos principales.
- La obsolescencia tecnológica esperada en los activos.
- La incertidumbre sobre el tiempo que durará la demanda por el bien o el servicio a proveer con la UP generada o modificada con el proyecto de inversión.

Para los proyectos del sector ambiente de tipología ecosistemas, según la Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, para establecer el periodo en la fase de ejecución, se debe identificar los principales factores de producción de la UP. Para la fase de funcionamiento se debe considerar el periodo de descanso, que depende del estado de degradación del ecosistema (MINAM, 2019).

Tabla 9: Horizonte de evaluación para PIP de tipología ecosistemas

Formación vegetal	Ejecución Recuperación de cobertura	Funcionamiento Beneficios directos	Horizonte de evaluación (ejecución + funcionamiento)
Pasturas/pastizales	2-3 años	3-5 años	5 - 8 años
Arbustos andinos	3-5 años	5 años a mas	8 a más años
Árboles andinos	5-7 años	Más de 5 años	10 a más años

Fuente: FTS.SERH, 2020 (MINAM, 2019)

3.5.4.2. Estructura de los costos en la fase de ejecución

Costo de inversión para la implementación de las acciones

La estructuración de los costos del proyecto tiene que contener las metas físicas de los activos que se pretende crear o modificar y sus costos unitarios.

Los costos directos se deben mostrar por acción y esta a su vez se debe estructurar por factor de producción del servicio o componente. Para los costos indirectos se deben considerar los gastos generales, la utilidad y el impuesto general a las ventas. Al momento de elaborar el presupuesto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- No se debe considerar los costos por imprevistos o posibles contingencias técnica y tampoco por escalamiento de precios, se deben mantener constantes en todo el horizonte de evaluación.
- Se puede incluir acciones para mantener el servicio mientras se ejecuta el proyecto y también para mitigar los impactos ambientales negativos o por medidas de reducción del riesgo en un contexto de cambio climático.

También se deben incluir otros costos necesarios como: el expediente técnico o estudio equivalente, gestión del proyecto, supervisión de obras y liquidación.

3.5.4.3. Estructura de los costos en la fase de funcionamiento

Costo de inversión de reposición

Estos costos corresponden a la inversión que se realiza para la reposición de activos cuya vida útil culmina dentro del horizonte de evaluación o por obsolescencia tecnológica, siendo necesario su reemplazo para que el servicio siga brindándose a la población beneficiada bajo

ciertos parámetros de calidad determinada por el sector. Este tipo de costos no integran la estructura de costos de inversión de la fase de ejecución.

Costo de operación y mantenimiento (O&M)

Los costos de operación son aquellos que se incurre por desarrollar las actividades necesarias para el funcionamiento de la UP al momento de producir el servicio. Estos costos pueden los salarios de los trabajadores, materiales e insumos, pago de los servicios básicos, alquileres, entre otros.

Los costos de mantenimiento son aquellos que se incurre para mantener o preservar la capacidad de producción de la UP a través de la conservación de sus activos como las máquinas, equipos, infraestructuras, entre otros.

Estos costos se determinan en dos situaciones dependiendo el tipo de intervención, con proyecto y sin proyecto. En el primer caso se determinan los costos en el supuesto que el proyecto realiza la intervención esperada y en el segundo es si no se realizara ninguna inversión. Una vez obtenido los costos en estas dos situaciones a precios sociales, se debe calcular el incremental para realizar la evaluación económica.

3.5.4.4. Estimación de los costos a precios sociales

Para estimar los costos sociales es necesario los factores de corrección (FC), que son valores que se aplican a los costos a precio de mercado de los insumos y factores de producción en las fases de ejecución y funcionamiento del proyecto de inversión (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019). El cálculo para estimar los costos sociales es el siguiente:

Costo a precio sociales = Costo a precio de mercado x FC

Se utilizó dos tipos de FC, el de mano de obra y el de bienes y servicios nacionales (no transables). Si bien existen de otros tipos como: bienes transables (bienes importados y exportados), divisas y combustibles, estos no serán necesario para el estudio.

Los FC de mano de obra se dividen en tres categorías mostrada en la Tabla 10.

Tabla 10: Factor de corrección para mano de obra.

Nivel de Calificación	Lima Metropolitana	Resto de Costa	Sierra	Selva
Calificado	0,85	0,80	0,79	0,82
Semicalificado	0,80	0,65	0,60	0,61
No Calificado	0,80	0,62	0,42	0,50

Fuente: (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019)

Para determinar los costos sociales de los servicios y otros bienes nacionales se debe excluir el impuesto general a las ventas (IGV) que son afectos (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

$$FC = 1 / (1 + IGV)$$

El IGV en el Perú es del 18% y el FC de bienes y servicios no transables es de 0.847.

3.5.4.5. Análisis del flujo de caja

En un método para la evaluación financiera y económica, que muestra los flujos de ingresos, costos y gastos en un periodo determinado. En los proyectos de inversión que utiliza la metodología de evaluación costo efectividad o eficacia, no se consideran los flujos de ingresos solo los costos sociales ya que solo se quiere mostrar el costo de los impactos y/o resultados relacionado los objetivos que se pretende alcanzar con la inversión (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

La metodología nos indica que se debe considerar los flujos incrementales de los ingresos, costos y gastos del proyecto de inversión, esto quiere decir el valor diferencial entre la situación con proyecto y sin proyecto.

3.5.4.6. La tasa social de descuento

Para el caso del Perú, la tasa calculada para los proyectos de inversión pública es del 8% (tasa social de proyectos general) cuando se trata para un periodo de hasta 20 años. Cuando la temporalidad es mayor, se utilizan la tasa social de descuenta de largo plazo que son; desde 21 a 49 años 5.5% y para 200 años o más 1% (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019).

3.5.4.7. Valor actual de los costos a precios sociales (VACS)

Es determinado por la suma del descuento de los valores futuro de los costos de operación y mantenimiento por cada periodo del horizonte de evaluación y el costo de inversión de las acciones de intervención para la recuperación de los ecosistemas que brindan el servicio de regulación hídrica en la microcuenca Chanicocha.

$$VACS = \sum_{t=0}^n \frac{CST_t}{(1+TSD)^t}$$

TSD = Tasa social de descuento

n = Horizonte de evaluación

t = Numero de periodo

3.5.4.8. Indicador costo-eficacia (CE)

Para el estudio se utilizó el indicador costo eficacia, que estará determinado por el valor actual de los costos del proyecto de inversión para la recuperación de los ecosistemas de la microcuenca Chanicocha y el volumen de recarga hídrica, calculado por el método RAS, en m³/año.

$$CE = VACS / \sum IE$$

VACS = Valor actual de los costos a precios sociales (S/)

IE = Índice de eficacia

EL índice de eficacia será la sumatoria de la brecha oferta y demanda de los periodos de la fase de funcionamiento.

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Variables de estudio

Las variables utilizadas para cumplir con los objetivos del estudio estas vinculadas al análisis de la brecha del servicio y a los indicadores de rentabilidad. Las variables que en cierta etapa del proyecto pueden ser un outputs, en otro momento termina definiéndose como un inputs para calcular el indicador de rentabilidad social.

Tabla 11: Variables de entrada y salida

Variable de salida (outputs)	Variables de entrada (inputs)
Recarga hídrica (m ³)	Precipitación (mm)
	Temperatura (°C)
	Pendiente (%)
	Tipo y condición de los ecosistemas
	Tipo de suelo
Valor actual de los costos a precios sociales - VACS (S/)	Área de los ecosistemas (ha)
	Costos de inversión a precios sociales (S/)
	Costo de O&M a precios sociales (S/)
	Tasa social de descuento (%)
Costo-eficacia (S//m ³)	VACs (S/)
	Recarga hídrica (m ³)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados obtenidos

4.1.1. Análisis de la brecha oferta-demanda

Para determinar la oferta y demanda del servicio utilizaremos el método RAS, lo cual determina la recarga hídrica de un área determinada, en m³ de agua. Para esto se utilizó parámetros hallados en campo.

La recarga hídrica del área de la microcuenca Chanicocha en las condiciones actuales en que se encuentran los ecosistemas de interés hídrico (situación sin proyecto), según los estudios en campo, es de 123,109.24 de m³ de agua.

Para realizar el cálculo de la recarga hídrica a través del método RAS, se utilizó el método espacial (utilización de mapas), determinando polígonos que representan las áreas de intervención con las acciones del proyecto en la microcuenca Chanicocha. Los resultados obtenidos se muestran en el ANEXO 4:

4.1.1.1. Análisis de la demanda del SERH

En el ítem 3.5.3, se determinó que la demanda del SERH estaría dada por la cantidad máxima de recarga hídrica que los ecosistemas de la microcuenca Chanicocha podrían producir si estuvieran en el mejor estado de conservación que pueden alcanzar. Esto debido a que las personas beneficiadas del SERH de la microcuenca, también demandan que los ecosistemas proveedores del servicio, estén en el máximo estado de salud.

Según el cálculo realizado con el método RAS, simulando el escenario en que todos los ecosistemas de la microcuenca Chanicocha estuvieran en el máximo estado de conservación, la recarga hídrica sería de 135,281.84 m³ para todo el horizonte de evaluación.

4.1.1.2. Análisis de la oferta del SERH

La oferta está dada por la recarga hídrica generada por los ecosistemas identificados en la microcuenca Chanicocha en la situación que no se interviniera con las acciones de recuperación del SERH (situación actual). La oferta disminuye en el tiempo, debido a que se espera que, sin la intervención del proyecto, las condiciones de manejo de los ecosistemas y producción ganadera se desarrollen de la misma manera que en los últimos años.

El método RAS no toma en cuenta el nivel del estado de conservación de los ecosistemas o la cobertura vegetal, solo las situaciones con y sin proyecto. Debido a esto se simuló un escenario en que los ecosistemas se degradan completamente en 20 años, considerando un coeficiente Kv del mismo valor del ecosistema glaciar o periglaciar (0.03) en este último periodo, calculando una tasa de disminución de recarga hídrica de -0.17%. El cálculo realizado con el método RAS se muestra en el ANEXO 4.

Tabla 12: Brecha oferta-demanda calculado con el método RAS para la microcuenca Chanicocha

Periodo	Demanda (m³/año)	Oferta (m³/año)	Brecha (m³/año)
1	135,374.92	122,176.54	-13,198.38
2	135,374.92	121,974.07	-13,400.85
3	135,374.92	121,771.94	-13,602.98
4	135,374.92	121,570.14	-13,804.78
5	135,374.92	121,368.67	-14,006.25
6	135,374.92	121,167.54	-14,207.38
7	135,374.92	120,966.74	-14,408.18
8	135,374.92	120,766.27	-14,608.65
9	135,374.92	120,566.14	-14,808.78
10	135,374.92	120,366.34	-15,008.58
11	135,374.92	120,166.87	-15,208.05
12	135,374.92	119,967.73	-15,407.19
13	135,374.92	119,768.92	-15,606.00
14	135,374.92	119,570.44	-15,804.48
15	135,374.92	119,372.29	-16,002.63
16	135,374.92	119,372.29	-16,002.63
17	135,374.92	119,372.29	-16,002.63
18	135,374.92	119,372.29	-16,002.63
19	135,374.92	119,372.29	-16,002.63
20	135,374.92	119,372.29	-16,002.63

La brecha acumulada del servicio, para los 20 años de la fase de funcionamiento, es de 299,096.31 m³.

4.1.2. Acciones y áreas de intervención para la recuperación del SERH

No se interviene en todas las zonas con vegetación por cuatro motivos:

- Difícil accesibilidad para la ejecución de las acciones de recuperación.
- Vegetación muy dispersa.

- Difícil acceso para el control y monitoreo.
- Zonas no priorizadas.

Tabla 13: Áreas totales de ecosistema en la microcuenca Chanicocha y áreas de intervención con el PIP que generan recarga hídrica

Ecosistema	Total de área de ecosistemas (ha)	Área de intervención (ha)	% del área total
Bofedal	24.29	18.44	75.9%
Pajonal de puna húmeda	255.13	129.82	50.9%
Matorral andino	92.95	75.58	81.3%
Suelo desnudo	302.68	11.92	3.9%
Periglacial	491.67	28.24	5.7%
Lagos, lagunas y cochas	1.16	0	0
Total	1,167.87	264	22.6%

Fuente: AQUAFONDO

Si solo consideramos los ecosistemas con cobertura vegetal, se está interviniendo más del 60%, pero si consideramos al suelo desnudo a los ecosistemas periglacial y los que son cuerpos de agua, resulta un poco más del 22%.

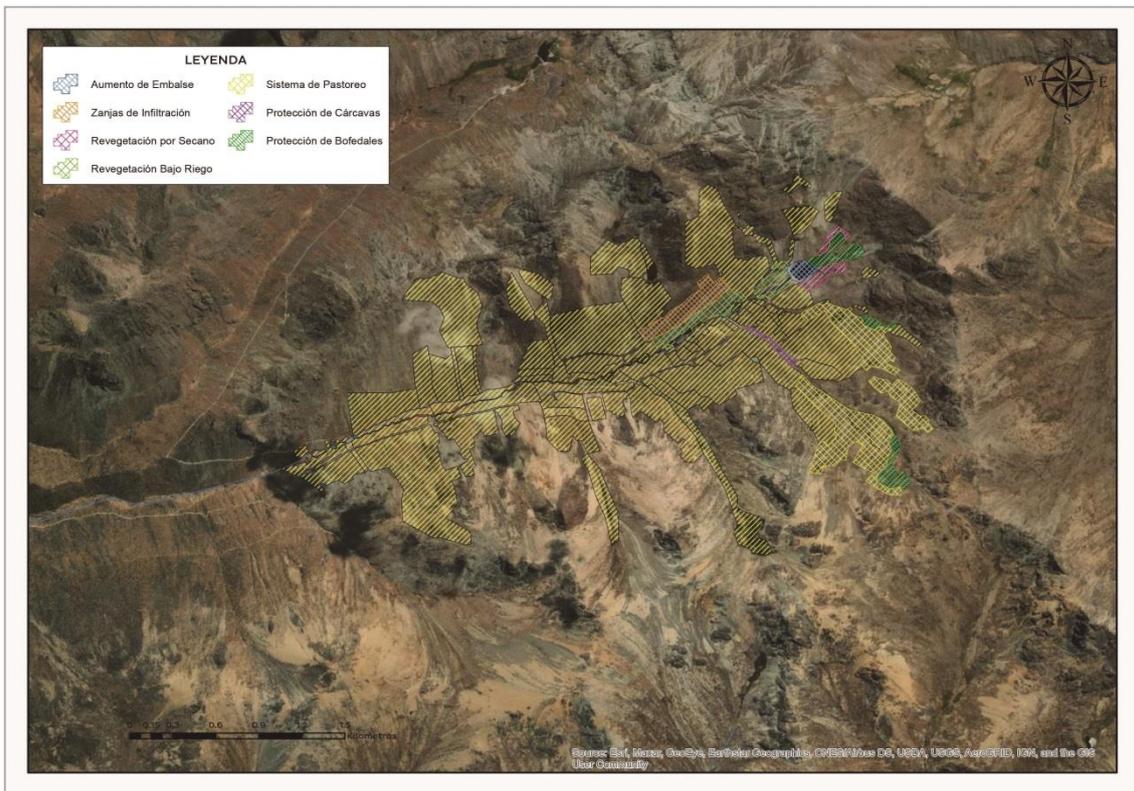


Figura 10: Áreas de intervención

Fuente: AQUAFONDO

En las áreas que se determinó para intervenir con el proyecto, se identificaron unas series de acciones para la recuperación de los ecosistemas.

Tabla 14: Acciones para la recuperación del SERH

Componente /acción	
Alternativa 1	Alternativa 2
Componente 1:	Recuperación de la cobertura vegetal nativa
Acción 1.1:	Instalación de cerco excluidores para protección de bofedales
Componente 2:	Adaptación al régimen de precipitación
Acción 2.1.1:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Construcción de dique para aumento de embalse de la lagua Chanicocha de 75,412.79 m³ de capacidad </div> <div style="width: 45%;"> Acción: 2.1.2: Construcción de dique para aumento de embalse de la lagua Chanicocha de 104,863.68 m³ de capacidad </div> </div>
Componente 3:	Recuperación de la cobertura vegetal nativa de los ecosistemas asociados
Acción 3.1:	Revegetación en secano para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Subulifolia y Polylepis Incana)
Acción 3.2.1:	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> Revegetación bajo riego (con sistema de riego por goteo) para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Dolichophylla y Polylepis Flavipila) </div> <div style="width: 45%;"> Acción: 3.2.2: Revegetación bajo riego (con sistema de riego por aspersión) para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Dolichophylla y Polylepis Flavipila) </div> </div>
Acción 3.3:	Implementación de sistema de pastoreo
Componente 4:	Adaptación en los regímenes de precipitación de los ecosistemas asociados
Acción 4.1:	Instalación de diques para protección de cárcavas
Acción 4.2:	Construcción de zanjas de infiltración
Componente 5:	Adecuadas prácticas de manejo de ecosistemas de interés hídrico
Acción 5.1:	Manejo de forestación / revegetación
Acción 5.2:	Técnicas y manejo de riego parcelario
Acción 5.3:	Recuperación y protección de bofedales
Acción 5.4:	Diseño y mantenimiento de zanjas de infiltración
Acción 5.5:	Implementación de sistemas de pastoreo
Acción 5.6:	Taller in situ en conservación de servicios ecosistémicos
Componente 6:	Adecuada capacidad de gestión de ecosistemas de interés hídrico
Acción 6.1:	Implementación de capacidades para el fortalecimiento de la organización de usuarios
Acción 6.2:	Capacitación en conservación y recuperación de servicios ecosistémicos y monitoreo

4.1.3. Estimación del índice de eficacia (IE)

El índice de eficacia es estimado utilizando como meta la recarga hídrica en las situaciones sin y con proyecto, para un periodo de 20 años.

Una vez implementadas las acciones del proyecto, los ecosistemas de interés hídrico recuperados aumentaran su capacidad de recarga hídrica y por ende la oferta del SERH.

La cantidad de recarga hídrica que aumenta con el proyecto en un periodo de 20 años, según el método RAS, es de 159,020.25 m³. con las acciones a implementar se cierra el 53% de la brecha acumulada.

Tabla 15: Estimación del índice de eficacia

Periodo (años)	Recarga hídrica/situación con proyecto (m³/año)	Recarga hídrica/situación sin proyecto (m³/año)	Incremento de recarga hídrica (m³/año)
1	128,371.11	122,176.54	6,194.57
2	128,371.11	121,974.07	6,397.04
3	128,371.11	121,771.94	6,599.18
4	128,371.11	121,570.14	6,800.98
5	128,371.11	121,368.67	7,002.45
6	128,371.11	121,167.54	7,203.58
7	128,371.11	120,966.74	7,404.38
8	128,371.11	120,766.27	7,604.84
9	128,371.11	120,566.14	7,804.97
10	128,371.11	120,366.34	8,004.78
11	128,371.11	120,166.87	8,204.25
12	128,371.11	119,967.73	8,403.39
13	128,371.11	119,768.92	8,602.20
14	128,371.11	119,570.44	8,800.68
15	128,371.11	119,372.29	8,998.83
16	128,371.11	119,372.29	8,998.83
17	128,371.11	119,372.29	8,998.83
18	128,371.11	119,372.29	8,998.83
19	128,371.11	119,372.29	8,998.83
20	128,371.11	119,372.29	8,998.83
Total índice eficacia (m³)			159,020.25

El desarrollo del método RAS para calcular el índice de eficacia se muestra en el ANEXO 4.

4.1.4. Costo de inversión a precios de mercado

El costo de inversión por acción y para ambas alternativas se muestra de manera extendida en el ANEXO 5.

4.2. Evaluación social de la inversión

4.2.1. Beneficios sociales de la inversión

Para los PIP del sector ambiente de tipología ecosistemas, la metodología de evaluación es la de costo-eficacia, por lo que se identifica los beneficios de manera cualitativa pero no cuantitativa.

Los beneficios están relacionados con los efectos directos e indirectos que la recuperación del SERH genere a los beneficiarios.

Los beneficios que se generan por la recuperación de los SERH son los siguientes:

Tabla 16: Beneficios sociales cualitativos

Beneficio cualitativo	Tipo de beneficio
Aumento de caudal y mayor disponibilidad de agua en época de estiaje para las actividades humanas, en las zonas bajas de la cuenca.	Beneficio directo
Mejora de la calidad del agua.	Beneficio directo
Mitigación de crecientes de los ríos.	Externalidad positiva
Recuperación de otros servicios ecosistémicos.	Beneficio indirecto
Sostenibilidad de la actividad pecuaria en la comunidad campesina San Pedro de Casta, por la recuperación del servicio ecosistémico de provisión de forraje.	Beneficio indirecto
Sostenibilidad de la actividad turística en la comunidad campesina San Pedro de Casta, por la recuperación del servicio ecosistémico de belleza paisajística.	Beneficio indirecto
Sostenibilidad de la extracción y comercialización de plantas medicinales en la comunidad campesina San Pedro de Casta, por la recuperación del servicio ecosistémico de biodiversidad.	Beneficio indirecto
Mejora de la organización comunal	Intangible

4.2.2. Costos a precios sociales

Con los factores de corrección del (Dirección General de Programación Multianual de Inversiones, 2019), corregiremos las distorsiones en los precios de los mercados de los insumos (materias primas, laboral, bienes y servicios) que el proyecto hará uso en las fases de ejecución y de funcionamiento para la recuperación y conservación del SERH.

Tabla 17: Transformación de precio de mercado a precios sociales

Desagregado por insumo		Costo precio mercado (S/) Altern. 1	Costo precio mercado (S/) Altern. 2	F.C.	Costo precio sociales (S/) Altern. 1	Costo precio sociales (S/) Altern. 2
Mano de obra calificada	5%	124,898.29	128,853.57	0.79	98,669.65	101,794.32
Mano de obra semicalifica	1%	24,979.66	25,770.71	0.6	14,987.80	15,462.43
Mano de obra no calificada	48%	1,199,023.62	1,236,994.27	0.42	503,589.92	519,537.59
Materiales y equipos (bienes no transables)	46%	1,149,064.30	1,185,452.84	0.847	973,257.46	1,004,078.56
Sub total de otros costos de inversión por acción		2,497,965.87	2,577,071.39		1,590,504.83	1,640,872.90
Gestión del proyecto		26,256.90	26,256.90	0.847	22,239.59	22,239.59
Expediente técnico		100,000.00	100,000.00	0.847	84,700.00	84,700.00
Supervisión		175,046.02	175,046.02	0.847	148,263.98	148,263.98
Liquidación		35,009.20	35,009.20	0.847	29,652.79	29,652.79
Sub total de otros costos de inversión		336,312.12	336,312.12		284,856.37	284,856.37
Costo total de inversión		2,834,277.99	2,913,383.51		1,875,361.19	1,925,729.26

El costo que le representara a la sociedad la inversión para recuperar el SERH es de S/ 1'875,361.19 para la alternativa 1.

El costo que le representara a la sociedad la inversión para recuperar el SERH es de S/ 1'925,729.26 para la alternativa 2.

El costo que le representara a la sociedad la operación y el mantenimiento de las medidas implementadas para recuperar y conservar el SERH es de S/ 33,865.40 (Véase ANEXO 6).

Estos costos no son fijos, varían en el tiempo. El flujo de CO&M se detalla en el ANEXO 6.

4.2.3. Estimación de los indicadores de rentabilidad social

Para el presenta estudio se estimó el indicador costo-eficacia como método de evaluación de la rentabilidad social, utilizando como meta la cantidad de recarga hídrica obtenido por el método RAS para un periodo de 20 años.

Como se mencionó en los ítems 2.7 y 0, los PIP del sector ambiente de la misma tipología estiman un indicador costo-eficacia, utilizando como meta a la recuperación de la unidad productora que en este caso es la cantidad de hectáreas recuperadas con las acciones del PIP, para un periodo de 20 años.

El horizonte de evaluación en la fase de funcionamiento fue determinado por la EPS SEDAPAL, que es de 20 años, el mismo utilizado para los PIP de saneamiento.

Tabla 18: Flujo de caja e indicadores de rentabilidad social alternativa 1

Periodo	Situación con proyecto			Situación sin proyecto CO&M	Flujo total de los costos (S/)
	Fase de ejecución Inversión	Fase de funcionamiento			
		Reposición	CO&M	Total	
0	1,875,361.19				1,875,361.19
1			33,865.40	33,865.40	33,865.40
2			33,865.40	33,865.40	33,865.40
3			33,865.40	33,865.40	33,865.40
4			33,865.40	33,865.40	33,865.40
5			35,390.00	35,390.00	35,390.00
6			35,390.00	35,390.00	35,390.00
7			35,390.00	35,390.00	35,390.00
8			35,390.00	35,390.00	35,390.00
9			36,914.60	36,914.60	36,914.60
10		461,651.92	36,914.60	498,566.52	498,566.52
11			36,914.60	36,914.60	36,914.60
12			36,914.60	36,914.60	36,914.60
13			38,439.20	38,439.20	38,439.20
14			38,439.20	38,439.20	38,439.20
15			38,439.20	38,439.20	38,439.20
16			38,439.20	38,439.20	38,439.20
17			39,963.80	39,963.80	39,963.80
18			39,963.80	39,963.80	39,963.80
19			39,963.80	39,963.80	39,963.80
20		461,651.92	39,963.80	501,615.72	501,615.72
Tasa social de descuento		8%			
VACS (S/)		2,541,817.13			
I. eficacia (m³)		159,020.25			
I. eficiencia (ha)		264			
CE (S//m³)		15.98			
CE (S//ha)		7,989.45			

Tabla 19: Flujo de caja e indicadores de rentabilidad social alternativa 2

Periodo	Situación con proyecto			Situación sin proyecto CO&M	Flujo total de los costos (S/)
	Fase de ejecución Inversión	Fase de funcionamiento			
		Reposición	CO&M	Total	
0	1,925,729.26				1,925,729.26
1			33,865.40	33,865.40	33,865.40
2			33,865.40	33,865.40	33,865.40
3			33,865.40	33,865.40	33,865.40
4			33,865.40	33,865.40	33,865.40
5			35,390.00	35,390.00	35,390.00
6			35,390.00	35,390.00	35,390.00
7			35,390.00	35,390.00	35,390.00
8			35,390.00	35,390.00	35,390.00
9			36,914.60	36,914.60	36,914.60
10		429,336.28	36,914.60	466,250.88	466,250.88
11			36,914.60	36,914.60	36,914.60
12			36,914.60	36,914.60	36,914.60
13			38,439.20	38,439.20	38,439.20
14			38,439.20	38,439.20	38,439.20
15			38,439.20	38,439.20	38,439.20
16			38,439.20	38,439.20	38,439.20
17			39,963.80	39,963.80	39,963.80
18			39,963.80	39,963.80	39,963.80
19			39,963.80	39,963.80	39,963.80
20		429,336.28	39,963.80	469,300.08	469,300.08
Tasa social de descuento		8%			
VACS (S/)		2,570,283.54			
I. eficacia (m³)		159,020.25			
I. eficiencia (ha)		264			
CE (S//m³)		16.16			
CE (S//ha)		8,180.24			

4.2.4. Análisis para la selección de alternativa y la viabilidad del PIP

Para seleccionar la alternativa a invertir se debe analizar ambos indicadores costo-eficacia y determinar cuál representa un menor costo por meta a alcanzar (el indicador que cuenta con un valor menor de CE). Posteriormente compararla con la línea de corte calculada para esta tipología de PIP para determinar su viabilidad.

Debido que el sector ambiente no a determinado una línea de corte, el análisis solo se desarrolla hasta la comparación de los indicadores costo-eficacia de las alternativas y se asume la conveniencia de ejecutar el PIP y su viabilidad.

Tabla 20: Análisis de la selección de la alternativa

	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo de inversión a precio de mercado (S/)	2,834,277.99	2,913,383.51
Costo de inversión a precio sociales (S/)	1,875,361.19	1,925,729.26
indicador costo-eficacia (S//m ³)	15.98	16.16
Indicador costo-eficiencia (S//ha)	7,989.45	8,180.24

En el caso del presente estudio la alternativa seleccionada, según su indicador costo-eficacia, es la alternativa uno.

4.3. Discusión de los resultados

Se utilizó la metodología y directrices de los Lineamientos para la Formulación de los Proyectos de Inversión en las Tipologías Ecosistemas, Especies y Apoyo al uso Sostenible de la (Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM) y la guía ex-antes del Invierte.pe, sin embargo la ficha técnica simplificada de proyectos de inversión - recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica (FTS-SERH), se tomó como referencia.

4.3.1.1. El Método RAS

Es la metodología sugerida en (FTS-SERH) para medir la recarga hídrica y los niveles de prestación del SERH. Sin embargo, este método tiene ciertos aspectos que no considera y que podría ser relevante como, por ejemplo: no toma en cuenta el estado de conservación de la cobertura vegetal habiendo 5 niveles (muy pobre, pobre, regular, bueno y muy bueno).

Para la estimación de los indicadores y el análisis de la oferta y demanda, solo se consideró la fase de funcionamiento como indica el ANEXO 4, esto quiere decir cuando la vegetación esta recuperada y los ecosistemas también, brindando el SERH en su mejor estado de conservación.

4.3.2. Sobre la estimación de la oferta y demanda

Para el análisis de la oferta y la demanda realizada, se estimó la recarga hídrica en $m^3/año$ para cada caso, obteniendo una brecha creciente en el tiempo debido a un aumento constante de la degradación en el tiempo en una situación sin proyecto. Comparando con los PIP, similares, en sus análisis toman como unidad de medida la cantidad de hectáreas de ecosistemas de interés hídrico y consideran que la oferta actual es de cero en todo horizonte de evaluación para, solo uno le calcula un valor. Los lineamientos para la formulación de proyectos de esta tipología y la (FTS-SERH) no mencionan como se debería realizar su valoración, sin embargo, la guía ex-antes del Inverte.pe determina que si el servicio no se está dando en las condiciones o estándares de calidad determinada por el sector entonces esta debe ser considerada como nula.

Con lo que respecta la demanda, la consideran como la cantidad de ecosistemas (medida en hectáreas) con algún nivel de degradación y que serán recuperadas con las acciones del proyecto. Si bien, como se dijo no existe ni en el instructivo y en los lineamientos referencia que indique claramente cómo realizar este análisis, la única evidencia que podríamos tomar en este sentido es el indicador de cierre de brecha del PMI del MINAM que es: “Porcentaje de superficie de ecosistemas degradados que brindan servicios ecosistémicos que requieren de recuperación” aprobado con Resolución Ministerial N° 068-2019 –MINAM, y que es utilizada para el cálculo del costo por hectárea en la (FTS-SERH).

Los resultados del análisis de oferta y demanda del presente estudio con los de los PIP de referencia no pueden ser comparados debido a la diferencia de unidad de medida y las consideraciones que se tomaron en cuenta en cada proyecto para su estimación.

4.3.3. Sobre el índice de eficacia

El índice de eficacia fue calculado tomando los resultados de la recarga hídrica en la situación sin proyecto (oferta actual) y en la situación con proyecto, tomando un valor de 159,020.25 m^3 para un periodo de 20 años. En comparación con los PIP similares, su índice de eficiencia es la cantidad de hectáreas a recuperar, que es el mismo valor que el de la demanda.

4.3.4. Sobre el indicador para la evaluación de PIP

El indicador que utilizan los PIP similares para su evaluación es el costo-eficiencia, debido a que estiman el costo de una unidad de la UP que es la cantidad de área de ecosistemas que realizan SERH y que serán recuperadas con las acciones (S/ha o m^2). Para el caso del presente

trabajo monográfico se utilizó el indicador costo-eficacia, obteniendo primero la cantidad de recarga hídrica que generara el ecosistema debido a la intervención del PIP y posteriormente calculando su costo por unidad producida (S//m³).

También se estimó otros indicadores, como se muestra en el ANEXO 7, pero no son relevantes para la evaluación de los PIP. En la plataforma del banco de inversiones se permite registrar hasta dos indicadores para esta metodología de evaluación (Costo por capacidad de producción y Costo por beneficiario directo) pero solo es necesario uno de estos. La (FTS-SERH) muestra dos indicadores; uno que utiliza como meta la cantidad de hectáreas para su cálculo (como se describe anteriormente) y el otro los metros cúbicos de recarga hídrica, sin embargo, menciona que el segundo es opcional.

El rango del indicador costo-eficiencia de los PIP similares esta entre 1,400.00 S//ha a 221,438.33 S//ha, y la alternativa viable del preste estudio es de 7,989.45 S//ha. La enorme diferencia sugiere que es necesario una línea de corte o umbral para evaluar los proyectos y determinar su viabilidad.

4.3.5. Acciones a implementar con el PIP

La elaboración de las acciones tomo en consideración algunos atributos de recurso y de usuarios descritos por Ostrom, como, por ejemplo: mejorar la gestión de los recursos y fortalece la organización de usuarios, tener las capacidades para generar indicadores necesaria para la gestión de los recursos, predecir la cantidad de recurso disponible para su uso y conservación, conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas y las consecuencias de su inadecuada explotación.

4.3.6. Comparación de resultados con otro PIP

La comparación de resultados se realiza con 6 PIP de tipología ecosistemas en microcuencas pertenecientes a la cuenca del río Rímac para la EPS SEDAPAL. Los resultados se muestran en el ANEXO 7.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1. Se estimó la brecha oferta-demanda del SERH a través de la recarga hídrica que genera los ecosistemas de interés hídrico de la microcuenca Chanicocha según sus características físicas y biológicas, a comparación del método tradicional que lo determinan por la cantidad de hectáreas del ecosistema a intervenir. La brecha de la recarga hídrica acumulada para los 20 años estimados es de 299,096.31 m³.
2. Con las acciones a implementar con el proyecto en la microcuenca Chanicocha, se genera una recarga hídrica acumulada, para los 20 años estimados, de 159,020.25 m³, que representa un cierre de brecha del 53%.
3. Los proyectos que se han venido desarrollando hasta la fecha consideran como indicador de evaluación costo-eficiencia. La propuesta es evaluar el proyecto a través de un indicador costo-eficacia que toma como unidad de análisis la cantidad de servicio producido, que en este caso son los metros cúbicos de agua generado en el ámbito de la microcuenca Chanicocha por el SERH. De las dos alternativas de solución plantadas en el proyecto para la recuperación del SERH, la alternativa viable es la que obtuvo un indicador costo-eficacia de 15.98 S// m³.
4. Con ambas alternativas se logra alcanzar la misma meta del SERH que es la cantidad de recarga hídrica que produce los ecosistemas de interés hídrico de la microcuenca Chanicocha. Debido a que el sector ambiente no ha elaborado una línea de corte o umbral en base a la unidad de medida del servicio, el análisis solo se centra en comparar los indicadores costo-eficacia de cada alternativa planteada, siendo la viable la que represente un menor costo para la sociedad por m³ de recarga hídrica generada gracias a las acciones del proyecto.

5.2. . Recomendaciones

1. Que el MINAM en sus nuevas directivas o actualizando las actuales, determine una metodología para la estimación de la oferta y demanda en un horizonte de evaluación definido, estableciendo como unidad de medida la recarga hídrica que mide directamente la provisión del SERH y no el método indirecto utilizado, que es definido a través de la cantidad de hectáreas de ecosistemas recuperadas.
2. Que se establezca una línea de corte o umbral para determinar la viabilidad para esta topología de proyectos, para que la evaluación no solo sea una comparación entre alternativas de solución. También que el análisis para la viabilidad se desarrolle bajo el indicador costo-eficacia por la relación directa con el SERH y no indirectamente a través del indicador costo-eficiencia, como se viene realizando.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranda Campos, D. F. (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <https://ninive.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3331>
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L., & O’Ryan, R. (2007). *Introducción a la economía ambiental* (Segunda edición). McGraw Hill.
- Bonilla Valerio, L. E. (2018). *La política ambiental y el ecosistema en el Perú*, Lima. Univeridad Peruana de las Américas.
- Grupo de trabajo multisectorial propuesta para un Ministerio del Ambiente, Pub. L. No. R.M. N°. 025-2008-PCM, 69 (2008).
- Carón, M., & Vicente, P. (s. f.). *Analisis de la Tasa Social de Descuento*. 14.
- Cartes, F., Contreras, E., & Cruz, J. M. (2005). *La Tasa Social de Descuento en Chile*. 55.
- Charpentier, S., & Hidalgo, J. (1999). *Las políticas ambientales en el Perú*. 183.
- Cohen, E., & Franco, R. (1988). *Evaluación de proyectos sociales* (1. ed). Grupo Editor Latinoamericano.
- Comissió de les Comunitats Europees & Direcció General de Medi Ambient. (2008). *La Economía de los ecosistemas y la biodiversidad: Informe provisional*. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Common, M., & Stagl, S. (2008). *Introducción a la Economía Ecológica* (Primera edición). Reverté.
- Contreras, E. (2004). *Evaluación social de inversiones públicas: Enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica*. Naciones Unidas, CEPAL.
- de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)

- Dirección General de Programación Multianual de Inversiones. (2019). *Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión* (Primera Edición).
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/Metodologias_Generales_PI/GUIA_EX_ANTE_InviertePe.pdf
- Gerencia de Desarrollo e Investigación SEDAPAL. (2019). *Plan maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado 2020-2025* (p. 46). SEDAPAL.
- Goldman, R. L., & Wackernagel, M. (2012). *¿Gratis? Los servicios de la naturaleza y cómo sostenerlos en el Perú* (F. Hajek & P. Martínez de Anguita, Eds.; Primera edición). Wust Ediciones.
- Harberger, H., Arnold C. (1973). *Evaluación de proyectos*. Instituto de Estudios Fiscales. Ministerio de Hacienda.
<https://www.iberlibro.com/9788450060652/Evaluaci%C3%B3n-proyectos-Harberger-Arnold-C-8450060656/plp>
- Hardin, G. (1968). *The Tragedy of the Commons*. 162, 7.
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Krugman, P. R., Olney, M. L., & Wells, R. (2008). *Fundamentos de economía*. Reverte.
- Labandeira, X., León, C. J., & María Xosé, V. (2007). *Economía ambiental* (Primera). Pearson educación S.A.
- Llanes, J. (Ed.). (2012). *Introducción a la economía ambiental*. UH Editorial.
- Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. (s. f.). [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado 3 de diciembre de 2020, de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>
- Medianero Burga, D., & Maúrtua, M. del C. (2012). *Diseño de proyectos sociales* (Segunda edición). Universas Nacional Mayor de San Marcos.
- MEF. (s. f.). *Banco de inversiones* [Estatul]. Ministerio de Economía y Finanzas. Recuperado 25 de febrero de 2021, de <https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/consultapublica/consultainversiones>

- Directiva General del Sistema de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, Pub. L. No. DIRECTIVA N° 001-2019-EF/63.01, 44 (2019).
- Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión en las tipologías de ecosistemas, especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad, Pub. L. No. Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, 59 (2019). <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/279128-178-2019-minam>
- Mochón Morcillo, F. (2008). *Economía: Principios y aplicaciones*. McGraw Hill.
- Navarro, H. (2005). *Manual para la evaluación de impacto de proyectos y programas de lucha contra la pobreza*. Naciones Unidas, CEPAL.
- Ordóñez, J. D. (2008). El régimen de los servicios públicos en la Constitución Peruana. *THĒMIS-Revista de Derecho*, 55, 255-264.
- Ostrom, E. (2011). *EL GOBIERNO DE LOS BIENES COMUNES* (Segunda edición). Fondo de Cultura Económica.
- Phillips, C. F. (1993). *The Regulation of Public Utilities*. Public Utilities Reports Inc.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2010). *Microeconomía*. Pearson.
- Ruhweza, A., Calcaterra, E., Berghöfer, A., Dudley, N., Hussain, S., Robrecht, H., Simmons, B., Ghosn, A., & Singh, S. (2010). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad: Para las autoridades locales y regionales* (Primera edición). Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- RUNAR, B., DOLORES, G. P., BENGT, K., & PERE, R. M. (2016). *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales, 3ª edición*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Sarmiento, M. (2004, agosto). *Conceptos de economía general útiles en economía ambiental*. Catedra de economía y administración forestal, Universidad Nacional de Santiago de Estero.
- SINIA—*Sistema Nacional de Información Ambiental - PERU*. (s. f.). [Estatal]. SINIA - Sistema Nacional de Información Ambiental - PERU. Recuperado 2 de diciembre de 2020, de <https://sinia.minam.gob.pe/modsinia/index.php?accion=verIndicador&idElementoToInformacion=1631&idformula=186>

Smith, R. C., & Pinedo, D. (2002). *El cuidado de los bienes comunes: Gobierno y manejo de los lagos y bosques en la Amazonía*. Instituto de Estudios peruanos.

Solanes, M. (1999). *Servicios públicos y regulación: Consecuencias legales de las fallas de mercado*. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Varian, H. R. (2009). *Microeconomía intermedia: Un enfoque actual* (7.^a ed.). Antoni Bosch.

Junker, M. (2005). Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea. FORGAES.

ANEXO 1: Balance oferta y demanda de fuentes actuales y proyectadas para Lima y Callao en época de estiaje

ÍTEM	OFERTA DEL RECURSO HÍDRICO EN PLANTAS	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
1.0	AGUA SUPERFICIAL RÍO RÍMAC	16.50	16.50	16.50	17.08	18.43	20.95	22.26	26.99	28.19	28.49
	Estación Chosica-Fuente: ANA-SNIRH. Promedio en estiaje 2012-2018										
1.1	(caudal natural + 15 lagunas de Santa Eulalia + Marca I + Yuracmayo + Marca III + Huascacocha)	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45	22.45
	Bocatoma Planta Huachipa	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
	Derechos de Terceros (Comisiones de usuarios + Terceros) (-)	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45
	Pérdida entre Chosica a la Atarjea (Infiltración + Evaporación)	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
1.2	Bocatoma Planta Atarjea. Promedio en estiaje 2012-2017 (Incluye ingresos Qda. Huaycoloro y reducción por canales e infiltración)	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50
1.3	Aportes netos de nuevos proyectos		0.00	0.00	0.58	1.93	4.45	5.76	10.49	11.69	11.99
1.3.1	Obras de cabecera y conducción para abastecimiento de agua para Lima								4.50	4.50	4.50
1.3.2	Galería filtrante y extracción de estiaje (no se considera a la planta)				0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
1.3.3	Nueva Presa Casacancha + Optimización Sistema Marca III						0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
1.3.4	Ampliación del Túnel Graton					1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.3.5	Nuevo Embalse Autisha							1.46	1.46	1.46	1.46
1.3.6	Optimización de uso de las aguas del Sistema del Río Rímac						2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
1.3.7	Aprovechamiento de las aguas subterráneas en roca por drenaje (Chungar)						0.30	0.30	0.50	0.50	0.50
1.3.8	Yuracmayo II									1.33	1.33
1.3.9	Cambio de uso de agua de riego por el PTAR				0.40	0.40	0.40	0.40	0.90	0.90	1.20
1.3.10	Pérdidas en conducción hasta Chosica por irrigación y evaporación (-)		0.00	0.00	0.02	0.17	0.45	0.60	1.07	1.20	1.20
2.0	AGUA SUPERFICIAL RÍO CHILLÓN (Planta Chillón)	0.00	0.00	0.00	1.64	1.64	3.44	3.44	3.44	5.69	5.69
2.1	Represa Jacaybamba - Fase I				1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
2.2	Galerías filtrantes en valle Chillón				0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2.3	Galerías Subterráneas en la Cordillera La Viuda						2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.4	Represa Gangay - Fase II (conducción entubada)									2.50	2.50

2.5	Pérdida en conducción hasta Bocatoma Planta Chillón por irrigación, infiltración (-)	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.38	0.38	0.38	0.63	0.63
3.0	AGUA SUPERFICIAL LURÍN (sin Planta)	0.00	0.00	0.00	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
3.1	Galerías Filtrantes en Valle Lurín				0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
4.0	AGUA SUPERFICIAL RIO CAÑETE (Planta Lurín)						4.85	4.85	4.85	4.85	4.85
4.1	Derivación Cañete a Lima (*)								5.00	5.00	5.00
4.2	Pérdida en conducción hasta Lurín						0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
5.0	DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR	0.40	0.40	0.40	0.40	5.80	5.80	5.80	7.30	7.30	
5.1	Planta Desalinizadora del Sur					1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
5.2	Planta Desalinizadora del Norte					1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
5.3	PROVISUR (2 fases) para distritos del Sur de Lima	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
5.4	Planta desalinizadora de Chilca (**)					2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	
5.5	Planta desalinizadora para Ventanilla								1.50	1.50	
6.0	AGUAS SUBTERRÁNEAS SEDAPAL	4.23	4.27	4.38	5.39	5.00	3.34	3.34	5.64	7.14	7.14
6.1	Pozos SEDAPAL	3.23	3.27	3.38	3.51	3.62	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
6.2	28 Pozos Proyecto Chillón	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00
6.3	Extracción de Aguas Subterráneas del acuífero del Valle Chancay-Huaral								1.50	1.50	1.50
6.4	Derivación de excedentes del río Chancay a Lima									2.00	2.00
6.5	Extracción y recarga del río Lurín				0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
6.6	Extracción y recarga del río Chillón				0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
6.7	Extracción y recarga del río Rímac								0.80	0.80	0.80
TOTAL OFERTA EN ESTIAJE (**)		20.73	21.17	21.28	24.66	25.62	33.68	4.99	42.02	48.47	48.77
TOTAL OFERTA EN ESTIAJE (*)		20.73	21.17	21.28	24.66	25.62	31.28	32.59	44.47	50.92	51.22
DEMANDA DE ESTIAJE		28.49	29.25	29.89	29.69	29.71	29.74	30.00	31.56	33.53	35.62
BALANCE OFERTA - DEMANDA*		-7.76	-8.08	-8.61	-5.03	-4.09	3.94	4.99	10.46	14.94	13.15
BALANCE OFERTA - DEMANDA(**)		-7.76	-8.08	-8.61	-5.03	-4.09	1.54	2.59	12.91	17.39	15.60
<p>Volumen de Agua de Reserva que quedarían en nuestras infraestructuras de almacenamiento Multianuales en las zonas altoandinas.</p> <p>Caudal contemplando las pérdidas entre Chosica a la Atarjea + Derechos de Terceros + PTAP Huachipa</p> <p>En los años 2019/2023 se cubrirá el déficit de la demanda con mayor explotación de pozos</p>											

(*) Oferta y balance sin considerar el Proyecto Derivación Cañete a Lima.

(**) Oferta y Balance sin considerar el Proyecto Planta Desalinizadora de Chilca.

Fuente: SEDAPAL

ANEXO 2: Procesos, Subprocesos, Factores de Producción y Parámetros

Proceso	Subproceso	Factor de Producción	Parámetros
Regulación hídrica	Precipitación	Clima	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de datos históricos de precipitación y temperatura máximas y mínimas.
	Interceptación	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica superficial • Tipo de suelo
	Infiltración de Agua		<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente • Profundidad efectiva del suelo (materia orgánica).
	Escorrentía Superficial	Cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de coberturas y áreas (%)
	Evapotranspiración		<ul style="list-style-type: none"> • Composición florística (%) • Riqueza de especies (#especies/área)
	EscorrentíaSub-superficial	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica superficial • Tipo de suelo • Pendiente • Profundidad efectiva del suelo (materia orgánica).
Almacenamiento nivel superficial y sub superficial	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Ph • Conductividad eléctrica • Oxígeno disuelto • Régimen hídrico (periodos de lluvia y estiaje) • Origen del agua (entrada / salida) – superficial. 	
Gestión de los ecosistemas	Actividades humanas (trabajo)	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo de praderas • Monitoreo • Manejo en actividades agropecuarias 	

Fuente: AQUAFONDO

ANEXO 3: Precipitación, temperatura y caudal promedio 1986-2016



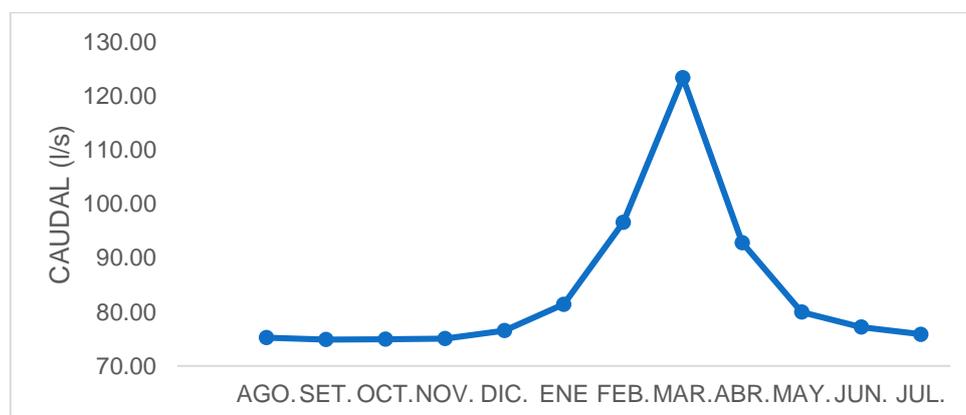
Precipitación media mensual periodo 1986-2016.

Fuente: AQUAFONDO



Temperatura media mensual – Anual 1986-2016.

Fuente: AQUAFONDO



Caudales promedio mensuales generados 1986-2016

Fuente: AQUAFONDO

ANEXO 4: Método RAS

Debido a lo extenso de los datos solo consideraremos en el anexo el cálculo del método RAS para las áreas a intervenir con el PIP.

Cantidad de hectáreas a intervenir con el PIP

Zonas / Vegetación (polígono)	Bofeda (ha)	Césped (ha)	Pajona (ha)	Perigl (ha)	Suelo (ha)	Tólar (ha)
0	3.36	0.157904	0.392024	0.170087	-	-
1	0.85	0.183119	0.040651	0.012641	-	0.00357
2	2.87	0.169334	0.664298	0.054514	0.001153	-
3	0.332002	0.126675	0.004415	0.013663	-	-
4	0.211659	0.089217	0.007141	-	-	-
5	0.27728	0.022403	-	-	-	0.017102
6	0.310375	0.079395	-	-	-	0.001046
7	0.23909	0.010162	0.005701	-	-	-
8	0.417907	0.006881	-	0.003823	-	0.047923
9	0.028785	5.585994	7.198498	0.409286	0.599014	-
10	-	1.375477	0.408364	0.519561	-	2.559108
11	0.111386	0.628328	0.341464	0.064943	-	-
12	0.142562	0.04	0.000527	0.000651	-	-
13	0.592602	3.847724	6.64355	0.13915	-	0.000656
14	0.006557	2.046008	1.722316	0.131427	0.033283	-
15	-	1.228795	0.647701	0.059126	0.066635	12.417867
16	-	0.923816	0.05548	0.067843	0.094341	0.922297
17	0.690269	3.340888	11.327247	0.016546	0.041712	1.457066
18	-	0.750462	0.859133	0.01437	0.090779	2.637174
19	-	0.785916	4.251063	0.113638	0.031405	0.519635
20	0.086481	1.879459	3.870294	0.200068	0.257539	-
21	-	1.489486	0.330144	0.272452	-	-
22	-	0.289843	0.063209	0.018574	-	-
23	0.053879	0.239346	0.008408	0.020136	-	0.010698
24	-	0.3562	0.171357	0.013705	0.000564	-
25	0.062704	0.369675	0.178485	0.030473	0.027108	-
26	0.243007	0.023381	0.062872	0.068859	-	-
27	0.041917	0.008409	0.058167	0.035684	-	-
28	0.30559	0.89191	0.062608	0.009864	0.099553	0.881463
29	-	1.373277	0.310594	0.158692	0.158437	0.864585
30	-	2.96027	1.205054	0.615554	0.600489	4.447763
31	-	0.563992	0.140476	0.296717	0.029003	3.05483
32	0.10854	1.766249	2.495301	0.445601	0.000784	-
33	-	0.458463	-	0.009763	-	0.219391
34	-	0.296903	0.064861	0.265395	0.023566	0.636351
35	-	0.600519	-	0.26474	-	0.131383
36	0.424097	0.265499	0.044399	0.281933	-	0.070897
37	0.060291	0.523342	0.282458	0.31071	0.123551	2.392253

38	0.102067	0.863718	-	0.67836	0.028422	0.228851
39	-	1.127448	0.11512	0.057857	0.135306	0.794996
40	0.097853	2.905003	-	0.295621	0.447338	1.89719
41	-	1.249938	-	0.004288	0.891866	3.369132
42	-	1.101546	0.020099	0.138303	0.492095	0.368763
43	-	0.621724	-	0.15153	0.58508	0.228485
44	0.784912	1.87139	-	0.030862	-	0.729317
45	-	0.147524	0.038185	0.026003	-	-
46	-	0.18992	0.264799	0.973197	0.073907	-
47	2.123035	1.448947	1.29838	0.167544	0.004583	-
48	0.00454	2.005085	-	0.125001	0.058881	1.410989
49	-	0.274739	-	-	0.264089	0.202546
50	-	6.729404	2.154278	1.138797	1.649566	12.208211
51	-	2.544506	0.231306	0.32753	0.496464	4.390811
52	-	0.133394	-	0.005354	0.104818	1.721766
53	-	0.034054	-	0.000033	-	0.540415
54	-	0.013645	-	0.001997	-	0.288628
55	-	0.028311	-	0.000005	0.029675	0.074469
56	-	0.007807	0.000227	0.007102	-	0.229087
57	-	0.000015	-	0.000785	0.000402	0.09669
58	0.905828	1.247754	-	0.025026	-	0.12918
59	-	0.282056	0.231804	0.008112	0.000024	-
60	0.043414	0.012841	0.000027	0.005991	-	-
61	-	0.587159	0.49358	0.115149	0.008428	-
62	-	0.393531	-	0.18376	0.379745	1.288951
63	0.000759	0.144718	0.03396	2.327397	0.062312	-
64	-	0.040193	0.253225	0.944377	0.12306	0.233035
65	-	0.056681	0.000045	0.029177	0.146213	0.021518
66	0.309023	1.937782	0.068322	0.021303	0.061506	3.555078
67	-	0.012823	-	0.005623	0.00708	0.038693
68	-	0.029003	-	0.064386	0.407607	0.051846
69	-	0.044735	-	-	0.17084	0.014633
70	-	0.027819	0.011906	-	0.004769	0.000155
71	-	-	0.025409	0.052588	0.002657	-
72	0.121306	0.046931	0.000088	0.013815	-	-
73	-	0.08145	0.115684	0.079922	0.038795	0.919663
74	0.269266	0.389622	0.175878	0.079179	-	-
75	0.001921	0.323684	0.172308	0.008675	-	-
76	-	0.638556	0.600316	0.168021	-	-
77	-	0.21252	0.238488	0.113943	-	-
78	-	0.559211	0.036167	0.106787	-	-
79	0.046599	0.340352	0.047016	1.123962	0.000238	0.014709
80	0.024516	0.700776	-	0.080481	-	0.62936
81	-	0.359494	-	0.019195	-	0.709526
82	-	0.119407	0.244314	1.578175	0.925979	-
83	0.60956	1.521625	0.228452	0.084758	-	-
84	0.12871	0.002641	-	0.05725	-	-
85	0.098484	0.543807	0.162635	0.362518	0.054794	0.055571

86	-	0.003053	-	0.132225	-	0.059172
87	-	0.041913	4.176476	3.857375	-	0.001367
88	0.355498	0.704927	0.133893	3.282212	-	0.09036
89	-	0.759927	0.21086	0.315518	0.373369	1.044137
90	-	1.096291	0.221962	0.033645	0.731387	4.648575
91	0.485298	0.068748	0.132206	0.286076	0.125175	-
92	-	0.070828	0.270872	2.520303	0.68095	-
93	0.088834	0.048832	0.055202	0.112229	-	-
94	0.019226	0.431717	0.504738	0.797541	0.072192	-
Total	18.447	72.936	56.886	28.237	11.919	75.579

Coefficiente de ecosistema

Kv	Bofeda	Cesped	Pajona	Perigl	Suelo	Tólar
Sin proyecto	0.03	0.05	0.05	0.03	0.01	0.08
Con proyecto	0.05	0.1	0.1	0.05	0.01	0.15

Coefficientes de pendiente y tipo de suelo

Zonas / Vegetación (polígono)	Kp pend	Ks tipo_suelo	Zonas / Vegetación (polígono)	Kp pend	Ks tipo_suelo
0	0.07	0.15	48	0.07	0.15
1	0.07	0.15	49	0.07	0.15
2	0.15	0.15	50	0.05	0.15
3	0.07	0.15	51	0.07	0.15
4	0.07	0.15	52	0.07	0.15
5	0.15	0.15	53	0.05	0.15
6	0.15	0.15	54	0.15	0.15
7	0.07	0.15	55	0.07	0.15
8	0.15	0.15	56	0.05	0.15
9	0.07	0.15	57	0.07	0.15
10	0.07	0.15	58	0.15	0.15
11	0.07	0.15	59	0.07	0.15
12	0.15	0.15	60	0.07	0.15
13	0.07	0.15	61	0.07	0.15
14	0.15	0.15	62	0.07	0.15
15	0.07	0.15	63	0.07	0.15
16	0.07	0.15	64	0.07	0.15
17	0.07	0.15	65	0.07	0.15
18	0.07	0.15	66	0.15	0.15
19	0.07	0.15	67	0.07	0.15
20	0.15	0.15	68	0.07	0.15
21	0.07	0.15	69	0.07	0.15
22	0.15	0.15	70	0.07	0.15

23	0.15	0.15	71	0.07	0.15
24	0.07	0.15	72	0.07	0.15
25	0.15	0.15	73	0.07	0.15
26	0.15	0.15	74	0.07	0.15
27	0.15	0.15	75	0.07	0.15
28	0.15	0.15	76	0.07	0.15
29	0.15	0.15	77	0.07	0.15
30	0.07	0.15	78	0.07	0.15
31	0.07	0.15	79	0.07	0.15
32	0.07	0.15	80	0.15	0.15
33	0.15	0.15	81	0.15	0.15
34	0.15	0.15	82	0.07	0.15
35	0.15	0.15	83	0.07	0.15
36	0.07	0.15	84	0.07	0.15
37	0.15	0.15	85	0.15	0.15
38	0.07	0.15	86	0.07	0.15
39	0.05	0.15	87	0.07	0.15
40	0.07	0.15	88	0.07	0.15
41	0.07	0.15	89	0.07	0.15
42	0.07	0.15	90	0.07	0.15
43	0.05	0.15	91	0.15	0.15
44	0.07	0.15	92	0.07	0.15
45	0.07	0.15	93	0.07	0.15
46	0.07	0.15	94	0.15	0.15
47	0.07	0.15			

EL balance climático se calcula con los datos de precipitación y la temperatura por polígono.

Balance climático y coeficiente de infiltración situación con proyecto

Zonas / Vegetación (polígono)	BC (mm)	Coeficiente de infiltración = (Kv+Kp+Ks)					
		Bofeda	Cesped	Pajona	Perigl	Suelo	Tolar
0	118.661	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
1	116.575	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
2	112.871	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
3	114.718	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
4	116.395	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
5	126.409	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
6	124.263	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
7	119.362	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
8	121.794	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
9	115.014	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
10	118.814	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
11	118.313	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
12	116.774	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
13	115.948	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370

14	113.307	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
15	116.624	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
16	116.759	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
17	112.402	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
18	114.163	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
19	112.044	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
20	115.226	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
21	117.157	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
22	117.963	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
23	119.652	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
24	118.762	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
25	118.171	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
26	118.217	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
27	118.465	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
28	120.583	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
29	120.311	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
30	115.377	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
31	117.305	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
32	113.800	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
33	121.768	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
34	121.735	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
35	121.566	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
36	119.296	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
37	123.911	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
38	123.231	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
39	121.475	0.250	0.300	0.300	0.250	0.210	0.350
40	136.059	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
41	149.396	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
42	122.967	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
43	121.047	0.250	0.300	0.300	0.250	0.210	0.350
44	139.018	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
45	129.934	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
46	117.709	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
47	106.937	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
48	147.960	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
49	158.101	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
50	126.713	0.250	0.300	0.300	0.250	0.210	0.350
51	128.570	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
52	166.276	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
53	158.571	0.250	0.300	0.300	0.250	0.210	0.350
54	164.489	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
55	156.375	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
56	156.357	0.250	0.300	0.300	0.250	0.210	0.350
57	154.110	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
58	146.244	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
59	116.629	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
60	116.837	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
61	117.713	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370

62	127.120	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
63	125.875	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
64	116.141	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
65	125.136	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
66	128.126	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
67	123.020	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
68	146.092	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
69	153.797	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
70	128.224	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
71	118.035	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
72	118.130	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
73	117.049	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
74	118.719	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
75	118.036	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
76	111.387	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
77	116.772	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
78	116.765	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
79	117.884	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
80	127.775	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
81	128.785	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
82	113.748	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
83	116.578	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
84	117.421	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
85	118.907	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
86	120.061	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
87	118.374	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
88	120.411	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
89	126.887	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
90	116.804	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
91	118.296	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450
92	117.348	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
93	116.941	0.270	0.320	0.320	0.270	0.230	0.370
94	118.263	0.350	0.400	0.400	0.350	0.310	0.450

Para la recarga total multiplicaremos el balance climático con el coeficiente de infiltración y la cantidad de hectáreas por cada polígono y cada tipo de vegetación o suelo.

Recarga hídrica m³/año situación con proyecto

Zonas / Vegetación (polígono)	Bofeda	Cesped	Pajona	Perigl	Suelo	Tólar	Total
0	1,077.08	59.96	148.86	54.49	-	-	1,340.39
1	267.43	68.31	15.16	3.98	-	1.54	356.42
2	1,133.02	76.45	299.92	21.54	0.40	-	1,531.33

3	102.83	46.50	1.62	4.23	-	-	155.19
4	66.52	33.23	2.66	-	-	-	102.41
5	122.68	11.33	-	-	-	9.73	143.73
6	134.99	39.46	-	-	-	0.58	175.04
7	77.05	3.88	2.18	-	-	-	83.11
8	178.15	3.35	-	1.63	-	26.27	209.39
9	8.94	2,055.89	2,649.36	127.10	158.46	-	4,999.74
10	-	522.96	155.26	166.67	-	1,125.01	1,969.91
11	35.58	237.89	129.28	20.75	-	-	423.49
12	58.27	18.68	0.25	0.27	-	-	77.46
13	185.52	1,427.63	2,464.98	43.56	-	0.28	4,121.97
14	2.60	927.31	780.60	52.12	11.69	-	1,774.32
15	-	458.58	241.72	18.62	17.87	5,358.41	6,095.21
16	-	345.17	20.73	21.39	25.33	398.44	811.06
17	209.49	1,201.67	4,074.26	5.02	10.78	605.98	6,107.20
18	-	274.16	313.86	4.43	23.84	1,113.95	1,730.24
19	-	281.78	1,524.18	34.38	8.09	215.42	2,063.86
20	34.88	866.25	1,783.84	80.69	91.99	-	2,857.64
21	-	558.41	123.77	86.18	-	-	768.37
22	-	136.76	29.83	7.67	-	-	174.26
23	22.56	114.55	4.02	8.43	-	5.76	155.33
24	-	135.37	65.12	4.39	0.15	-	205.04
25	25.93	174.74	84.37	12.60	9.93	-	307.58
26	100.55	11.06	29.73	28.49	-	-	169.82
27	17.38	3.98	27.56	14.80	-	-	63.72
28	128.97	430.20	30.20	4.16	37.21	478.30	1,109.04
29	-	660.88	149.47	66.82	59.09	468.09	1,404.35
30	-	1,092.95	444.91	191.76	159.35	1,898.72	3,787.68
31	-	211.71	52.73	93.98	7.83	1,325.88	1,692.13
32	33.35	643.20	908.69	136.92	0.21	-	1,722.36
33	-	223.30	-	4.16	-	120.22	347.68
34	-	144.57	31.58	113.08	8.89	348.60	646.72
35	-	292.01	-	112.64	-	71.87	476.53
36	136.60	101.35	16.95	90.81	-	31.29	377.01
37	26.15	259.39	140.00	134.75	47.46	1,333.92	1,941.67
38	33.96	340.60	-	225.71	8.06	104.35	712.67
39	-	410.87	41.95	17.57	34.52	338.00	842.91
40	35.95	1,264.80	-	108.60	139.99	955.08	2,504.42
41	-	597.55	-	1.73	306.45	1,862.34	2,768.07
42	-	433.45	7.91	45.92	139.18	167.78	794.23
43	-	225.77	-	45.86	148.73	96.80	517.16
44	294.61	832.50	-	11.58	-	375.14	1,513.83
45	-	61.34	15.88	9.12	-	-	86.34
46	-	71.54	99.74	309.30	20.01	-	500.58
47	612.99	495.83	444.31	48.38	1.13	-	1,602.62
48	1.81	949.35	-	49.94	20.04	772.45	1,793.59
49	-	139.00	-	-	96.03	118.48	353.51

50	-	2,558.11	818.93	360.75	438.95	5,414.30	9,591.03
51	-	1,046.87	95.16	113.70	146.81	2,088.75	3,491.29
52	-	70.98	-	2.40	40.09	1,059.27	1,172.73
53	-	16.20	-	0.01	-	299.93	316.14
54	-	8.98	-	1.15	-	213.64	223.77
55	-	14.17	-	0.00	10.67	43.09	67.93
56	-	3.66	0.11	2.78	-	125.37	131.91
57	-	0.01	-	0.33	0.14	55.13	55.61
58	463.65	729.91	-	12.81	-	85.01	1,291.38
59	-	105.27	86.51	2.55	0.01	-	194.34
60	13.70	4.80	0.01	1.89	-	-	20.40
61	-	221.17	185.92	36.60	2.28	-	445.97
62	-	160.08	-	63.07	111.03	606.25	940.43
63	0.26	58.29	13.68	790.99	18.04	-	881.26
64	-	14.94	94.11	296.14	32.87	100.14	538.20
65	-	22.70	0.02	9.86	42.08	9.96	84.62
66	138.58	993.12	35.02	9.55	24.43	2,049.75	3,250.45
67	-	5.05	-	1.87	2.00	17.61	26.53
68	-	13.56	-	25.40	136.96	28.02	203.94
69	-	22.02	-	-	60.43	8.33	90.78
70	-	11.41	4.89	-	1.41	0.07	17.78
71	-	-	9.60	16.76	0.72	-	27.08
72	38.69	17.74	0.03	4.41	-	-	60.87
73	-	30.51	43.33	25.26	10.44	398.29	507.83
74	86.31	148.02	66.82	25.38	-	-	326.52
75	0.61	122.26	65.08	2.76	-	-	190.72
76	-	227.61	213.98	50.53	-	-	492.11
77	-	79.41	89.12	35.92	-	-	204.45
78	-	208.95	13.51	33.67	-	-	256.13
79	14.83	128.39	17.74	357.74	0.06	6.42	525.18
80	10.96	358.17	-	35.99	-	361.88	767.00
81	-	185.19	-	8.65	-	411.19	605.04
82	-	43.46	88.93	484.69	242.25	-	859.34
83	191.87	567.64	85.22	26.68	-	-	871.41
84	40.81	0.99	-	18.15	-	-	59.95
85	40.99	258.65	77.35	150.87	20.20	29.74	577.79
86	-	1.17	-	42.86	-	26.29	70.32
87	-	15.88	1,582.04	1,232.86	-	0.60	2,831.37
88	115.58	271.62	51.59	1,067.07	-	40.26	1,546.12
89	-	308.56	85.62	108.09	108.96	490.20	1,101.44
90	-	409.76	82.96	10.61	196.49	2,008.99	2,708.81
91	200.93	32.53	62.56	118.45	45.90	-	460.37
92	-	26.60	101.72	798.53	183.79	-	1,110.63
93	28.05	18.27	20.66	35.44	-	-	102.41
94	7.96	204.22	238.77	330.12	26.47	-	807.53
Recarga hídrica m³/año							106,575.27

El total de recarga hídrica para toda la microcuenca en la situación con proyecto es de 383,532.12 m³/año, que es la suma de los 106,575.27 m³/año (del área de intervención) más la recarga del área que no se intervendrá que es de 276,956.85 m³/año.

Para calcular la demanda del SERH, se estimó la recarga de toda la microcuenca si los ecosistemas estuvieran en el mejor estado de conservación, resultando un valor de 404,457.26 m³/año.

La recarga hídrica en las situación sin proyecto se calcula de la misma manera pero con los Kv correspondientes.

El valor de la recarga hídrica para el área de intervención en la situación sin proyecto es de 91,107.54 m³/año.

El valor de la recarga hidria para toda la microcuenca en la situación sin proyecto es de 368,064.38 m³/año.

Según la (FTS-SERH) se tiene que realizar un análisis de probabilidades para estimar el aporte al escurrimiento total, bajo un escenario conservador.

Cada caso es una combinación de probabilidad. Para el presente estudio se realizó un total de 2000 casos.

Estimación del aporte del escurrimiento total bajo un análisis de probabilidad en un escenario conservador

			S/P 368,064.38 m ³ /año	Demanda-C/P 404,457.26 m ³ /año
Caso n			S/P	C/P
Escenarios	Porcentaje	Probabilidad*	% de la recarga potencial por infiltración (m3/año)	% de la recarga potencial por infiltración (m3/año)
Muy bajo	20%	A	20%*A*S/P	20%*A*C/P
Bajo	30%	B	30%*B*S/P	30%*B*C/P
Moderado	50%	C	50%*C*S/P	50%*C*C/P
Escurrimiento base (m3/año)			EB-S/P-Cn	EB-C/P-Cn

(*) A+B+C = 100%

Una vez obtenido el escurrimiento base para los 2000 casos, se promedia para obtener Escurrimiento base que aporta al caudal total.

Calculo del escurrimiento base que aporta al escurrimiento total

Casos	Situación S/P Escorrimento base (m3/año)	Situación C/P Escorrimento base (m3/año)
Caso 1	EB-S/P-C1	EB-C/P-C1
Caso 2	EB-S/P-C2	EB-C/P-C2
....
Caso 2000	EB-S/P-C2000	EB-C/P-C2000
Escorrimento base que aporta al caudal total	123,193.95	135,374.92

Para calcular la tasa de reducción de la recarga hídrica en el horizonte de evaluación en una situación sin proyecto (oferta sin proyecto), se simuló que en 20 años todos los ecosistemas estarían degradados y tendrían un coeficiente Kv de un ecosistema glaciar y periglacial (0.03), este valor sería 356,055.44 m³/año. La tasa calculada es de -0.17%.

Brecha oferta-demanda en el horizonte de evaluación

Fases del proy.	Horiz. de eval. (años)	Periodo	Demanda (m³)	Oferta (m³)	Brecha (m³)
<i>Ejecución</i>	<i>1</i>		<i>135,374.92</i>	<i>123,193.95</i>	<i>-12,180.97</i>
	<i>2</i>		<i>135,374.92</i>	<i>122,989.79</i>	<i>-12,385.13</i>
	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>135,374.92</i>	<i>122,785.97</i>	<i>-12,588.95</i>
	<i>4</i>		<i>135,374.92</i>	<i>122,582.49</i>	<i>-12,792.43</i>
	<i>5</i>		<i>135,374.92</i>	<i>122,379.35</i>	<i>-12,995.57</i>
	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>135,374.92</i>	<i>122,176.54</i>	<i>-13,198.38</i>
	<i>7</i>	<i>2</i>	<i>135,374.92</i>	<i>121,974.07</i>	<i>-13,400.85</i>
	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>135,374.92</i>	<i>121,771.94</i>	<i>-13,602.98</i>
	<i>9</i>	<i>4</i>	<i>135,374.92</i>	<i>121,570.14</i>	<i>-13,804.78</i>
	<i>10</i>	<i>5</i>	<i>135,374.92</i>	<i>121,368.67</i>	<i>-14,006.25</i>
	<i>11</i>	<i>6</i>	<i>135,374.92</i>	<i>121,167.54</i>	<i>-14,207.38</i>
	<i>12</i>	<i>7</i>	<i>135,374.92</i>	<i>120,966.74</i>	<i>-14,408.18</i>
<i>Funcionamiento</i>	<i>13</i>	<i>8</i>	<i>135,374.92</i>	<i>120,766.27</i>	<i>-14,608.65</i>
	<i>14</i>	<i>9</i>	<i>135,374.92</i>	<i>120,566.14</i>	<i>-14,808.78</i>
	<i>15</i>	<i>10</i>	<i>135,374.92</i>	<i>120,366.34</i>	<i>-15,008.58</i>
	<i>16</i>	<i>11</i>	<i>135,374.92</i>	<i>120,166.87</i>	<i>-15,208.05</i>
	<i>17</i>	<i>12</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,967.73</i>	<i>-15,407.19</i>
	<i>18</i>	<i>13</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,768.92</i>	<i>-15,606.00</i>
	<i>19</i>	<i>14</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,570.44</i>	<i>-15,804.48</i>
	<i>20</i>	<i>15</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,372.29</i>	<i>-16,002.63</i>
	<i>21</i>	<i>16</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,372.29</i>	<i>-16,002.63</i>
	<i>22</i>	<i>17</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,372.29</i>	<i>-16,002.63</i>
	<i>23</i>	<i>18</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,372.29</i>	<i>-16,002.63</i>
	<i>24</i>	<i>19</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,372.29</i>	<i>-16,002.63</i>
	<i>25</i>	<i>20</i>	<i>135,374.92</i>	<i>119,372.29</i>	<i>-16,002.63</i>

ANEXO 5: Costo directo por acción de la alternativa 1 y 2.

Alternativa 1

Componente /acción	Acción sobre los activos		Tipo de factor productivo	Unidad Física		Dimensión física		Costo unitario (S/)	Costo total (S/)
	Activos estratégicos esenciales			Unid. de med.	Cant.	Unid. de med.	Cant.		
Recuperación de la cobertura vegetal nativa									
Instalación de cerco excluidores para protección de bofedales	Excluidores	con	Infraestr. natural	N° de cercos	3	ml	3099.04	15.70	48,654.93
Adaptación al régimen de precipitación									
<i>Construcción de dique para aumento de embalse de la lagua Chanicocha</i>	<i>Dique de material de prestamo y arcilla para embalse</i>		<i>Infraestr. natural</i>	<i>N° de embalses</i>	<i>1</i>	<i>m³</i>	<i>75412.79</i>	<i>3.19</i>	<i>240,566.80</i>
Recuperación de la cobertura vegetal nativa de los ecosistemas asociados									
Revegetación en secano para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Subulifolia y Polylepis Incana)	superficie revegetada		Infraestr. natural	N° zonas a revegetar	2	ha	3.56	55,793.41	198,624.54
<i>Revegetación bajo riego para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Dolichophylla y Polylepis Flavipila)</i>	<i>superficie revegetada, sistema de riego por goteo</i>		<i>Infraestr. natural</i>	<i>N° zonas a revegetar</i>	<i>3</i>	<i>ha</i>	<i>8.16</i>	<i>60,613.03</i>	<i>494,602.32</i>
Implementación de sistema de pastoreo	Excluidores	con	Infraestr. natural	N° de cercos	30	ml	44,678.81	15.03	671,522.57
Adaptación en los regímenes de precipitación de los ecosistemas asociados									

Instalación de diques para protección de cárcavas	Diques rustico para cárcavas	Infraestr. natural	N° de Cárcavas	1	ha	1.6	9,718.98	15,550.37
Construcción de zanjas de infiltración	zanjas de infiltración con materiales rústicos	Infraestr. natural	N° de zanjas	1309	ml	13090	10.72	140,324.80
Adecuadas prácticas de manejo de ecosistemas de interés hídrico								
Manejo de forestación / revegetación	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Técnicas y manejo de riego parcelario	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Recuperación y protección de bofedales	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Diseño y mantenimiento de zanjas de infiltración	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	2	horas	3	1,043.00	3,129.00
Implementación de sistemas de pastoreo	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Taller in situ en conservación de servicios ecosistémicos	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	6	801.50	4,809.00
Adecuada capacidad de gestión de ecosistemas de interés hídrico								
Implementación de capacidades para el fortalecimiento de la organización de usuarios	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	4	horas	6	801.50	4,809.00
Capacitación en conservación y recuperación de servicios ecosistémicos	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	4	horas	6	2,871.50	17,229.00
Medidas de reducción del riesgo y de mitigación ambiental								
								17,682.40
							Costos directos	1,873,380.73
							Gastos Generales (13%)	243,539.49
							Sub total	2,116,920.22
							IGV (18%)	381,045.64
							Total	2,497,965.87

Alternativa 2

Componente /acción	Acción sobre los activos Activos estratégicos esenciales	Tipo de factor productivo	Unidad Física		Dimensión física		Costo unitario	Costo total (S/)
			Unid. de med.	Cant.	Unid. de med.	Cant.		
Recuperación de la cobertura vegetal nativa								
Instalación de cerco excluidores para protección de bofedales	Excluidores con materiales naturales	Infraestr. natural	N° de cercos	3	ml	3099.04	15.70	48,654.93
Adaptación al régimen de precipitación								
<i>Construcción de dique para aumento de embalse de la lagua Chanicocha</i>	<i>Dique de material de prestamo y arcilla para embalse</i>	<i>Infraestr. natural</i>	<i>N° de embalses</i>	<i>1</i>	<i>m³</i>	<i>104863.68</i>	<i>3.19</i>	<i>334,515.14</i>
Recuperación de la cubertura vegetal nativa de los ecosistemas asociados								
Revegetación en secano para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Subulifolia y Polylepis Incana)	superficie revegetada	Infraestr. natural	N° zonas a revegetar	2	ha	3.56	55,793.41	198,624.54
<i>Revegetación bajo riego para ecosistema asociado con especies nativas (Festuca Dolichophylla y Polylepis Flavipila)</i>	<i>superficie revegetada, sistema de riego por aspersión</i>	<i>Infraestr. natural</i>	<i>N° zonas a revegetar</i>	<i>3</i>	<i>ha</i>	<i>8.16</i>	<i>56,370.12</i>	<i>459,980.16</i>
Implementación de sistema de pastoreo	Excluidores con materiales naturales	Infraestr. natural	N° de cercos	30	ml	44,678.81	15.03	671,522.57
Adaptación en los regímenes de precipitación de los ecosistemas asociados								
Instalación de diques para protección de cárcavas	Diques rustico para cárcavas	Infraestr. natural	N° de Cárcavas	1	ha	1.6	9,718.98	15,550.37

Construcción de zanjias de infiltración con materiales rústicos	zanjas de infiltración con materiales rústicos	Infraestr. natural	N° de zanjias	1309	ml	13090	10.72	140,324.80
Adecuadas prácticas de manejo de ecosistemas de interés hídrico								
Manejo de forestación / revegetación	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Técnicas y manejo de riego parcelario	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Recuperación y protección de bofedales	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Diseño y mantenimiento de zanjias de infiltración	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	2	horas	3	1,043.00	3,129.00
Implementación de sistemas de pastoreo	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	4.5	882.00	3,969.00
Taller in situ en conservación de servicios ecosistémicos	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	3	horas	6	801.50	4,809.00
Adecuada capacidad de gestión de ecosistemas de interés hídrico								
Implementación de capacidades para el fortalecimiento de la organización de usuarios	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	4	horas	6	801.50	4,809.00
Capacitación en conservación y recuperación de servicios ecosistémicos	Capacidades técnicas	Intangible	Taller	4	horas	6	2,871.50	17,229.00
Medidas de reducción del riesgo y de mitigación ambiental								
								17,682.40
							Costos directos	1,932,706.91
							Gastos Generales (13%)	251,251.90
							Sub total	2,183,958.81
							IGV (18%)	393,112.59
							Total	2,577,071.39

ANEXO 6: Costos de O&M de precios de mercado a precios sociales

Costo de O&M a precios sociales

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Frecuencia por año	Costo und.	Costo total	F.C	Costo a precio social
Operación							
Personal							
Personal técnico	Técnico	1	12	2,000.00	24,000.00	0.790	18,960.00
Materiales e insumos							
Insumos para monitoreo	Insumo	1	12	200.00	2,400.00	0.847	2,032.80
Trasporte	Trasporte	1	12	150.00	1,800.00	0.847	1,524.60
Material de oficina	Paquete	1	12	150.00	1,800.00	0.847	1,524.60
Equipo de informática	Equipo	1	1	200.00	200.00	0.847	169.40
Materiales de seguridad	Paquete	2	1	150.00	300.00	0.847	254.10
Mantenimiento							
Diques (Herramientas, transporte y mano de obra)							
Personal							
Ingeniero civil	Jornal	4	1	80.00	320.00	0.790	252.80
Obrero	Jornal	8	1	50.00	400.00	0.420	168.00
Materiales e insumos							
Materiales y transporte	Gbl	1	1	1,000.00	1,000.00	0.847	847.00
Sistema de riego (Herramientas, transporte y mano de obra)							
Personal							
Ingeniero civil	Jornal	2	4	80.00	640.00	0.790	505.60
Obrero	Jornal	4	4	50.00	800.00	0.420	336.00
Materiales e insumos							
Materiales y transporte	Gbl	1	4	1,000.00	4,000.00	0.847	3,388.00
Zanjas de infil. (transporte, materiales y mano de obra)							
Personal							
Obrero	Jornal	15	4	60.00	3,600.00	0.420	1,512.00
Materiales e insumos							
Materiales y transporte	Gbl	1	4	200.00	800.00	0.847	677.60
Reforestación (transporte, materiales y mano de obra)							
Personal							
Obrero	Jornal	4	4	60.00	960.00	0.420	403.20
Materiales e insumos							
Materiales y transporte	Gbl	1	4	200.00	800.00	0.847	677.60
Cerco exclusión. (transporte, materiales y mano de obra)							
Personal							
Obrero	Jornal	15	1	60.00	900.00	0.420	378.00
Materiales e insumos							
Materiales y transporte	Gbl	1	1	300.00	300.00	0.847	254.10
Total					45,020.00		33,865.40

Proyección de los costos de O&M a precios sociales

Actividades	Unidad de medida	Costo a precio social	Año 1	...Año 4	Año 5	...Año 8	Año 9	...Año 12	Año 13	...Año 16	Año 17	...Año 20
Operación												
Personal												
Personal técnico	Técnico	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00	18,960.00
Materiales e insumos												
Insumos para monitoreo	Insumo	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80	2,032.80
Trasporte	Trasporte	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60	1,524.60
Material de oficina	Paquete	1,524.60	1,524.60	1,524.60	3,049.20	3,049.20	4,573.80	4,573.80	6,098.40	6,098.40	7,623.00	7,623.00
Equipo de informática	Equipo	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40	169.40
Materiales de seguridad	Paquete	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10
Mantenimiento												
Diques (Herramientas, transporte y mano de obra)												
Personal												
Ingeniero civil	Jornal	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80	252.80
Obrero	Jornal	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00
Materiales e insumos												

Materiales y transporte	Gbl	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00	847.00
Sistema de riego (Herramientas, transporte y mano de obra)												
Personal												
Ingeniero civil	Jornal	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60	505.60
Obrero	Jornal	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00	336.00
Materiales e insumos												
Materiales y transporte	Gbl	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00	3,388.00
Zanjas de infil. (transporte, materiales y mano de obra)												
Personal												
Obrero	Jornal	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00	1,512.00
Materiales e insumos												
Materiales y transporte	Gbl	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60
Reforestación (transporte, materiales y mano de obra)												
Personal												
Obrero	Jornal	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20	403.20

Materiales e insumos												
Materiales y transporte	Gbl	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60	677.60
Cerco exclusión. (transporte, materiales y mano de obra)												
Personal												
Obrero	Jornal	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00	378.00
Materiales e insumos												
Materiales y transporte	Gbl	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10	254.10
Total (S/)		33,865.40	33,865.40	33,865.40	35,390.00	35,390.00	36,914.60	36,914.60	38,439.20	38,439.20	39,963.80	39,963.80

ANEXO 7: Principales indicadores de los PIP similares o de referencia

Código del PIP	Monto de inversión (S/)	Demanda	Oferta	Brecha (O&D)	Und.	IE	Und.	CE
2481601	10,353,335.41	7692 ha	0	-7692 ha en todo el horizonte de evaluación	m ² Beneficiado	76,923,800 sin referencia	S//m ² S//benef.	0.14 3.73
					m ³	sin referencia	S//m ³	0.53
2506446	2,795,715.99	774 ha	45 ha	-729 ha en todo el horizonte de evaluación	m ² Beneficiado	7,743,500 sin referencia	S//m ² S//benef.	0.41 94.31
					m ³	sin referencia	S//m ³	1.41
2508134	2,176,209.75	357 ha	0	-357 ha en todo el horizonte de evaluación	ha Beneficiado	357 20,778	S//ha S//benef.	7,556.68 129.84
2467414	2,017,181.55	34.14 ha	0	-34.14 ha en todo el horizonte de evaluación	ha Beneficiado	34.14 sin referencia	S//ha S//benef.	86,602.02 1,971.06
2467421	1,900,829.06	100.72 ha	0	-100.72 ha en todo el horizonte de evaluación	ha Beneficiado	100.72 sin referencia	S//ha S//benef.	28,199.37 1,893.49
2467419	1,556,867.87	10.97 ha	0	-10.97 ha en todo el horizonte de evaluación	ha Beneficiado	10.97 sin referencia	S//ha S//benef.	221,438.33 1,619.45

(*) Los documentos adjuntados en la ficha técnica virtual del banco de inversiones de los PIP similares no contaban con esta información.

Fuente: Banco de inversiones, (MEF, s. f.)