



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

Canada



**FOREST
TRENDS**

GUÍAS PARA ELABORAR ESTUDIOS DEFINITIVOS
DE INFRAESTRUCTURA NATURAL (IN)
CON ENFOQUE DE GESTIÓN DEL RIESGO
DE DESASTRES (GRD)

Evaluación social costo-beneficio



**Infraestructura
Natural**

para la Seguridad Hídrica



Imperial College
London

Autores

Nathaly Cristina Abadía Salinas¹, Verónica Villena Cardich¹, Eber Rostaing Risco Sence¹, Zoila Yessica Armas Benites², Abel Aucasime Orihuela², Alex Roger Zambrano Ramírez² y Claudia Lebel Castillo²

Colaboradores

Edwing Arapa Guzmán¹

Supervisión editorial

Gabriel Rojas Guillén²

Cuidado de edición



Diseño y diagramación

Roger Ramirez Miranda

Corrección de estilo

Antonio Luya Ciertó

Foto de portada

Forest Trends

Forest Trends Association

RUC: 20603007396

Calle Los Ángeles 395, Miraflores

Lima, Perú

Desarrollo de contenidos: abril del 2022 a setiembre del 2023

Ira edición: julio del 2024

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2025-00606

Afiliaciones

¹ Experto temático

² Forest Trends, Washington D. C. - Estados Unidos

Agradecimientos

Agradecemos la valiosa revisión de quienes ayudaron con sus aportes o gestión: Fernando Momiy², Gena Gammie² y Fernando León².

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá. Los puntos de vista/opiniones de esta publicación son responsabilidad de Forest Trends y no reflejan necesariamente los de USAID, los del Gobierno de los Estados Unidos y el Gobierno de Canadá.



Índice

Presentación

1. Consideraciones generales

- 1.1. Objetivo
- 1.2. Alcance
- 1.3. Marco conceptual
- 1.4. Medidas de IN para el SERRN
- 1.5. Definiciones básicas
 - a. Servicios ecosistémicos
 - b. Rendimiento hídrico
 - c. Regulación hidrológica
 - d. Regulación de la calidad del agua
 - e. Regulación de eventos extremos
 - f. Conservación de los suelos

2. Estimación de beneficios sociales

- 2.1. Parte física
 - 2.1.1. Análisis geoespacial
 - 2.1.2. Revisión de modelos hidrológicos para IN
 - 2.1.3. Mapa de susceptibilidad física ante movimientos en masa existentes a nivel de cuenca
 - 2.1.4. Flujo de actividades para la determinación de las áreas, población, y unidades productoras afectadas/impactadas
 - 2.1.5. Imágenes Synthetic Aperture Radar (SAR)
- 2.2. Evaluación social de proyectos de IN que reducen el riesgo de inundaciones y movimientos en masa
 - 2.2.1. Beneficios sociales
 - 2.2.2. Costos sociales
 - 2.2.3. Indicadores de rentabilidad
 - 2.2.4. Parámetros de evaluación social
 - 2.2.5. Metodología de estimación de los beneficios sociales directos
 - 2.2.6. Metodología de estimación de los beneficios sociales indirectos
 - 2.2.7. Externalidades positivas

3. Caso aplicado de la evaluación social de un proyecto de inversión de IN para la gestión del riesgo de peligros de inundación y movimiento de masa en la cuenca del río Cañete

- 3.1. Proyecto de IN en la cuenca alta del río Cañete
- 3.2. Identificación de las áreas, población, y unidades productoras afectadas en la cuenca del río Cañete
- 3.3. Estimación de los beneficios sociales directos = costos evitados
 - 3.3.1. Daños a la agricultura
 - 3.3.2. Daños a la infraestructura hidráulica
 - 3.3.3. Infraestructura vial
 - 3.3.4. Daños a infraestructura privada y pública
 - 3.3.5. Daños a los servicios públicos
- 3.4. Estimación de beneficios sociales indirectos

4. Costos del proyecto

5. Evaluación beneficio-costos social e indicadores de rentabilidad

6. Comentarios del análisis de la complementariedad de los beneficios de la IN con los beneficios de la infraestructura gris

Conclusiones

Bibliografía

Índice de tablas

Tabla 1. Principales servicios ecosistémicos

Tabla 2. Valores de parámetros de evaluación social

Tabla 3. Ejemplos de medidas de IN

Tabla 4. Ejemplos de actores involucrados

Tabla 5. Información relevante de la intervención

Tabla 6. Implementación

Tabla 7. Resumen informativo de variables representativas en la cuenca analizada

Tabla 8. Rendimiento de caudales y sedimentos

Tabla 9. Atenuación de caudales y reducción

Tabla 10. Indicadores físicos determinados por el modelo KINEROS

Tabla 11. Población, medios de vida, infraestructuras afectadas/impactadas ante movimientos en masa e inundaciones para el evento de febrero de 2017

Tabla 12. Indicadores por tipo de fuente de información

Tabla 13. Costos evitados con proyecto a precios sociales por pérdidas de producción perdida y campaña no realizada

Tabla 14. Campañas agrícolas impactadas por las inundaciones según tipo de cultivo.

Tabla 15. Infraestructura vial - carreteras

Tabla 16. Costos evitados para el aspecto de carreteras

Tabla 17. Reporte INDECI

Tabla 18. Costos evitados de reconstrucción de diecinueve (19) puentes

Tabla 19. Infraestructura social – viviendas

Tabla 20. Costos evitados con y sin proyecto.

Tabla 21. Costo unitario promedio de daños por altura de agua por inundación para infraestructura pública

Tabla 22. Valor del daño a infraestructura pública incremental (miles de soles)

Tabla 23. Redes eléctricas

Tabla 24. Tipo de infraestructura

Tabla 25. Costos evitados para el ítem de redes eléctricas.

Tabla 26. Tipo de servicio ecosistémico

Tabla 27. Servicios ecosistémicos

Tabla 28. Valor económico del servicio ecosistémico de belleza paisajística
Tabla 29. Valor económico del servicio ecosistémico de control de la erosión
Tabla 30. Número de usuarios por comisión de riego y recaudación estimada
Tabla 31. Tipo de servicio ecosistémico
Tabla 32. Servicio ecosistémico
Tabla 33. Valor económico del servicio ecosistémico de captura de carbono
Tabla 34. Medidas de IN
Tabla 35. Costos de las medidas de IN a precios privados y precios sociales
Tabla 36. Costos directos a precios privados y precios sociales
Tabla 37. Gastos generales fijos y variables
Tabla 38. Valores beneficio-costo
Tabla 39. Medidas de IN

Índice de figuras

Figura 1. Figura: Modelo de integración multivariable mediante herramientas de los SIG para la modificación de susceptibilidad física.
Figura 2. Flujo metodológico para la determinación de áreas, población, unidades productoras afectadas/impactadas por peligros de inundación y movimientos de masa
Figura 3. Metodología para procesar datos multitemporales de Sentinel-1B SAR.
Figura 4. Componentes de los beneficios sociales
Figura 5. Flujo metodológico para la estimación de los beneficios sociales directos = costos evitados
Figura 6. Flujo metodológico para la estimación de los beneficios sociales indirectos
Figura 7. Valor económico total
Figura 8. Figura: Mapa de susceptibilidad física (alta y muy alta) en la cuenca del río Cañete
Figura 9. Mapa reclasificado de cobertura de la línea base (izquierdo), focalización potencial centro y focalización con prioridad alta (derecho)
Figura 10. Hidrograma de caudales y sedimentos
Figura 11. Huella de la inundación del evento El Niño Costero 2017 en la parte media-baja del río Cañete

Presentación



La ocurrencia del fenómeno de El Niño de los años 1982-1983, 1997-1998 y 2017 generó eventos climáticos de carácter extraordinario, resultando en cuantiosas pérdidas socioeconómicas para las zonas afectadas en el país. Su ocurrencia causa distintas alteraciones en los niveles y temporalidad de las lluvias. En 2017, luego de veinte años desde la presencia del último fenómeno de El Niño de carácter extraordinario, El Niño costero desencadenó lluvias torrenciales. Estas alteraciones se iniciaron hacia fines de diciembre del 2016 y se prolongaron hasta finales de mayo del 2017. Este nivel de lluvias causó huacos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes y tormentas, afectando a 1 782 316 personas, principalmente en la zona de La Libertad, Lambayeque, Ica, Loreto y Piura. Se registraron daños en 413 983 viviendas, establecimientos de salud y educación (INDECI, 2017). Mientras que, en la zona costera del Perú, el fenómeno de El Niño ocasiona un aumento extremo de las precipitaciones, en la zona andina se presentan sequías.

Daños similares se registraron en los años 1982 y 1983 con pérdidas valoradas en USD 1000 millones en infraestructura, producción y pérdidas sociales; mientras que en 1997-1998 los daños ascendieron a USD 3500 millones en los sectores de agricultura y pesca; infraestructura y servicios básicos; vivienda y construcción; salud; transporte y turismo (CAF, 2000).

El territorio peruano, debido a su ubicación geográfica, es una de las zonas más inestables del continente, cuyas características geológicas, geomorfológicas, climatológicas y sísmicas facilitan el desarrollo de movimientos de masa, que se constituyen en peligros naturales de ocurrencia cada vez más frecuente (INDECI, 2008; 2005; 2002; 1995, citado por Fidel, L. et al., 2010).

En el caso de las lluvias, la erosión por acción del agua provoca pérdidas del suelo en laderas, mayor sedimentación en el sistema fluvial y, como se evidenció en párrafos anteriores, daños sobre la infraestructura civil. Pero estos peligros no son únicamente exógenos, la deforestación o cambios rápidos de cobertura vegetal a causa de la construcción de carreteras, sobrepastoreo u otras acciones que generen presiones sobre el suelo, aumenta la probabilidad de erosión y movimientos de masa, lo cual no solo afecta en la productividad de ese suelo, también puede ocasionar un excesivo contenido de agua aumentando el riesgo de inundación y poniendo en riesgo la vida de la población asentada en zonas expuestas.

Además de los fenómenos conocidos por ser periódicos, el cambio climático presenta cambios en la recurrencia o la intensidad de amenazas ya conocidas de origen hidrometeorológico, además podría generar cambios sobre la disponibilidad del recurso hídrico, los ecosistemas y la biodiversidad, la aparición y el incremento de enfermedades, entre otros; todo esto como consecuencia de los cambios en los promedios, las tendencias y la variabilidad del clima debido al calentamiento global.

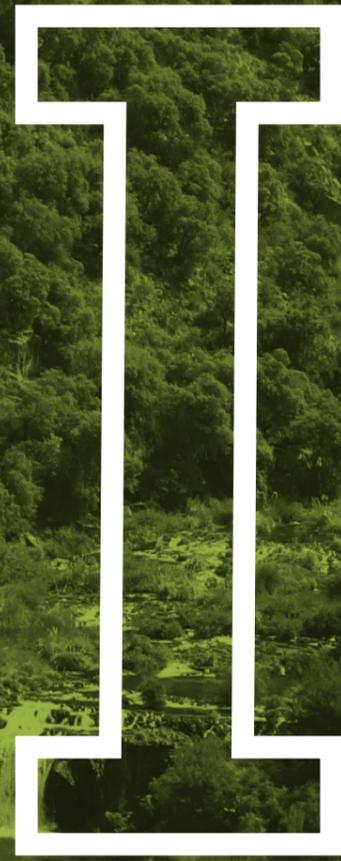
La respuesta tradicional para gestionar los riesgos de desastres, particularmente aquellos hidrológicos, ha sido ejecutar intervenciones en zonas de impacto, en especial la construcción de infraestructura gris; por ejemplo, defensas ribereñas, diques, embalses o instalar sistemas de información y monitoreo. Estos planes o estrategias preventivas y/o reactivas en el marco de la gestión del riesgo, en la mayoría no han incluido inversiones en infraestructura natural que permitan recuperar o reducir el deterioro de ecosistemas degradados y así reducir la exposición tanto en zona de origen como de impacto. Entre estas inversiones se encuentra la reforestación o conservación y restauración de cuencas, entre otras.

En el Perú, las autoridades han venido trabajando en la incorporación de la gestión del riesgo de desastre en la planificación, diseño, evaluación y ejecución de proyecto. Así, reconociendo que los peligros de origen natural ponen en riesgo la ejecución y mantenimiento de las inversiones, pero sobre todo, la consecución de los objetivos planteados por medio de estas, el Ministerio de Economía y Finanzas, desde el 2010, ha desarrollado y publicado instrumentos metodológicos que permiten guiar el diseño de proyectos de inversión pública, considerando el posible impacto de la ocurrencia de fenómenos climáticos sobre los activos públicos y el servicio que estos proveen, y los mecanismos para reducir daños y pérdidas.

Si bien en el Perú ya se tiene un avance sobre la incorporación de las variaciones y el cambio climático en la gestión del riesgo en los instrumentos de planificación, inversión y presupuesto, aún existe un espacio para incluir inversiones en infraestructura natural que permitan controlar y reducir la exposición en zonas de origen. Por ello, la oportunidad de generar propuestas metodológicas para la evaluación de proyectos de infraestructura natural para la gestión de riesgos de desastres.

Esta guía tiene como objetivo orientar el proceso de evaluación social estimando los beneficios sociales derivados de los costos evitados por la gestión del riesgo de desastres, así como beneficios indirectos y externalidades atribuibles a los proyectos de infraestructura natural (IN) con enfoque de la gestión del riesgo de desastres (GRD). Esta guía será de especial utilidad durante la fase de formulación y evaluación, así como durante la etapa de elaboración de los estudios definitivos de los proyectos de IN-GRD con la finalidad de sustentar la viabilidad técnico-económica de los proyectos.

Este material es el resultado de un esfuerzo colaborativo en el que han participado consultores, equipo técnico de Forest Trends y representantes de la ARCC, con el objetivo de producir un documento de consenso. Se espera que el contenido sea de utilidad y pueda contribuir de forma efectiva a la operación y mantenimiento de las medidas ejecutadas por los proyectos de IN-GRD a cargo de la Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN), en el marco del acuerdo de Gobierno a Gobierno entre el Perú y el Reino Unido.



Consideraciones generales

1.1. Objetivo

Orientar el proceso de evaluación social de los proyectos de infraestructura natural (IN) en el marco de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), estimando los beneficios sociales indirectos derivados de los costos evitados por la gestión al riesgo de desastres.

1.2. Alcance

Esta guía está dirigida a los especialistas técnicos de las entidades públicas y privadas que requieren realizar una eva-

luación cuantitativa de los beneficios económicos asociados a los proyectos de recuperación de servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales.

Asimismo, esta guía será de especial utilidad durante la fase de formulación y evaluación, así como durante la etapa de elaboración de los estudios definitivos de los proyectos de IN-GRD con la finalidad de sustentar la viabilidad técnico-económica de los proyectos.



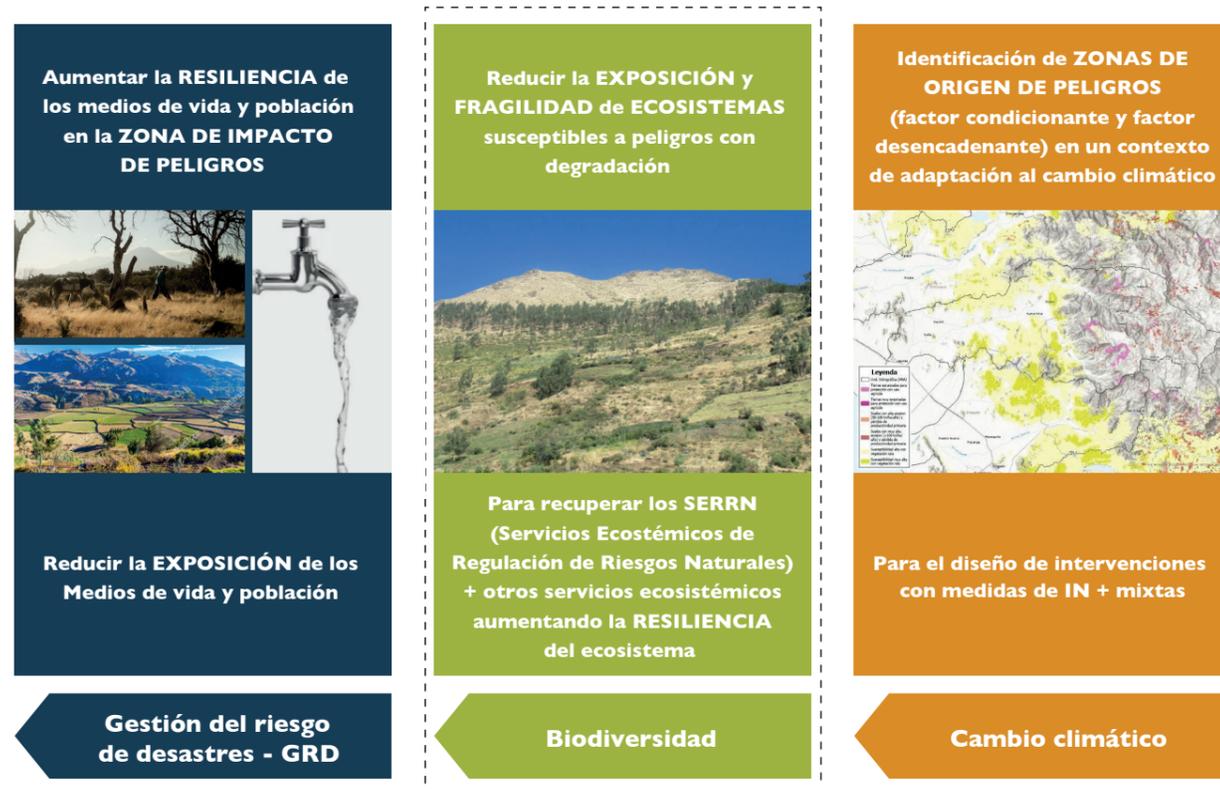
Foto: Julio Reaño

1.3. Marco conceptual

Tomando como punto de partida la vinculación entre ecosistemas, GRD y cambio climático, se puede decir que se interviene en los ecosistemas para reducir su vulnerabilidad y la de las áreas susceptibles en las zonas de origen a través de medidas de IN que, al ser a su vez medidas de

adaptación, permiten recuperar la resiliencia del ecosistema mediante el servicio ecosistémico que brinda. Finalmente, la recuperación del SERRN repercute en el incremento de la resiliencia y disminuye la exposición de las poblaciones y medios de vida afectados por el impacto de los peligros de inundación y movimientos de masa.

Cadena de valor de las intervenciones en el SERRN



Fuente: elaboración propia

Según el marco normativo del Perú relacionado con la inversión pública, se puede intervenir en bienes o servicios públicos. Los servicios ecosistémicos son servicios públicos cuyas intervenciones se dan para poder recuperar la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos. En ese contexto, el SERRN es uno de los servicios de regulación que forma parte del grupo de servicios ecosistémicos que se encuentran normados por la Ley n.º 30215, en la que se definen las intervenciones con inversiones.

Las inversiones públicas deben identificar a la unidad productora de los servicios ecosistémicos, que en el caso del SERRN son los ecosistemas en áreas susceptibles a peligros de inundación y movimientos de masa. La identificación del tipo de peligro que se aborda permite determinar los factores de producción. Los factores de producción del servicio son aquellos elementos indispensables que deben estar en ópti-

mas condiciones para que la unidad productora pueda brindar los servicios ecosistémicos que van a ser recibidos por la población y medios de vida afectados. Han sido identificados tres (3) elementos que inciden en los factores de producción:

- Cobertura vegetal
- Control de erosión y estabilidad de laderas
- Manejo y gestión del territorio.

Estos tres (3) elementos deben ser diagnosticados para determinar el nivel de afectación del ecosistema y su estado actual, a fin de identificar el problema y plantear las alternativas de solución que permitan recuperar su capacidad de proveer el SERRN. Este proceso es fundamental para el planteamiento de los factores de producción. En el caso de estos proyectos, se han identificado los peligros de inundación y movimientos de masa, ambos de origen hidrometeorológico.



Foto: Forest Trends

Secuencia lógica para el marco conceptual de un proyecto de inversión que busca recuperar el SERRN



Fuente: elaboración propia

1.4. Medidas de IN para el SERRN

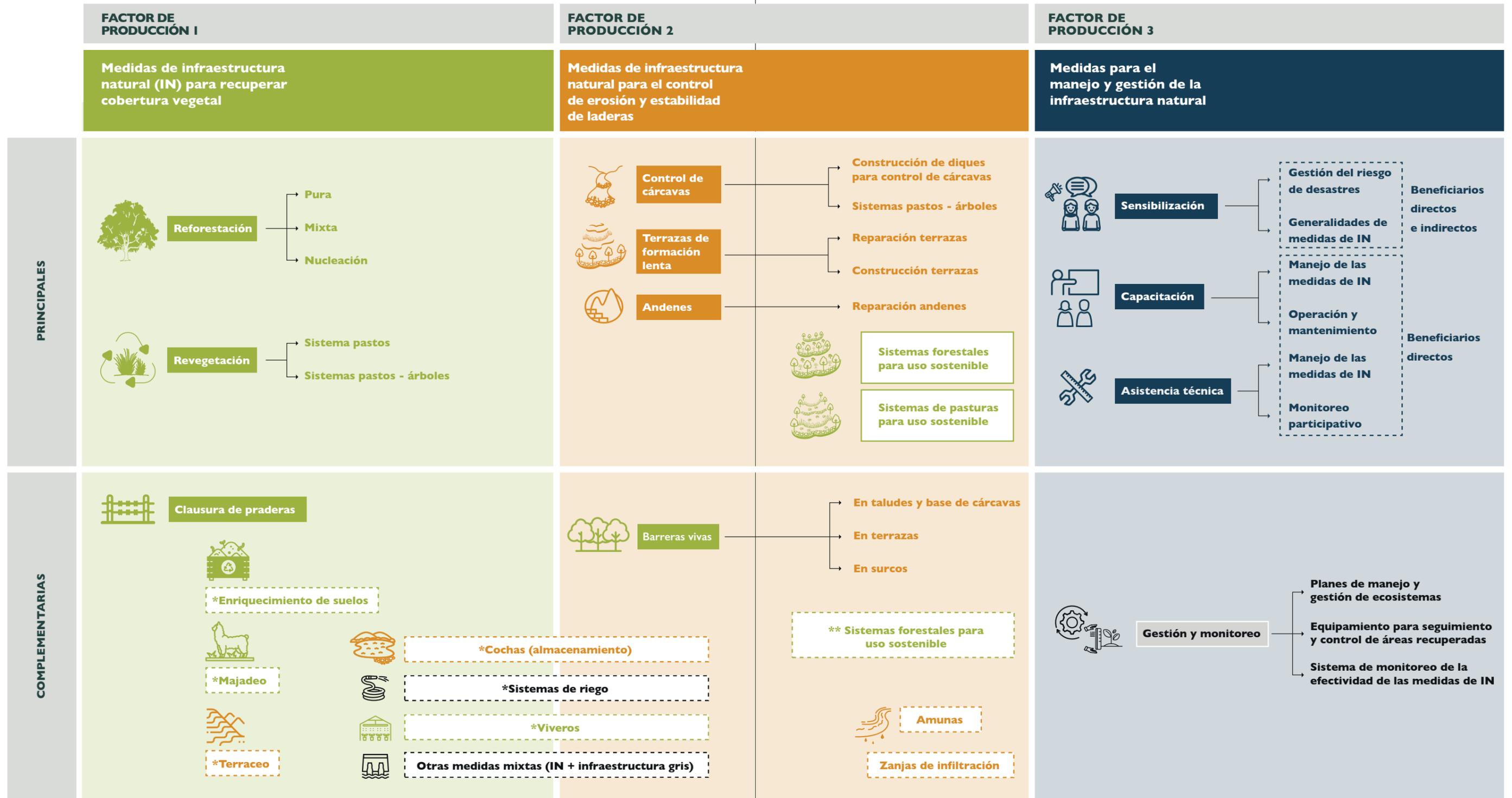
Las medidas de IN responden a los problemas identificados en cada uno de los factores de producción, por lo que se propone un menú de medidas a utilizar, sin excluir otras que pueden ser consideradas en los proyectos siempre que sea posible sustentar su relación directa con el objetivo de la medida. Las medidas de infraestructura se han agrupado de acuerdo con su objetivo en principales y complementarias.

Las medidas principales están dirigidas a atender de manera directa el problema asociado al factor de producción; es decir, su planteamiento es imprescindible dentro de la solución. Por otro lado, las medidas complementarias están enfocadas en apoyar el funcionamiento de las medidas principales y pueden o no estar presentes en la solución del proyecto, dependiendo de las particularidades de las zonas a intervenir.



Foto: Forest Trends

Medidas de infraestructura natural por tipo de factor de producción



* Pueden ser medidas complementarias o actividades como parte del diseño de medidas principales dependiendo de las características específicas del proyecto.

** Pueden ser complementarias a las terrazas de formación lenta.

Fuente: elaboración propia

El proyecto NIWS ha elaborado guías metodológicas que desarrollan los criterios y procedimientos de diseño de cada una de las medidas relacionadas con cobertura vegetal y control de erosión y estabilidad de laderas. Asimismo, para las medidas asociadas a gestión y manejo del ecosistema, se ha elaborado una guía que detalla los criterios para la elaboración del plan de fortalecimiento de capacidades con enfoques transversales.

1.5. Definiciones básicas

a. Servicios ecosistémicos

Según el reporte del Millenium Ecosystem Assessment, los servicios ecosistémicos se pueden agrupar en cuatro (4) tipos, los mismos que son contemplados en la Ley n.º 30215 y su reglamento:

Servicios de provisión. Son los beneficios que se obtienen de los bienes y servicios que las personas reciben directa-

mente de los ecosistemas, tales como alimentos, agua fresca, materias primas, recursos genéticos, entre otros.

Servicios de regulación. Son los beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas, tales como regulación de la calidad del aire, regulación del clima, regulación de la erosión, entre otros.

Servicios culturales. Son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, tales como la belleza escénica, la recreación y turismo, la inspiración para la cultura, el arte y el diseño, la experiencia espiritual y la información para el desarrollo del conocimiento.

Servicios de soporte. Agrupa los servicios necesarios para producir los otros servicios ecosistémicos, tales como el ciclo de nutrientes, formación de suelos y producción primaria.



Foto: Forest Trends

Tabla 1. Principales servicios ecosistémicos

Tipo de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico
Servicios de provisión	Alimento Productos maderables Combustibles y fibras Recursos genéticos Plantas medicinales Agua
Servicios de regulación	Regulación de la calidad del aire Captura y almacenamiento de carbono Rendimiento hídrico Regulación hidrológica Regulación del clima Regulación de la erosión Purificación del agua y tratamiento de agua de desecho Regulación de enfermedades Regulación de plagas Polinización Regulación de eventos extremos
Servicios culturales	Valores espirituales y religiosos Belleza escénica
Servicios de soporte	Ciclo de nutrientes Conservación de los suelos Formación de suelos Producción primaria

Fuente: Clasificación basada en la *Guía de valoración económica del patrimonio natural*. MINAM.

De acuerdo con lo anterior, se han seleccionado los principales servicios ecosistémicos que se ven afectados ante eventos de movimientos de masa e inundaciones, los cuales se detallan a continuación.

b. Rendimiento hídrico

La capacidad de una cuenca para convertir los ingresos de agua en ella, en caudal a su salida. El rendimiento hídrico se puede entender como la fábrica de agua.

La cantidad total de agua disponible en la cuenca en ríos, quebradas o pozos, durante todo el año, sin considerar aspectos como regularidad o estacionalidad, es importante para los usuarios de agua con capacidad de almacenamiento (por ejemplo, centrales hidroeléctricas; embalses para uso agrícola, doméstico o industrial), que demandan grandes volúmenes de agua.

Un alto rendimiento hídrico depende de las siguientes características:

- Una alta precipitación o entradas de agua en la cuenca.
- Vegetación que tenga la capacidad de capturar neblina.
- Un bajo consumo de agua por parte de la vegetación (baja evapotranspiración).

c. Regulación hidrológica

La capacidad de una cuenca para amortiguar la variabilidad de los ingresos de agua con el propósito de generar una salida de caudal más homogénea (por ejemplo, atenuar caudales de crecida y mantener caudales base durante periodos secos). La regulación hidrológica se puede entender como la esponja de agua en la cuenca.

La preservación del caudal base es clave para que las y los usuarios de agua se enfrenten a la escasez hídrica que resulta de la estacionalidad, la variabilidad del clima y el cambio climático. Esto es en particular significativo para quienes carecen de capacidad de almacenamiento artificial. Una buena regulación hidrológica depende de las siguientes características:

- Una baja intensidad de la lluvia que alcanza el suelo.
- Una alta capacidad de infiltración de agua en el suelo.

- Una alta capacidad de almacenamiento de agua dentro del suelo y subsuelo.

d. Regulación de la calidad del agua

La capacidad de una cuenca para mejorar las características físicas, químicas y biológicas del agua mientras esta fluye por la cuenca, y para reducir la concentración de contaminantes. La depuración de la calidad del agua se puede entender como el filtro de la cuenca.

La calidad del agua es algo significativo para las y los usuarios que requieren características físicas, químicas o biológicas específicas o controladas. Por ejemplo, las empresas de agua potable utilizan plantas de tratamiento; mientras mejor sea esa calidad, menor será el costo de tratamiento. De manera similar, las centrales hidroeléctricas requieren agua con buenas características físicas a fin de evitar la colmatación de los embalses y el deterioro de las turbinas durante el proceso de generación eléctrica. Otros, como los municipios locales, requieren características físicas, químicas y biológicas buenas para poder suministrar agua potable a su población. Una buena calidad del agua depende de las siguientes características naturales:

- Una buena cobertura vegetal que proteja el suelo.
- Una buena estructura del suelo y una baja pendiente que evite la erosión.
- Un bajo ingreso de contaminantes físicos, químicos o biológicos producto de las actividades humanas y, en ocasiones, de fuentes naturales.

e. Regulación de eventos extremos

La capacidad de una cuenca para regular los fenómenos extremos (por ejemplo, de precipitación) a fin de controlar la magnitud, frecuencia y duración de eventos extremos como inundaciones o movimientos de masa (deslizamientos de tierra).

El control de los caudales de crecida es fundamental para reducir los efectos de las inundaciones en las personas y actividades que se ubican en áreas propensas a aquellas. Los deslizamientos de tierra se encuentran entre los desastres más destructivos en los Andes. Un buen control de desastres depende de las siguientes características principales:

- Una baja ocurrencia de eventos extremos de precipitación.
- Una buena regulación hidrológica que atenúe crecidas de caudal.
- Una buena estructura del suelo y una baja pendiente que ofrezcan resistencia mecánica.

f. Conservación de los suelos

La capacidad de una cuenca para controlar la erosión laminar (erosión difusa) y mejorar la fertilidad y humedad del suelo y la producción vegetal. Las propiedades de los suelos afectan la provisión de otros servicios ecosistémicos, como la producción vegetal, el forraje, los cultivos, entre otros.

Los suelos en buen estado benefician a múltiples sectores de manera directa; por ejemplo, al sector agropecuario, que aprovecha los suelos para cultivos o pastos. Otros se benefician en forma indirecta; por ejemplo, aquellos que cuentan con reservorios susceptibles de colmatación se benefician de una erosión reducida. Muchas propiedades y funciones ecosistémicas influyen en el estado de los suelos, su fertilidad y la producción vegetal; entre otras, se enumeran:

- Una buena cobertura vegetal que pueda reducir la erosión y la pérdida de nutrientes.
- Una buena humedad en el suelo, para protegerlo contra variaciones climáticas.
- Una buena estructura de los suelos, como textura o alto contenido de materia orgánica.



Foto: Forest Trends



Estimación de beneficios sociales

2.1. Parte física

2.1.1. Análisis geoespacial

El análisis geoespacial es un proceso de interpretación, exploración y modelado de datos SIG (Sistema de Información Geográfica), desde la adquisición hasta la comprensión de los resultados. La información recuperada se procesa por computadora con un software de análisis espacial y varía según la cantidad de tareas y su complejidad. El más simple es la visualización, mientras que un enfoque más detallado sugiere análisis integrales con herramientas específicas para elaborar información procesable.

Los ejemplos de análisis espacial incluyen la medición de distancias y formas, el establecimiento de rutas y el seguimiento de transportes, el establecimiento de correlaciones entre objetos, eventos y lugares mediante la referencia de sus ubicaciones a posiciones geográficas (tanto en vivo como históricas).

Por lo general, el análisis espacial consta de cinco (5) etapas clave: comprender su objetivo, preparar datos, elegir herramientas y técnicas adecuadas, realizar la investigación y estimar los resultados.

En tal sentido, para estimar las áreas afectadas/impactadas por los peligros de movimientos de masa e inundación se realizará el proceso de superposición de capas (álgebra de mapas) para identificar las áreas de intercepción entre las áreas de peligros y las superficies de agriculturas, instituciones educativas, poblaciones, entre otras.

2.1.2. Revisión de modelos hidrológicos para IN

En la guía de modelación hidrológica para IN elaborada por Forest Trends en 2022, se describen los principales modelos que abarcan diferentes análisis del ciclo del agua y los ecosistemas, dentro de los cuales, de acuerdo al interés a los procesos de movimientos de masa asociados a la erosión e inundaciones, se mencionan los siguientes modelos que estarán estructurados de acuerdo con: (i) breve descripción, (ii) información requerida, (iii) componente de IN, (iv) salidas del modelo.

A continuación, se presentan los principales modelos presentados en la guía de modelación hidrológica:

SWAT

Soil and Water Assessment Tool. Modelo semidistribuido, es una herramienta para la evaluación del suelo y del agua. Fue desarrollado con el objeto de predecir el impacto de las prácticas de manejo en la generación de flujos, sedimentos y sustancias agrícolas-químicas. Es un modelo continuo que requiere información sobre clima, propiedades del suelo, topografía, vegetación y manejos (Arnold et al., 2012).

Información requerida para la implementación: topografía distribuida en modelo digital de elevación (DEM); mapa de cobertura y uso del suelo (LULC); tabla biofísica del suelo; mapa de tipo de suelo (textura y estructura); información climatológica diaria de precipitación; temperatura máxima y mínima.

Componente de IN: uso y cobertura del suelo, intervención en la superficie, y características de la capacidad de almacenamiento de subsuelo.

Salidas del modelo: series de tiempo diarias, mensuales y anuales de láminas de escorrentía, infiltración (almacenamiento y aporte subsuperficial), evaporación y cantidad de sedimentos transportados.

KINEROS

KINematic runoff and EROsion model. Modelo semidistribuido, orientado a eventos, está basado en los procesos de intercepción, infiltración, escorrentía y erosión. La cuenca hidrográfica está representada por una cascada de planos y canales. Las ecuaciones se resuelven mediante técnicas de diferencias finitas (Woolhiser et al., 1990).

Información requerida para la implementación: topografía distribuida en modelo digital de elevación (DEM), mapa de cobertura y uso del suelo (LULC), tabla biofísica del suelo, mapa de tipo de suelo (textura y estructura), granulometría del cauce e hietograma de precipitación.

Componente de IN: uso y cobertura del suelo, intervención en la superficie, y capacidad de almacenamiento del subsuelo.

Salidas del modelo: series de tiempo de caudal, lámina de infiltración, concentración, erosión, deposición, y producción de sedimentos en la cuenca.

TOPMODEL

TOPographic index MODEL. Modelo hidrológico semidistribuido que se fundamenta en el concepto del índice topográfico. Es un indicador de la susceptibilidad de ciertas zonas de la cuenca a saturarse completamente y por ello, basado en el mecanismo de escorrentía por exceso de saturación (Beven & Kirkby, 1979; Buytaert & Beven, 2010).

Información requerida para la implementación: topografía distribuida en modelo digital de elevación (DEM); información de precipitación y evapotranspiración a diferentes escalas de tiempo; y parámetros físicos del subsuelo.

Componente de IN: intervención en la superficie, y características de la capacidad de almacenamiento del subsuelo. *Salidas del modelo:* series de tiempo de la lámina de escorrentía a escala de evento, días, meses y años.

HEC-HMS y HEC-GeoHMS

Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System. Junto al interfaz de pre procesamiento HEC-GeoHMS, está diseñado para simular procesos hidrológicos completos de cuencas, incluyendo muchos procedimientos de análisis tradicional para eventos (abstracción, hidrograma unitario, tránsito hidrológico), así como simulación continua (evapotranspiración, derretimiento de nieve, contenido de humedad) (Scharffenberg, 2016; Fleming & Doan, 2000).

Información requerida para la implementación: topografía distribuida en modelo digital de elevación (DEM); mapa de cobertura y uso del suelo (LULC); tabla biofísica del suelo; mapa de tipo de suelo (textura y estructura); hietograma de precipitación para escala evento. Para escala continua se requieren parámetros físicos del subsuelo.

Componente de IN: uso y cobertura del suelo, intervención en la superficie, y características de la capacidad de almacenamiento del subsuelo.

Salidas del modelo: series de tiempo de caudal por un evento de lluvia o a escala continua de precipitación y pérdidas por infiltración.

CUBHIC

Las metodologías CUBHIC (cuantificación de beneficios hidrológicos de intervenciones en cuencas) son un conjunto de modelos hidrológicos que apuntan a realizar una evaluación rápida de los beneficios de cantidad y calidad del agua de las intervenciones en IN.

Información requerida para la implementación: datos específicos del lugar, como las características del suelo y la vegetación; datos climáticos de precipitación y temperaturas (máximos, mínimos y promedios) PISCO o medidos en campo; números de curva en función de las características observables del sitio.

Componente de IN: las metodologías CUBHIC se han desarrollado para cinco (5) tipos de intervenciones en IN: (1) Conservación y restauración de pastizales altoandinos, (2) Zanjales de infiltración, (3) Forestación y protección de bosques, (4) Restauración y protección de humedales, (5) Qochas (micro reservorio permeables) y (6) Construcción y recuperación de amunas (canales ancestrales de infiltración).

Salidas del modelo: cada metodología incluye una hoja de cálculo descargable de beneficios (Microsoft Excel), así como la información necesaria para aplicarla. Los resultados se generan en la misma hoja de Excel.

La selección del modelo hidrológico debe hacerse de acuerdo con la información existente y capacidad de implementación en cada cuenca, asociada a la guía de selección de metodología para utilización de modelos de Forest Trends.

2.1.3. Mapa de susceptibilidad física ante movimientos de masa existentes a nivel de cuenca

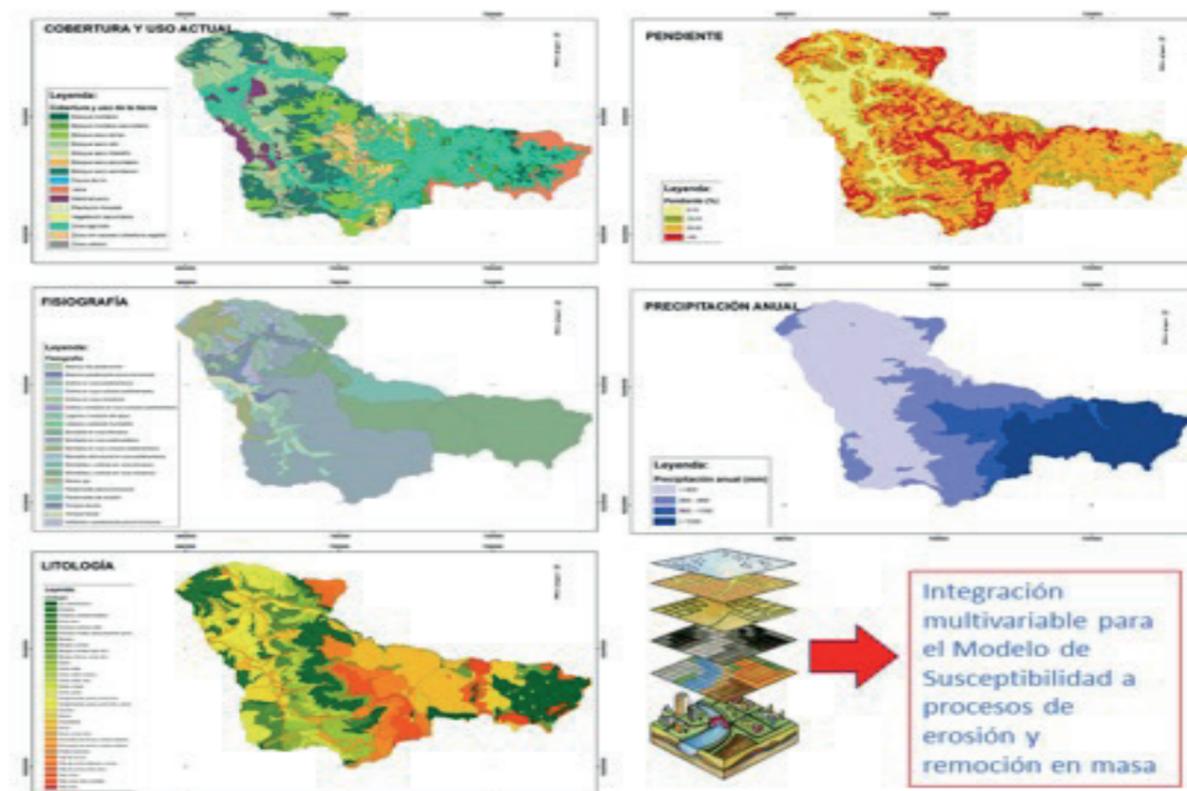
En la guía metodológica para determinar las áreas de intervención realizada por Forest Trends (2020), mencionan que, si bien existen modelos de base física para evaluar los procesos de movimiento en masa y erosión, requieren infor-

mación detallada y observada que, muchas veces, no existe o es escasa para la zona que se evalúa. Considerando que el objetivo es zonificar las áreas susceptibles a la ocurrencia de procesos antes mencionados, se ha adoptado un modelo de sistema de información geográfica ponderativo basado en el *Mapa de vulnerabilidad física del Perú* (Minam, 2011a).

Debido a la escasez o a la inexistencia de datos de ocurrencia de movimientos de masa, se plantea el desarrollo

de un modelo heurístico recurriendo a herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) de álgebra de mapas (Figura 1). Las valoraciones asignadas a cada unidad cartográfica dentro de cada variable, y los pesos de las variables, generan niveles de susceptibilidad que deben verificarse mediante trabajos de campo a fin de ajustarlos, de ser necesario, para que representen en forma adecuada la susceptibilidad de remoción en masa en la cuenca objeto de análisis.

Figura 1. Modelo de integración multivariable mediante herramientas de los SIG para la modificación de susceptibilidad física.



Fuente: Guía de Localización de Infraestructura Natural, Forest Trends.

El modelo desarrollado permite zonificar —de acuerdo con el grado de susceptibilidad física ante la ocurrencia de movimientos de masa— los diferentes niveles de suscep-

tibilidad. Matemáticamente, y considerando el principio de parsimonia, el modelo se representa de la siguiente manera:

$$\sum_{i=1}^n P_i \cdot V_{ij}$$

Donde:

P_i = representa el peso de la variable en el modelo; la sumatoria de todos los pesos debe ser igual a 1

V_{ij} = representa la puntuación de la unidad cartográfica j de la variable i ; este valor varía de 1 a 4, con 1 como el puntaje de menor susceptibilidad física y 4 el de mayor susceptibilidad física.

De acuerdo con lo descrito por el MINAM (2011): “El resultado de los análisis uni y multivariable determina las características biofísicas ante procesos de erosión y movimientos de masa en la cuenca. Mediante la evaluación de los factores externos que afectan la estabilidad del territorio, se obtuvo como resultado áreas sensibles a la afectación. Para identificar los niveles de susceptibilidad física sobre la cuenca, se evaluaron en forma conjunta las variables con el propósito de determinar la importancia de cada factor o la combinación específica de estos”.¹

Los niveles de susceptibilidad física son cuatro (4): baja, media, alta y muy alta.

Susceptibilidad baja

Corresponde a áreas con laderas no meteorizadas y discontinuidades favorables, terrenos con pendientes menores del 15 %, sin indicios que permitan predecir deslizamientos; laderas con materiales poco fracturados, con moderada a poca meteorización, parcialmente erosionados, no satura-

dos, con pocas discontinuidades favorables; zonas de escasas condiciones para originar movimientos de masa, salvo que puedan verse afectadas por movimientos ocurridos en zonas de susceptibilidad de alta a muy alta cercanas, provocados principalmente por lluvias excepcionales.

Susceptibilidad media

Corresponde a áreas con laderas que presentan algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados; laderas con pendientes de entre el 15 % y el 25 %, donde han ocurrido algunos movimientos de masa, respecto a los cuales no existe completa seguridad de que ya no ocurrirán en el futuro. Estos pueden ser desatados por sismos y lluvias excepcionales.

Susceptibilidad alta

Corresponde a áreas con laderas que poseen zonas de falla, masas de rocas con meteorización alta a moderada, fracturadas, con discontinuidades desfavorables; depósitos superficiales no consolidados, materiales parcialmente a muy saturados; laderas con pendientes de entre el 25 % y el 50 %, en las que han ocurrido o existe la posibilidad de que ocurran movimientos de masa.

Susceptibilidad muy alta

Corresponde a áreas con laderas que presentan zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas, saturadas y

muy fracturadas, con discontinuidades desfavorables; depósitos superficiales no consolidados; laderas con pendientes mayores del 50 % y movimientos de masa, si bien anteriores o antiguos, con alta posibilidad de que vuelvan a ocurrir.

Esta metodología ha permitido identificar las áreas susceptibles a movimientos de masa dentro de la cuenca del río Cañete, basado en variables que condicionan la ocurrencia de dichos eventos; esta información será utilizada para comparar con las áreas agrícolas, poblados, centros educativos, carreteras, etc. para identificar las áreas afectadas, y con ello permitirá determinar el escenario con y sin proyecto

para la obtención de la data de estimación de los beneficios y costos privados y sociales.

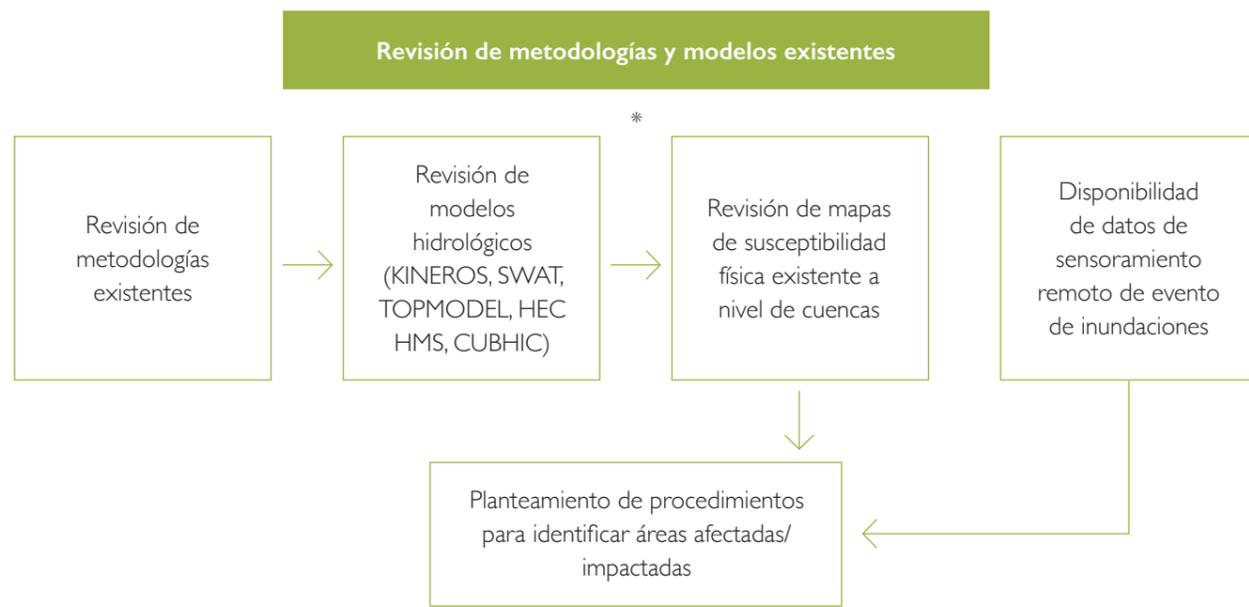
2.1.4. Flujo de actividades para la determinación de las áreas, población, y unidades productoras afectadas/impactadas

La metodología empleada consta de etapas para el cumplimiento de las metas establecidas en los términos de referencia, lo cual obedece a la interacción necesaria y coordinada por parte del equipo técnico para el desarrollo del estudio. El flujo metodológico se muestra en la siguiente figura.

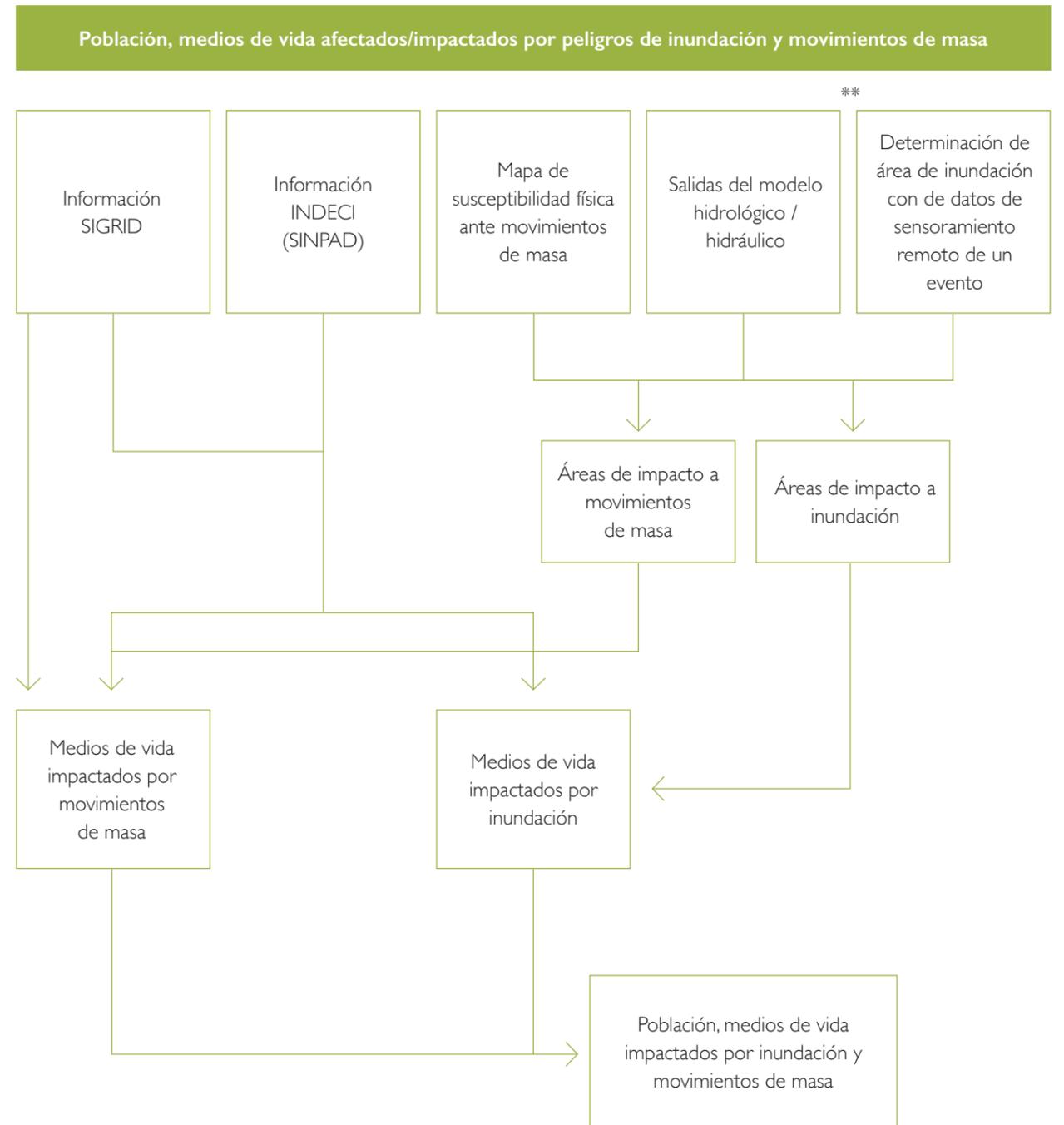


¹ Memoria descriptiva del Mapa de vulnerabilidad física del Perú. Minam, 2011, p. 28.

Figura 2. Flujo metodológico para la determinación de áreas, población, unidades productoras afectadas/impactadas por peligros de inundación y movimientos de masa



* Seleccionar el modelo hidrológico de acuerdo con la información existente y capacidad de implementación



** Utilizar los mapas de salida de los modelos hidrológicos que identifican las zonas de máxima producción de sedimentos y de los modelos hidráulicos que identifican las zonas de inundación ante tipo de retornos dados, en caso de carencia de información se pueden utilizar datos de sensoramiento remoto de fecha anterior y posterior a un evento de inundación para establecer las zonas inundadas.

2.1.5. Imágenes Synthetic Aperture Radar (SAR)

Otra herramienta para analizar las áreas de afectación de peligros de inundaciones son datos de sensoramiento remoto, a través de un catálogo de imágenes Synthetic Aperture Radar (SAR) disponibles de la constelación Copernicus. Sentinel-1 es uno de los mejores para sistemas SAR. En este documento, se considera el método de umbral y el procesamiento multitemporal de las imágenes SAR Sentinel-1.

Se requieren dos (2) conjuntos de imágenes satelitales para detectar la inundación y estimar su extensión. Un conjunto consiste en la imagen adquirida antes del evento y el otro comprende las imágenes adquiridas durante/posterior a la ocurrencia del evento de inundación. La imagen previa generalmente se usa como referencia. Estas imágenes se pueden usar para buscar y mapear las áreas inundadas (Anusha y Bharathi 2019).

Las imágenes SAR comprenden un sistema de percepción remota que no depende de la energía electromagnética del sol o de las propiedades térmicas de la tierra. Los datos satelitales de microondas (SAR) son la herramienta preferida para el mapeo de inundaciones desde el espacio debido a su capacidad de capturar las imágenes tanto de

día y de noche, independientemente de las condiciones climáticas.

El procedimiento metodológico consta de las siguientes etapas:

Pre procesamiento. Las imágenes SAR se degradan por el ruido moteado (speckle noise). La eliminación del "speckle noise" se realiza utilizando un filtro mediano de tamaño de ventana 3 x 3. Luego, la rectificación geométrica de las imágenes se realiza de imagen a imagen.

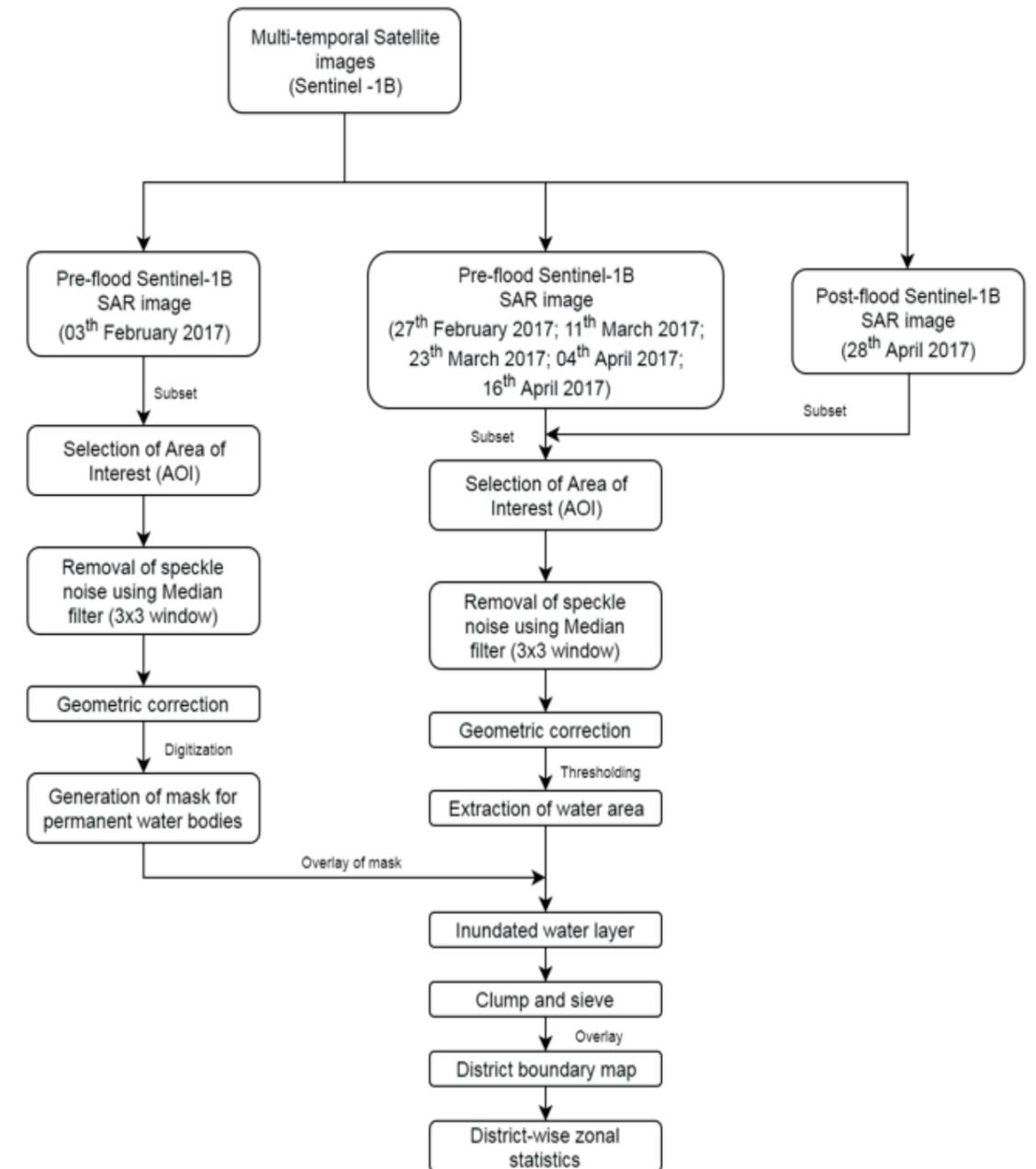
Estimación de la mancha de inundación. A partir de la imagen previa a la inundación, la máscara de agua se genera aplicando la técnica de digitalización. El umbral (Rahman y Thakur 2018) es la técnica aplicada en las imágenes durante la inundación para discriminar los cuerpos de agua y las áreas no acuáticas de la imagen SAR.

Post procesamiento. El mapeo de inundaciones se realiza superponiendo la capa inundada en el mapa a nivel de pixel para el evento de El Niño costero 2017.

El citado procedimiento metodológico se muestra en el siguiente gráfico:



Figura 3. Metodología para procesar datos multitemporales de Sentinel-1B SAR



2.2. Evaluación social de proyectos de IN que reducen el riesgo de inundaciones y movimientos de masa

La implementación de proyectos de IN en ecosistemas degradados con alta exposición a riesgos de peligros como inundaciones o movimientos de masa, que se realizan en cuencas altas, tiene un impacto positivo en toda la cuenca hidrográfica. En este marco, la conceptualización común del área de influencia de un proyecto cambia de percepción, en el sentido de comprender los potenciales beneficios en un ámbito que sobrepasa el convencional término de área de influencia. De ese modo, el marco conceptual para la identificación de los beneficios directos, beneficios indirectos y externalidades positivas depende de los mercados relacionados y los potenciales agentes beneficiados con la implementación de este tipo de proyectos.

Asimismo, considerando que el objetivo fundamental de esta tipología de proyectos se centra en reducir los impactos negativos de desastres naturales que se producen en las dimensiones económicas, sociales y ambientales. Por ello, el objetivo primario de la implementación de las medidas de IN permitiría mejorar el servicio ecosistémico de gestión de riesgo, por lo que el beneficio directo son los costos evitados por la ejecución de este tipo de medidas. Y dado que medidas de IN mejoran los servicios ecosistemas de un ámbito determinado, los mercados relacionados son los otros principales servicios ecosistémicos que se impactan en términos positivos, traduciéndose en los beneficios sociales indirectos. De acuerdo con lo precisado anteriormente, la lógica de proyectos de inversión pública sobre los beneficios sociales cambia sustancialmente, con la finalidad de capturar los beneficios percibidos por la sociedad de este tipo de inversiones.

En este marco, un proyecto de IN a implementarse en la cuenca hidrológica alta se evaluará desde la perspectiva social para decidir si es conveniente su ejecución en función del bienestar que genera en la población o sociedad en general; se analizará la contribución neta en el bienestar de la población en relación con los costos incurridos (inversiones, operación, mantenimiento y reposición). Es decir, se

comparan los flujos de beneficios sociales y costos sociales, contemplando su costo de oportunidad.

El proceso de evaluación implicará la identificación, medición y valoración de los beneficios sociales y costos a precios sociales de la iniciativa. En este sentido, se presenta el marco teórico de los citados componentes para la naturaleza del proyecto a ejecutarse.

2.2.1. Beneficios sociales

Más allá del ingreso financiero generado por un proyecto de inversión pública, el atributo principal de esta intervención es que representa un beneficio para la población usuaria que accede al bien o servicio provisto por el proyecto, y con ello, le generará un mayor bienestar, independientemente del área de influencia del proyecto. Además, los beneficios del proyecto no están circunscritos a la población ubicada en la zona de intervención. La inversión pública también genera beneficios sobre agentes distintos a la población (un mercado fuera) a la cual está dirigido el proyecto. Un ejemplo de esto es un proyecto de inversión pública de incremento de la cobertura de servicios de salud, el cual no solo favorece a la población que se atiende en el centro médico creado por la intervención pública sino al resto de la sociedad, por reducir la posibilidad de contagio de la enfermedad tratada. Adicionalmente, existen beneficios percibidos por agentes que no están vinculados ni directa ni indirectamente con el mercado del proyecto de inversión; estos se conocen como externalidades positivas. En materia ambiental, una externalidad positiva reconocida es la absorción de captura de carbono producto de un proyecto de inversión, que contribuiría a reducir las presiones sobre la atmósfera mundial.

Así, en el caso de la inversión pública, se determinan tres (3) tipos de beneficios sociales: beneficios sociales directos, indirectos y externalidades positivas.

Figura 4. Componentes de los beneficios sociales



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la definición de los citados componentes de acuerdo con el marco teórico específico determinado para esta tipología de proyectos de IN que tiene la finalidad de reducir los impactos derivados de los peligros de inundaciones y movimientos de masa en toda una cuenca hidrográfica.

a. Beneficios sociales directos

Se refieren al efecto inmediato que ejerce la ejecución del proyecto, y contemplando que la naturaleza de este proyecto tiene como finalidad la reducción del riesgo por desastres como inundaciones y movimientos en toda la cuenca del río Cañete, el impacto directo esperado no solo sería en el área de intervención directa que es la cuenca alta sino en toda la cuenca.

Es relevante precisar que, si bien las medidas de IN del proyecto para mejorar el estado de degradación de los ecosistemas se implementan en la cuenca alta, la reducción de los efectos de potenciales inundaciones o movimientos de masa repercuten con gran impacto en las zonas de cuenca media y cuenca baja, contemplando las huellas históricas de estas tipologías de desastres. En este marco, la reducción de impactos negativos sobre dimensiones de infraestructuras, actividades económicas y la población son traducidas como

los beneficios sociales directos, es decir, los costos evitados de la ejecución de la intervención.

b. Beneficios sociales indirectos

Son aquellos beneficios adicionales que se producen en mercados diferentes al servicio de reducción de riesgo de desastres naturales, como los de los servicios ecosistémicos que se mejoran por intervenciones de medidas de IN, por ejemplo, regulación hídrica, control de la erosión, belleza paisajística, entre otros.

La determinación de los servicios ecosistémicos a contemplar depende de la relevancia en la zona analizada, en este caso toda la cuenca, dado que de acuerdo con la lista de servicios ecosistémicos que provee Millennium Ecosystem Assessment son considerables, se debe seleccionar los más relevantes con la mejora del bienestar de los agentes involucrados.

c. Externalidades positivas

Son beneficios que se generan sobre terceros; es decir, personas que no se encuentran en el área de impacto, es decir, fuera de la cuenca hidrográfica. Por ejemplo, un servicio ecosistémico que es considerado de impacto mayor al local es la captura de carbono.

2.2.2. Costos sociales

En la evaluación social interesa conocer el valor o costo de oportunidad que tienen para la sociedad los recursos (bienes y servicios) que se emplearán en la ejecución del proyecto. Los costos sociales son los costos privados de la ejecución y funcionamiento (operación y mantenimiento) del proyecto ajustados con factores de corrección, los mismos que son determinados por el Ministerio de Economía y Finanzas.

Los principales componentes de los costos del proyecto son:

Inversión. Corresponden a los costos de los recursos necesarios en la implementación del proyecto. Entre estos se tienen los costos de implementación de medidas de IN, infraestructura física, adquisición de equipos, maquinaria, entre otros.

Costos de mantenimiento. Estos costos son aquellos incurridos durante el periodo posterior a la ejecución del

proyecto de inversión. Estos costos se pueden clasificar en costos de mantenimiento, costos de gestión y costos de reposición, este último con la finalidad de mantener la sostenibilidad de la mejora de la degradación de los ecosistemas intervenidos en esta naturaleza de proyectos.

2.2.3. Indicadores de rentabilidad

Con fines de comparación entre alternativas de proyectos en términos de generación de bienestar de los diferentes agentes de la sociedad, se utilizan dos (2) indicadores de rentabilidad social como: (i) valor actual neto social (VANS), y la (ii) tasa interna de retorno social (TIRS).

(i) Valor actual neto (VAN)

Estima el valor presente de los flujos netos incrementales de las medidas de adaptación. Por ingresos incrementales se entiende la sustracción de los costos a los ingresos. El flujo de ingresos incrementales futuros es actualizado mediante la tasa privada de descuento. El VAN se representa con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+d)^t} - I_0$$

Donde:

- I_0 : inversión
- B_t : Beneficios privados
- C_t : costos de operación y mantenimiento
- d : tasa de descuento²
- t : tiempo
- n : horizonte de evaluación

Entre las alternativas de medidas de adaptación, se consideran aquellas que presentan un VAN > 0; es decir, que generan ganancias por encima de sus costos.

(ii) Tasa interna de retorno (TIR)

Este indicador representa la tasa porcentual de rentabilidad promedio anual que se obtiene de la implementación de la medida de las medidas a ejecutar en el proyecto. Se expresa como:

$$\sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

La medida será rentable si su TIR es mayor a su tasa de descuento.

Asimismo, es relevante precisar que si se realiza una evaluación económica social donde es posible la estimación de los beneficios y costos en términos económicos, no es relevante la estimación de indicadores de costo-eficacia o costo-efectividad, dado que estos se aplican solo cuando no es posible la cuantificación de los beneficios en términos monetarios.

2.2.4. Parámetros de evaluación social

El Ministerio de Economía y Finanzas determina los parámetros de evaluación social, los mismos que se encuentran en el Anexo n.º 11 de la Directiva n.º 002-2017-EF/63.01, directiva para la formulación y evaluación en el marco del

Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.

En este apartado, se considera relevante precisar algunos parámetros que se utilizan en la estimación de flujos de beneficios y costos en términos sociales. En este sentido, entre los parámetros que se utilizan en la estimación de los beneficios y costos sociales contemplando el costo de oportunidad del tiempo son: (i) tasa social de descuento hasta el año 20, y la (ii) tasa social de descuento de largo plazo. Asimismo, entre los precios sociales provistos por el citado anexo, se presenta el precio social del carbono.

En las siguientes tablas se presentan los valores de los parámetros a precisar:

Tabla 2. Valores de parámetros de evaluación social

Parámetro	Valor
Tasa social de descuento hasta el año 20	8,0 %

² Para el caso de la evaluación privada, se utilizará el costo de oportunidad del capital.

Tasa social de descuento de largo plazo	
Años	Valor
21 a 49	5,5 %
50 a 74	4,0 %
75 a 99	3,0 %
100 a 149	2,0 %
150 a 199	2,0 %
200 a más	1,0 %

Parámetro	Valor
Precio social del carbono (CO ₂)	USD 7,17 por tonelada de carbono

2.2.5. Metodología de estimación de los beneficios sociales directos

La cuantificación económica de los beneficios sociales directos en proyectos de IN, en ecosistemas degradados en la parte alta de las cuencas hidrográficas, se centra en el análisis de aquellos costos que se evitan, en términos de recuperación, reconstrucción o rehabilitación, en la zona de intervención o zonas susceptibles producto de inversiones para la mejora y conservación de la IN en el ecosistema intervenido. En este sentido, para empezar la tarea de evaluación se requiere información física de los impactos que se producirían en una situación sin proyecto, la misma que se obtiene a través de modelación hidrográfica que identifica las áreas, unidades productoras, poblaciones que son impactados por desastres naturales como inundaciones, tanto en los escenarios con y sin proyecto de inversión.

Los citados modelos hidrográficos proveen información cuantitativa sobre la magnitud del impacto, por ejemplo, en términos de metros, kilómetros o metros cúbicos, la que debería ser un insumo para la evaluación económica. Sin embargo, en situaciones en donde no se puede utilizar esta información para construir los costos económicos, se debe recurrir a variables proxy que permitan conducir la evaluación económica. Asimismo, estas magnitudes de impacto deben considerar distintos niveles de afectación, es decir, los impactos de los peligros de inundación o remoción de masas estarán en función de las características, niveles de exposición y vulnerabilidad del área de intervención. Estos niveles de afectación serán determinados con base en data histórica que muestre el promedio de afectaciones por fenómenos naturales en el área de estudio, o en áreas con características similares en temas geográficos, población y actividades económicas.

La segunda parte comprende la estimación de costos promedios de las unidades productoras afectadas (en términos de las unidades de medida identificadas en el paso anterior), las que deberán actualizarse al año en el que se realiza la evaluación económica. En este caso se utiliza el índice de precios al consumidor (IPC), para corregir el efecto de la inflación.

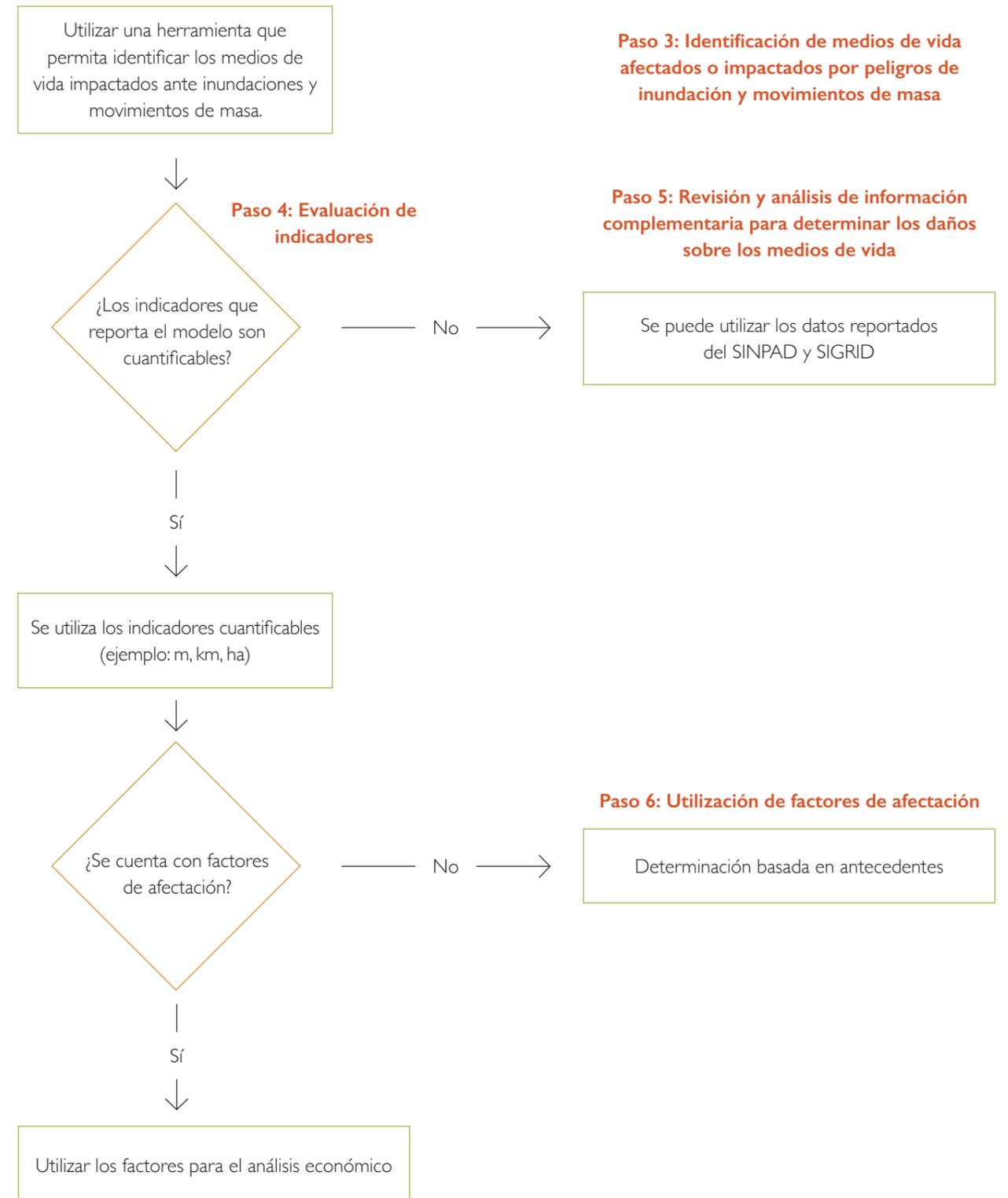
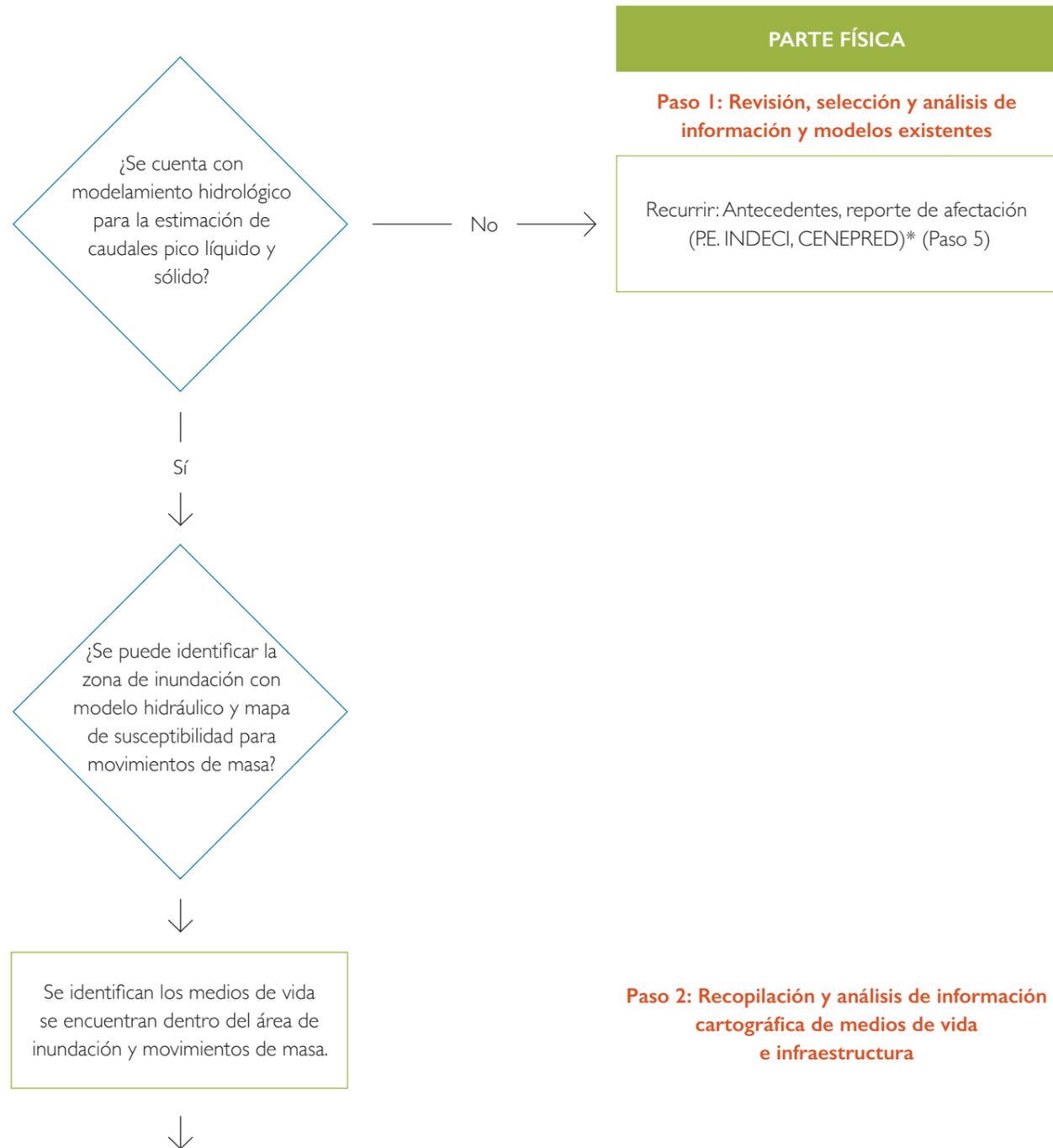
Para el cálculo de los costos evitados atribuibles a las medidas, se desagregará la evaluación en un escenario con y sin proyecto. Es en este cálculo donde contar con información sobre los factores de afectación es crucial para delimitar la

contribución directa del proyecto y poder diferenciar los costos. De no ser posible, se asume que la contribución del proyecto es del 100 %. Una vez definida la magnitud del impacto del peligro, se multiplicará por los costos promedio para obtener los resultados totales. Dado que se trata de beneficios sociales, los valores son determinados a través de factores de ajustes provistos por el Ministerio de Economía y Finanzas.

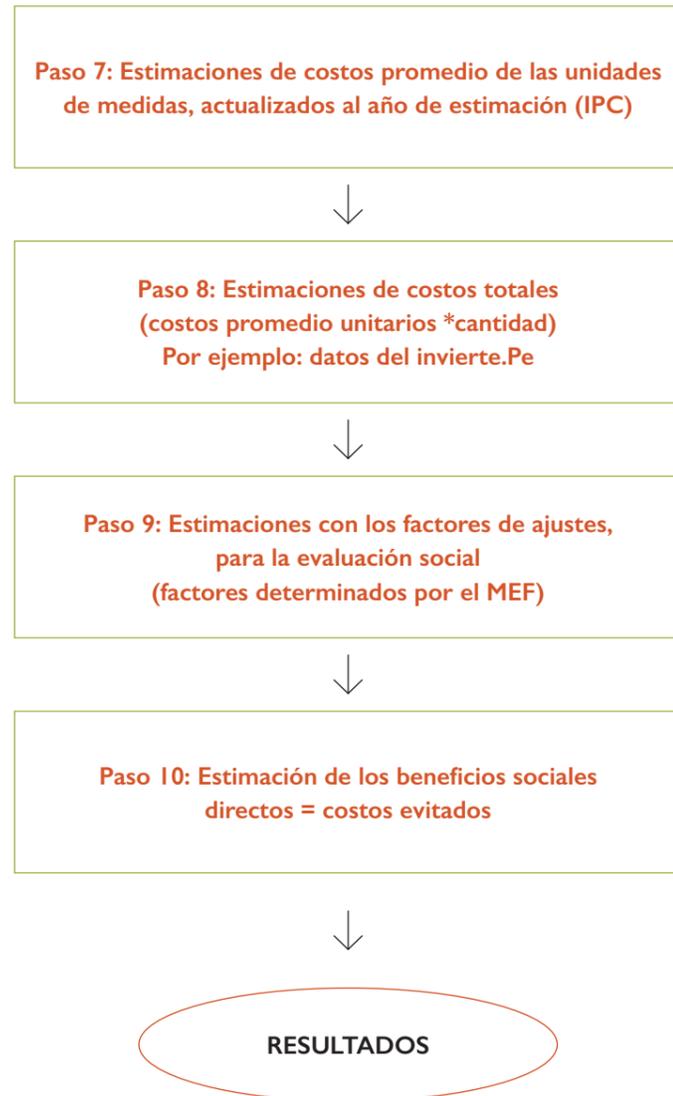
A continuación, se presentan los pasos precisados en el acápite anterior, con la finalidad de revelar las consideraciones técnicas involucradas.



Figura 5. Flujo metodológico para la estimación de los beneficios sociales directos = costos evitados



PARTE ECONÓMICA



En este marco, se describe los pasos metodológicos propuestos para la estimación de los costos evitados; es decir, los beneficios sociales directos.

Paso 1. Revisión, selección y análisis de información y modelos existentes

Este paso se centra en la revisión y selección de datos, informes y modelos existentes referentes al modelamiento hidrológico, hidráulico y de susceptibilidad física ante movimientos de masa e inundación dentro de la cuenca de análisis. El detalle se presenta a continuación:

Modelo hidrológico de producción de sedimentos. Este análisis busca identificar modelos hidrológicos que dentro de su conceptualización estén referidos a la producción de sedimentos dentro de la cuenca, ya sea ante un evento extremo o un modelo continuo, como, por ejemplo: KINEROS, TOPMODEL, HEC-HMS (modelo de eventos), SWAT (modelo continuo). Es importante identificar si el modelo existente ya cuenta o permite la estimación de la producción de sedimentos bajo escenarios (con y sin proyecto de IN). Esto se ve reflejado en la variación de la capacidad de regulación hídrica del suelo ante la implementación de medidas de IN. En caso de no existir un modelo, se deberá implementar uno que permita cuantificar la producción de sedimentos con escenarios de con y sin proyecto de IN (modelo agua-suelo). Esta información permitirá estimar la atenuación de los picos del caudal líquido y sólido ante un evento extraordinario, lo cual será importante en la valoración de costos evitados.

Modelo hidráulico. Consiste en la revisión de los modelos hidráulicos existentes dentro de la cuenca, que dentro de su conceptualización permita identificar la zona de inundación ante un evento extraordinario como, por ejemplo: HEC-RAS, LISTFLOOD, FLO-2D. Es importante identificar si el modelo existente ha generado la zona de inundación ante un evento extraordinario. Esto permitirá realizar el análisis geográfico con la información de medios de vida e infraestructura (poblaciones, agricultura, centros educativos, carreteras, centros de salud, etc.) con la finalidad de identificarlos mediante intersección espacial (si los medios de vida e infraestructura se encuentran dentro de la zona de inundación). En caso de no existir un modelo, se deberá implementar uno que permita zonificar el área de inundación ante un evento extremo (caudal pico generado en el modelo hidrológico de eventos). Esta zona puede ser validada y/o complementada con datos de sensoramiento remoto

de fechas anteriores y posteriores a un evento extraordinario existente en la cuenca de estudio.

Mapa de susceptibilidad. Uso de datos de sensoramiento remoto de alta resolución espacial, para definir claramente las zonas susceptibles a movimientos de masa. Esto permitirá realizar el análisis geográfico con la información de medios de vida e infraestructura (poblaciones, agricultura, centros educativos, carreteras, centros de salud, etc.) con la finalidad de identificarlos mediante intersección espacial (si los medios de vida e infraestructura se encuentran dentro de la zona susceptibles ante movimientos de masa).

En caso de no existir un modelo, se deberá implementar uno que permita zonificar la susceptibilidad ante movimientos de masa. Esta zona debe ser validada y/o contrastada con trabajos de campo dentro de la cuenca de estudio.

Paso 2. Recopilación y análisis de información cartográfica de medios de vida e infraestructura

Para determinar el alcance del impacto económico de la ocurrencia de una inundación o peligros asociados a movimientos de masa, se requiere recopilar información cartográfica de medios de vida e infraestructura dentro de la cuenca de estudio, como:

Áreas agrícolas. Representa la cartografía del catastro de parcelas rurales sobre las cuales se realiza actividad agrícola. Información recopilada del Ministerio de Agricultura, municipalidades, gobiernos regionales.

Centros poblados. Representa la cartografía de los centros poblados. Información recopilada del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), municipalidades, gobiernos regionales.

Instituciones educativas. Representa la cartografía de los centros educativos. Información recopilada del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Ministerio de Educación, municipalidades, gobiernos regionales.

Carreteras. Representa la cartografía de las carreteras. Información recopilada del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, municipalidades, gobiernos regionales.

Centros de salud. Representa la cartografía de los centros de salud. Información recopilada del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Ministerio de Salud, municipalidades, gobiernos regionales.

Otros. Información cartográfica adicional a las mencionadas, que represente infraestructura, medios de vida asentados en la cuenca de análisis. Información recopilada en ministerios, municipalidades, gobiernos regionales, entidades públicas y/o privadas. Se presentan fuentes referenciales a continuación:

Dato cartográfico	Fuente	Web
Áreas agrícolas	MINAGRI, Municipalidades	https://www.gob.pe/midagri
Centros poblados	INEI	https://www.inei.gob.pe
Instituciones educativas	INEI, MINEDU	https://www.gob.pe/minedu
Carreteras	MTC	https://www.gob.pe/mtc
Centros de salud	INEI	https://www.inei.gob.pe
Otros	MINAM, Gobiernos Regionales, municipalidades, etc.	https://www.gob.pe/minam , otros

Paso 3. Identificación de medios de vida afectados/impactados por peligros de inundación y movimientos de masa. En este paso se realiza el análisis espacial entre las áreas zonificadas con peligros de inundación y/o movimientos de masa y los medios de vida e infraestructura existentes en la cuenca, obteniendo como resultado las poblaciones y medios de vida impactados, para lo cual se deberá realizar las siguientes actividades:

- Identificar las áreas de inundación a partir del modelo hidráulico y/o datos de sensoramiento remoto para un evento extraordinario en la cuenca (área de inundación obtenido del modelo hidráulico de un tiempo de retorno dado o mediante imágenes de satélite de un evento extraordinario ocurrido).

- Identificar las áreas de susceptibilidad ante movimientos de masa a partir del mapa de susceptibilidad (área de susceptibilidad alta y muy alta).
- Unir las áreas de inundación y susceptibilidad ante movimientos de masa (mediante herramientas de los sistemas de información geográfica).
- Sistematizar la cartografía de medios de vida e infraestructura existente en la cuenca (mediante herramienta de los sistemas de información geográfica).
- Realizar el análisis espacial de superposición de capas entre las áreas de peligros de inundación y movimientos de masa con las poblaciones, medios de vida e infraestructura en la cuenca (mediante herramienta de los sistemas de información geográfica).

- Las áreas coincidentes serán establecidas como poblaciones, medios de vida e infraestructura impactada/afectada ante inundaciones y movimientos de masa.
- Complementar los resultados con los reportes de las plataformas SIGRID y SINPAD, para lo cual, en el caso de inundaciones, se identificará un evento extraordinario en la cuenca de análisis. Con esa fecha se realizará la búsqueda de los desastres ocasionados por el evento extraordinario.

Paso 4. Evaluación de indicadores

Como se mencionó, a fin de identificar y cuantificar los beneficios de las inversiones en IN para la gestión del riesgo de desastres asociados a inundaciones y/o movimientos de masa, es clave la información sobre las unidades productivas que se verían afectadas en un escenario de ocurrencia de estos peligros.

A partir de la información obtenida por el modelo hidráulico o de información recogida en campo luego de la ocurrencia de inundaciones o movimientos de masa similares a los simulados en este estudio, se obtiene información del impacto en medios de vida en términos de metros, kilómetros o metros cúbicos, las que luego son insumo para la estimación económica de los costos evitados de la implementación de medidas IN como forestación, control de cárcavas, revegetación de pasturas, recuperación de andenes, terrazas de formación lenta y zanjas de infiltración.

Por ejemplo, en el caso de viviendas afectadas, conocer la magnitud del daño en un escenario de evento extremo (en términos de m² afectados) fue un insumo determinante para luego encontrar el valor económico de dicho impacto.

Paso 5. Revisión de información complementaria para determinar los daños sobre los medios de vida (SIGRID-SINPAD).

Como se mencionó en el punto anterior, a fin de determinar cuáles serían los impactos sobre los medios de vida producto de los cambios en los caudales de la cuenca del río Cañete, es necesario contrastar información cartográfica de la zona de inundación y datos de medios de vida expues-

tos. En caso de que no se cuenten con representaciones gráficas de estos últimos datos, entonces se deberá recurrir a fuentes complementarias que hayan registrado impactos por ocurrencia de inundaciones o movimientos de masas en las zonas de interés.

Una buena fuente para consultar sería la base de datos de las plataformas Sistema de Información Geográfica para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID) y el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD). En el caso de este estudio, esta información sirvió recopilar daños registrados en el 2017 (evento fenómeno de El Niño extraordinario), cuyas características son semejantes a las estimadas por el modelo hidráulico.

Entre la información que se obtuvo de estos sistemas se encontraban: establecimientos de salud, bocatomas, puentes, entre otros.

Paso 6. Utilización de factores de afectación

Considerando que el impacto de un evento climático extremo asociado a movimientos de masas o inundaciones no siempre será homogéneo ni absoluto, la evaluación económica de los costos evitados debe basarse, primero, en la determinación de factores de afectación. Estos factores permitirán entender el verdadero grado en el que los medios de vida se verán impactados por la ocurrencia de estos peligros. Generalmente, estos factores de afectación resultan del estudio de modelación hidráulica o se obtienen de información histórica, y permite conocer el marginal de la afectación con y sin proyecto, lo cual será utilizado como la data base para las estimaciones económicas, siempre y cuando estas cuenten con unidades de medida cuantificables, por ejemplo: ha, km, entre otros. En este caso, los factores de afectación se obtuvieron del estudio de modelación hidráulica elaborado para la cuenca analizada.

Estos factores serán cruciales para delimitar la contribución directa del proyecto. El rango de porcentaje de afectación va de 0 a 100 %, dependiendo de los resultados simulados por el modelo hidráulico. De no ser posible, se asume que la contribución del proyecto es 100.

Paso 7. Estimación de costos promedios

Este paso indica el comienzo de la etapa económica de la estimación de los beneficios sociales directos. Contemplando que de los pasos anteriores se obtienen los indicadores cuantificables, expresados en unidades de medidas que hacen factible determinar sus valores en Soles, como, por ejemplo: hectáreas, metros cuadrados, kilómetros, etc.

Posteriormente, se procede a identificar valores de costos de las unidades de medidas identificadas, de acuerdo con los ítems de las unidades productoras afectadas por peligros de inundaciones y movimientos de masa. Para esta tarea se recomienda recurrir a documentos referenciales con alto respaldo técnico.

En este marco, una parte considerable de los costos evitados está determinado por afectación a infraestructuras como puentes, carreteras, colegios, hospitales, etc. Para los costos promedio de acuerdo con su unidad de medida, se recomienda analizar los datos del banco de inversiones Invierte.pe, del Ministerio de Economía y Finanzas, que se encuentran disponibles en el siguiente enlace: <https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/consultaPublica/consultaAvanzada>.

Asimismo, una fuente de costos unitarios es provisto por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; referente a valores unitarios oficiales de edificación para Lima, Callao, selva, costa y sierra del país. Los valores presentados son sobre estructuras, acabados, instalaciones eléctricas y sanitarias, obras complementarias e instalaciones fijas y permanentes. A la fecha, la norma que presenta los citados valores unitarios es la Resolución Ministerial n.º 350-2021-Vivienda, donde "Aprueban los Valores Unitarios Oficiales de

Edificación para las localidades de Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, la Costa, la Sierra y la Selva, vigentes para el ejercicio fiscal 2022."

Con respecto a la data relacionada con los cultivos agrícolas del país, una fuente recomendable es el Sistema Integrado de Estadística Agraria provista por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). En la plataforma se puede encontrar el rendimiento de los cultivos, el precio en chacra de los productos agrícolas y demás, de los principales cultivos. Al respecto, el enlace para la citada plataforma es: <https://siea.midagri.gob.pe/portal/>.

Posterior a identificar y/o estimar los costos unitarios promedios de las unidades de medidas analizadas, en algunos casos se requiere actualizar el dato al año que se ha determinado para la estimación de los flujos económicos. Para este fin se utiliza el Índice de Precios al Consumidor (IPC), donde se multiplica el dato por el factor determinado por el IPC del año a estimar los flujos con el IPC del año original del dato. La fuente recomendada para obtener el IPC es la Base de Datos de Estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú, en el enlace <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/>.

Paso 8. Estimación de costos totales

Posterior a la estimación de los costos unitarios promedios actualizados al año que se ha determinado para la estimación de los flujos de los costos evitados, contemplando la cantidad total de las unidades de medidas analizadas, de acuerdo con los ítems de las unidades productoras afectadas por peligros de inundaciones y movimientos de masa, se procede a realizar la multiplicación de los citados valores precisados. A manera de especificación, en fórmula general, se presenta lo siguiente:

$$\text{Valor total} = \text{Costo promedio unitario} \times \text{cantidad total}$$

Como resultado se obtienen los valores de los costos totales de cada ítem de las unidades productoras a ser estimados en términos del análisis de los costos evitados; es decir, los valores serán en Soles, para formar parte de los costos evitados totales actualizados al año determinado para la estimación de los beneficios sociales directos.

Paso 9. Estimación con los factores de ajuste

$$\text{Valor total ajustado} = \text{Valor total} \times \text{factor de ajuste}$$

Las estimaciones resultantes presentarán los valores totales de los costos evitados, que son los beneficios sociales directos, considerando la proporción de daño originado por los peligros de inundaciones y movimientos de masa en la zona de análisis. Cuando es factible realizar este procedimiento de aplicar factores de ajustes, las estimaciones son más robustas porque se trata de contemplar lo que realmente ha sucedido en un contexto de peligros de desastres naturales con instalaciones de infraestructura, cultivos agrícolas, viviendas, etc.

En el paso 6 se ha determinado sobre la consideración de factores de ajustes específicos para medir la afectación de las unidades productoras, los cuales pueden alcanzar hasta 100% que se traduce en la destrucción o afectación total de la unidad productora analizada. En este marco, contemplando el valor total calculado en el paso metodológico anterior, se procede a multiplicar el citado valor con el factor de ajuste correspondiente. Como representación se presenta la siguiente fórmula:

Paso 10. Estimación del total de los beneficios sociales directos
Este es el último paso metodológico que agrega los resultados obtenidos en las etapas anteriores y consolida el valor de los costos evitados de la implementación de la iniciativa de implementación de medidas de IN, que tiene como objetivo la reducción al riesgo de desastres como inundaciones y movimientos de masa. Por ello, matemáticamente se suman todos los costos evitados estimados por ítem de unidades productoras analizadas, por lo que su representación en fórmula es:

$$VBSD = \sum_{i=1}^n \square VTA$$

Donde:

VBSD= Valor total de beneficios sociales directos.

VTA= Valor total ajustado de la unidad productora afectada.

n= número de unidades productoras estimadas.

El valor total de beneficios sociales directos será expresado en Soles y actualizado de acuerdo con el flujo de estimación, con su correspondiente tasa de descuento a aplicar.

2.2.6. Metodología de estimación de los beneficios sociales indirectos

Los beneficios indirectos son aquellos beneficios que se producen en otros mercados relacionados con el bien o el servicio que se provee. En este caso, dado que el proyecto tiene como fin último ejecutar intervenciones que mejoren la IN para la gestión del riesgo de desastre a nivel integral en la cuenca del río Cañete, los beneficios sociales indirectos serán todos aquellos obtenidos en otros mercados producto de esta mejora en la infraestructura natural y el ecosistema. En estos términos, los mercados relacionados con la implementación de las medidas de IN mejoran los servicios del ecosistema, como los precisados en el ítem 1.6. Servicios Ecosistémicos, donde se precisan de acuerdo con la clasificación de provisión, regulación, cultural y de soporte.

Para efectos de estudio se han considerado los siguientes beneficios indirectos: i) servicio de belleza paisajística, ii) control de la erosión, iii) mejora en la regulación hídrica, y iv) captura de carbono.

Como en el caso anterior, el primer paso es encontrar información sobre la IN predominante en el ecosistema a lo largo de la cuenca, así como las actividades que se realizan con base en este. Por ejemplo, definir el tipo de vegetación para evaluar si es que existe potencial para la captura de carbono, o si es que el suelo es apto para algún tipo de cultivo o la provisión de servicio de recreación. Este es un paso clave para identificar cuáles son los servicios ecosistémicos para considerar en la evaluación.

Una vez identificados estos servicios, se deberá definir la magnitud y alcance de los "activos naturales" en las distintas áreas de la zona. El siguiente paso es encontrar el valor económico. En el Perú, la valoración económica de los servicios ecosistémicos no ha tenido un alcance extensivo en todo el territorio. En este caso, al no contar con información cuantitativa sobre el valor de los servicios ecosistémicos ubicados en la zona de intervención, se puede revisar y utilizar evidencia comparada.

Así, en este estudio, la valoración económica de los servicios ecosistémicos involucrados se ha realizado con base

en información de otros territorios con características semejantes a las de la cuenca de Cañete. Lo más importante en este paso es asegurar la calidad de los estudios que se utilizarán para aproximar la valoración económica de los servicios ecosistémicos en la zona de intervención.

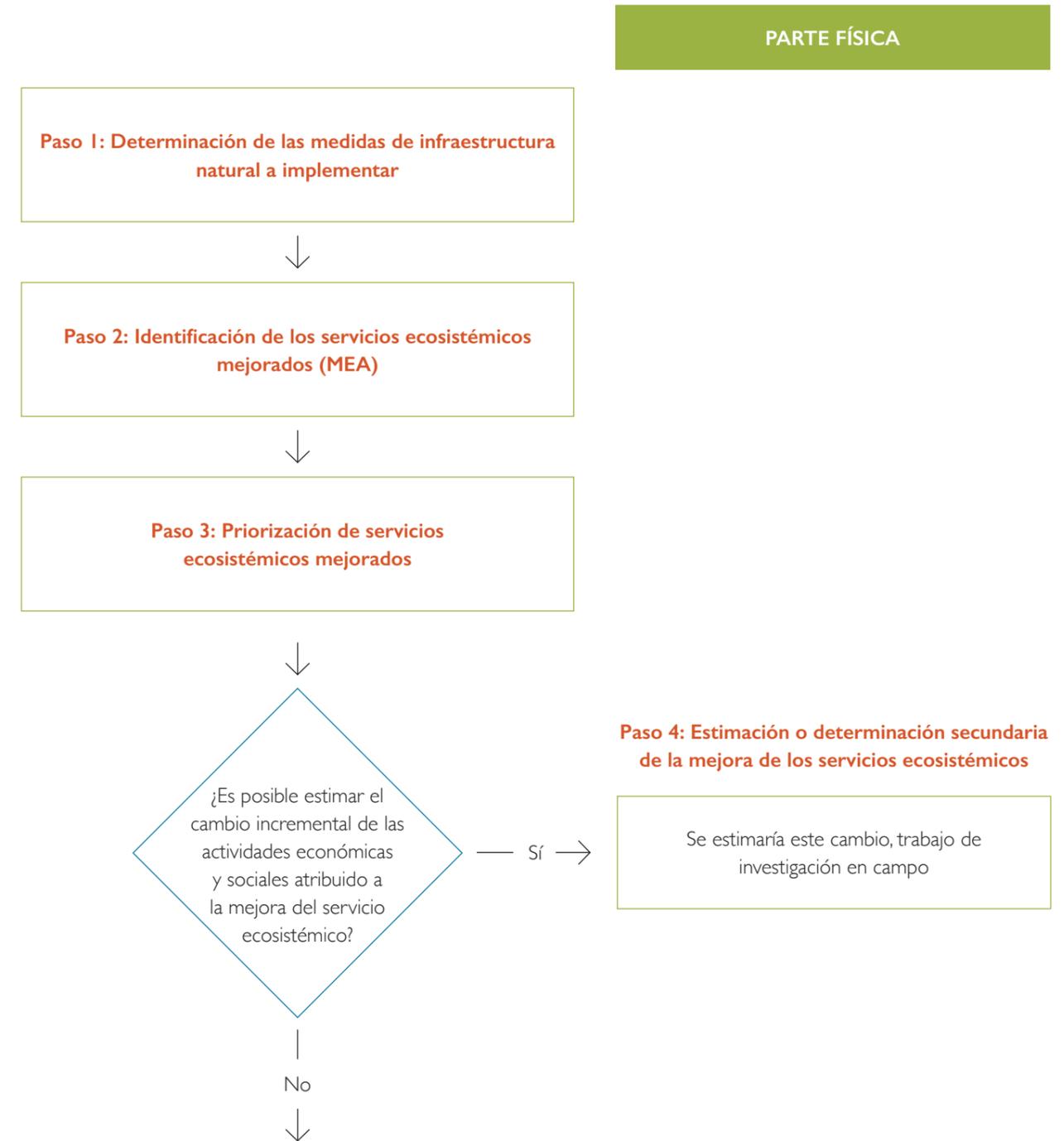
Una vez se tenga definido el estudio con los datos del valor del servicio ecosistémico por unidad de medida (por ejemplo, S/kg o S/hectárea conservada), de tratarse de un estudio de otro país se deberá aplicar un factor de corrección por la variación en precios e ingresos entre los países. El indicador que se utilizará para esta corrección es el ratio ingreso per cápita por paridad de compra entre Perú y el país del cual se recogen los datos.

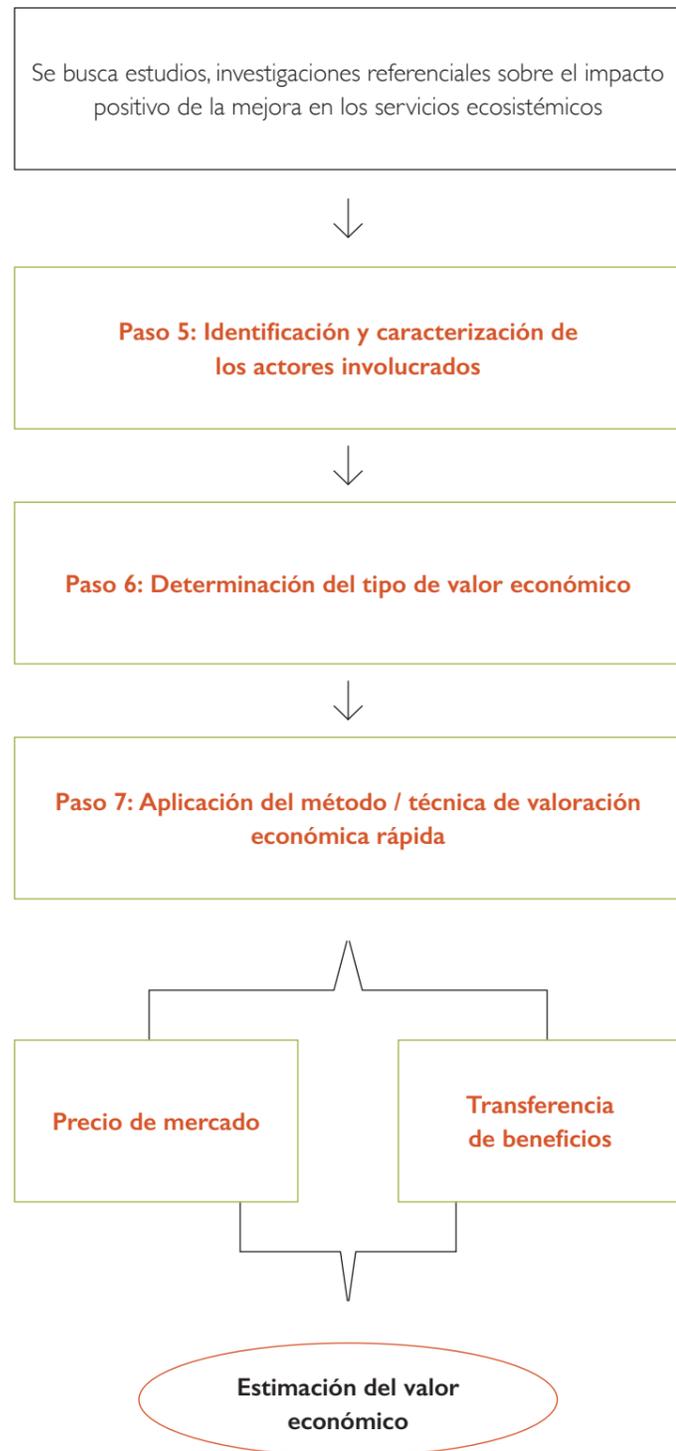
Una vez corregido por territorio, en caso el valor se encuentre en dólares, deberá traerse a nuevos soles para ser introducido en el flujo económico. Para ello, se utilizará el promedio del tipo de cambio del año en el que se realizó la valoración. Teniendo ya esta información en nuevos soles, y en caso se trate de un año diferente al de la evaluación (por ejemplo, si el valor es 2018 y la evaluación económica se hace en el 2021), se trae a precios corrientes por el IPC.

Una vez con el valor a precios en soles y corrientes, este se multiplica por la magnitud del área en donde se provee el servicio ecosistémico para obtener el beneficio social indirecto de las intervenciones en IN.



Figura 6. Flujo metodológico para la estimación de los beneficios sociales indirectos





PARTE ECONÓMICA

En este marco, se describe los pasos metodológicos propuestos para la estimación de la mejora en los servicios ecosistémicos; es decir, los beneficios sociales directos, como se detalla:

Paso 1. Medidas de IN a implementar

Las medidas de IN a implementar serán las relacionadas

con mejorar y/o recuperar los servicios ecosistémicos que se ven afectados ante eventos de movimientos de masa e inundaciones, los cuales cumplen la conservación de agua y suelo en las cuencas. A continuación, se muestran las problemáticas que condicionan o favorecen los peligros mencionados, y las propuestas de medidas de IN que ayudan a disminuir, reducir y mitigar los impactos de dichos peligros.

Tabla 3. Ejemplos de medidas de IN

PROBLEMÁTICA	MEDIDAS DE IN
Deforestación	Reforestación
Áreas abandonadas con vegetación secundaria	Reforestación masiva
Erosión del suelo	Reforestación masiva Zanjas de infiltración Construcción de cochas Silvopasturas Enriquecimiento del suelo Construcción de diques para estabilizar cárcavas Reforestación para estabilizar cárcavas Construcción de muretes para control de cárcavas
Sobrepastoreo	Revegetación (restaurar la cobertura, mejorar la riqueza de los pastos) Construcción de cochas
Remoción en masa	Construcción de diques de contención y reforestación en la base

Paso 2. Identificación de los servicios ecosistémicos mejorados (MEA)

La traducción desde una función ecosistémica a un servicio ecosistémico implica necesariamente la identificación de los beneficiarios, así como la localización espaciotemporal de su uso (Martín-López y Montes, 2012). Por lo tanto, la identificación de servicios ecosistémicos proporcionados por un área específica depende en prime-

ra instancia de la correcta identificación de actores clave, quienes tienen un particular interés en el uso o gestión de los ecosistemas y los beneficios que obtienen a partir de estos (Martín-López *et al.*, 2012; Martín-López y Montes, 2012; Balvanera y Cottler, 2007).

Los actores clave pueden tener dos (2) papeles en relación con los servicios ecosistémicos: un papel activo, ya que con-

trolan el manejo y gestión de los servicios, y un papel pasivo, debido a que se ven afectados, positiva o negativamente, por la gestión del flujo de servicios. Es así como la identificación de actores clave se basa en el nivel de influencia que tienen sobre el suministro de servicios ecosistémicos, así como también, por el grado de dependencia que tienen hacia ellos (Martín López et al., 2012). Esto evidencia que los actores clave se pueden relacionar con los ecosistemas y sus servicios desde distintos ámbitos.

Con base en lo expuesto, la implementación de medidas de infraestructura en ecosistemas estratégicos produce mejoras en los servicios ecosistémicos, como por ejemplo los relacionados con los de regulación hídrica (ver: Guía de valoración económica del patrimonio natural - MINAM, Guía de modelación hidrológica para la infraestructura natural desarrollada - Forest Trends), control de la erosión, captura de carbono, etc.

En el apartado 1.6 Servicios ecosistémicos, se ha presentado la lista de servicios divididos en sus cuatro (4) categorías propuestas en el MEA, y la tarea en este paso es identificar cuáles de los servicios ecosistémicos se mejorarían en calidad y cantidad tras la ejecución de la inversión. Esta determinación se basa en la experiencia técnica de los diversos profesionales involucrados en el análisis del impacto de las medidas a implementar en los servicios ecosistémicos de la zona en análisis³.

Paso 3. Priorización de los servicios ecosistémicos mejorados

La priorización se debe realizar basándose en la importancia que tienen los servicios ecosistémicos para el desarrollo de las principales actividades que realizan los actores clave y la relevancia que tienen éstos en sus vidas (Martín-López y Montes, 2012).

A partir de la construcción de criterios que identifiquen la importancia de los servicios ecosistémicos a los actores,

estos pueden ser calificados mediante los métodos del *ranking* y el *rating*.

El método de ranking

El método de priorización mediante el *ranking* consiste en adjudicarle una posición a cada criterio de decisión de una lista preestablecida. El *ranking* puede ser cardinal u ordinal (Moreno y Borda, 2009).

El método de rating

Es similar al *ranking*, pero asigna un puntaje de 0 a 100 a cada uno de los elementos considerados. Los puntajes de todos los elementos comparados deben sumar 100. Esto implica que, al asignar un puntaje alto a un elemento, otro elemento tendrá necesariamente un puntaje menor. Una ventaja del *rating* es que provee una medida combinada (ordinal y cardinal) de la importancia de cada elemento (Moreno y Borda, 2009).

Paso 4. Estimación o determinación secundaria de la mejora del servicio ecosistémico

Una vez definidos los servicios ecosistémicos mejorados a partir de la intervención del proyecto, se deberá monetizar los beneficios que se obtienen de los bienes y servicios que las personas reciben directamente de los ecosistemas y contrastarlos con la situación "sin proyecto", en donde la mejora de los servicios ecosistémicos no se presentaría. Por ejemplo, en este paso, según el tipo de vegetación y potencial de captura definida en el paso 3, se deberá determinar las toneladas de carbono capturado incremental atribuido a la implementación de las medidas de infraestructura. Para esta estimación en términos físicos de los servicios ecosistémicos mejorados, lo ideal es realizar el análisis de investigación en campo, con experiencias existentes. Este trabajo contempla un esfuerzo de investigación arduo, por lo que los costos son considerables.

En este marco, de no realizar un trabajo de investigación con recopilación de información primaria sobre la mejora

de los servicios ecosistémicos en un contexto de comparación con y sin proyecto, se recomienda que la identificación del impacto positivo en los servicios ecosistémicos se realice con información secundaria provista por trabajos de investigación previos, estudios referenciales u otros en el mismo lugar o lugares similares con la finalidad de determinar una cuantificación física del citado impacto que pueda ser estimación en términos económicos.

Paso 5. Identificación y caracterización de los actores involucrados

A través de este paso se identificará y caracterizará a los actores involucrados con los servicios ecosistémicos identificados en el paso anterior. Esto se realiza con el objetivo de identificar a los actores que están siendo afectados por los daños ambientales y que estarían vinculados a las decisiones de política/gestión que se tomen luego de realizar los ejercicios de valoración. Una vez identificados los actores, se procede a la caracterización de cada uno de ellos. Esta caracterización no es exhaustiva, pero sí deberá establecer, fundamentalmente, el vínculo de los actores y los servicios ecosistémicos.

A continuación, se dan algunas sugerencias para la caracterización de los actores vinculados a los servicios ecosistémicos:

Población local, se describirán las características de la población local, es decir: cantidad de familias/hogares de los centros poblados; situación socioeconómica (salud, educación, necesidades básicas insatisfechas, etc.), actividades económicas o de autoconsumo que realizan, situación de tenencia de la tierra, indicar si son Comunidades Nativas, entre otros. Se recurrirá a información secundaria como estadísticas oficiales: censos de población y vivienda, encuestas de hogares, planes de desarrollo concertados, etc.; también es posible revisar información de estudios socioeconómicos que presenten información confiable, realizados por entidades reconocidas. Asimismo, en caso el estudio lo permita, se podrá recoger información directa en campo.

Agricultores, de igual forma se describirán las características de los agricultores, es decir: número de agricultores y

número de hectáreas por unidad de producción; tipo de cultivos, superficie cultivada, rendimientos, producción total; nivel de educación; tipo de tecnología empleada en la producción (baja, media, alta); indicar si es de autoconsumo o para comercialización; precios de productos, entre otros. Se puede consultar información en estadísticas oficiales como el Censo Nacional Agropecuario o en oficinas de agricultura del MINAGRI, entre otros.

Turistas, se describirá el número de turistas, nacionales y extranjeros; cantidad de días que visitan la zona, si es posible, el monto del gasto por turista.

Gobierno Regional, Gobierno Local y Nacional, aquí sería recomendable hacer partícipe del estudio a las autoridades involucradas, conocer sus políticas e instrumentos de gestión, como los Planes de Desarrollo Concertados, sus proyectos, entre otros.

A modo de ejemplo, de acuerdo con lo identificado por el "Servicio especializado para el análisis comparativo de información con fines de valoración económica de daños ambientales causados por la minería en Madre de Dios" MINAM 2016, a continuación, se presentan los actores involucrados vinculados a los servicios ecosistémicos identificados:



Foto: Forest Trends

³ Se debe considerar que el análisis del área de los servicios ecosistémicos que son mejorados por las medidas de infraestructura natural abarca toda la cuenca del río Cañete, no solo al área de la unidad de medida del proyecto, es decir, 2550 hectáreas, en concordancia con el marco teórico propuesto para la identificación de los beneficios sociales.

Tabla 4. Ejemplos de actores involucrados

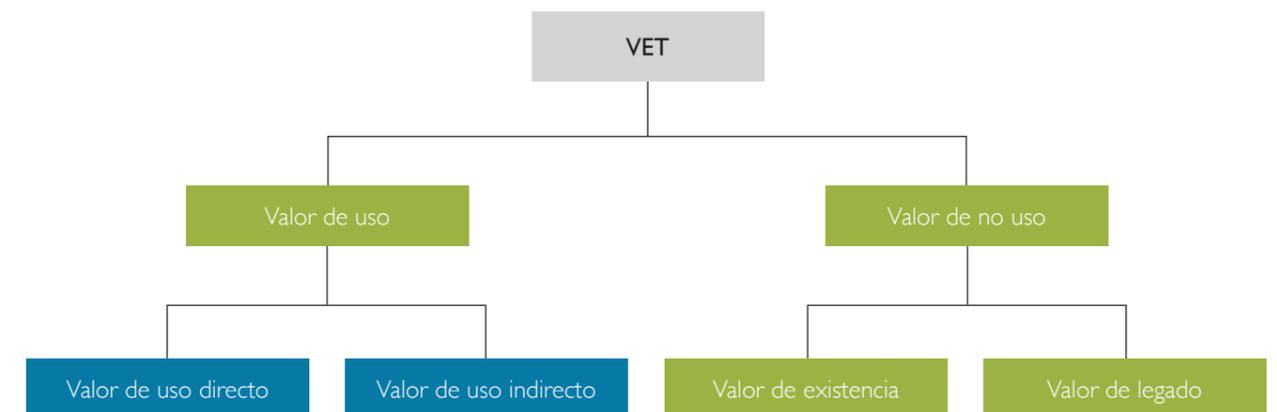
Tipo de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico	Actores involucrados
Servicios de provisión	Alimento	Población local
	Productos maderables	Población local, madereros
	Combustibles y fibras	Población local
	Recursos genéticos	Población local, Gobierno regional, Gobierno nacional e internacional
	Plantas medicinales	Población local, Gobierno regional, Gobierno nacional e internacional
	Agua	Población local (uso doméstico), agricultura y otras actividades económicas
Servicios de regulación	Regulación de la calidad del aire	Población local, Gobierno Regional, Gobierno Nacional e Internacional
	Captura y almacenamiento de carbono	Población local, Gobierno Regional, Gobierno Nacional e Internacional
	Regulación del clima	Local, Nacional e Internacional
	Regulación de la erosión	Agricultores
	Purificación del agua y tratamiento de agua de desecho	Población local, agricultores
	Regulación de enfermedades	Población local
	Regulación de pestes	Población local, agricultores
	Polinización	Agricultores
	Regulación de riesgos naturales	Población local y Gobierno Regional
Servicios culturales	Valores espirituales y religiosos	Población local
	Valores estéticos	Población local, turistas
	Recreación y ecoturismo	Población local, turistas
Servicios de soporte	Ciclo de nutrientes	Población local, Gobierno Regional
	Formación de suelos	Población local, Gobierno Regional
	Producción primaria	Población local, Gobierno Regional

Paso 6. Determinación del tipo de valor económico

El valor económico representa los cambios en el bienestar de las personas, cuando pasan de un escenario a otro, por ejemplo, cuando mejora el servicio ecosistémico de regulación hídrica que puede impactar en cultivos de producción de agricultores con el incremento de la productividad. En estos términos, el valor económico es una estimación marginal de acuerdo con las preferencias individuales de las personas traducidas en valores económicos.

Con esta conceptualización del valor económico, teniendo priorizados los servicios ecosistémicos a valorar, se procede a identificar el tipo de valor de estos, de acuerdo con el enfoque del valor económico total (VET). El citado enfoque precisa que un servicio ecosistémico puede tener valores de uso y valores de no uso. Los valores de uso pueden ser directos o indirectos, y los valores de no uso se caracterizan porque las personas perciben bienestar de la existencia de algunos bienes o servicios. En estos términos, el VET está compuesto por:

Figura 7. Valor económico total



Paso 7. Aplicación del método / técnica de valoración económica rápida: precios de mercado y transferencia de beneficios

Los métodos de valoración se dividen en: basados en precios de mercado, preferencias reveladas, preferencias declaradas, técnica de transferencia de beneficios. Los citados métodos se seleccionan para las estimaciones económicas de los servicios ecosistémicos de acuerdo con los siguientes criterios:

- Tipo de valor económico.
- Condiciones técnicas para la aplicación del método.
- Información requerida.
- Disponibilidad de recursos financieros.
- Tiempo disponible.

Considerando que en este tipo de análisis se requiere métodos de valoración económica ambiental de rápida aplicación, se recomienda utilizar precios de mercado y transferencia de beneficios.

Método de precios de mercado

El método basado en precios de mercado se sustenta en que, en ciertos casos, el mercado asigna precios a los bienes y servicios ecosistémicos a partir de la información que proyectan los consumidores y productores. El método consiste en determinar el beneficio monetario vinculado a un bien o servicio ecosistémico particular. Este beneficio (como proxy del bienestar generado por tal servicio) es obtenido a partir de información de mercado como precios y costos.

Transferencia de beneficios

La técnica de transferencia de beneficios consiste en la extrapolación de valores económicos de los bienes y servicios ambientales o funciones de estimación, los mismos que fueron obtenidos de estudios donde se han aplicado las metodologías de valoración económica sustentadas en la economía neoclásica ambiental.

La precisión en las estimaciones depende de la rigurosidad técnica aplicada en el estudio primario utilizado para la extrapolación de datos y de los ajustes metodológicos aplicados. Adicionalmente, el supuesto principal de la aplicación del presente método es que los valores estimados se aproximan a aquellos que obtendríamos si se diseña y aplica un estudio original.

Los pasos para utilizar para la técnica serán los propuestos por el Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural, citados a continuación:

- Identificación y caracterización del bien o servicio a valorar.
- Identificación del estudio primario.
- Comprobación de la calidad del estudio primario.
- Análisis de similitud entre el lugar de estudio y el lugar de política.
- Realización de la extrapolación de valores.

Paso 8. Estimación del valor económico

Luego de identificar y aplicar los métodos de valoración económica que permiten una cuantificación rápida y sustentada técnicamente, se procede a sumar los resultados

de todos los ítems a estimar, con la finalidad de obtener el valor económico de todos los costos evitados en unidades monetarias equivalentes tanto en la moneda como la temporalidad de análisis.

2.2.7. Externalidades positivas

Son aquellos beneficios que se generan sobre terceros no vinculados con el mercado del servicio, directa ni indirectamente. Un ejemplo típico de este caso, en la evaluación de proyectos de inversión pública, se refiere a la mejora de una vía urbana o la instalación de servicios de saneamiento, las cuales, además de las mejoras en el entorno, incrementan el valor del predio de los vecinos.

Para la identificación y estimación de las externalidades positivas se siguen los pasos metodológicos de los beneficios sociales indirectos presentados en el apartado 8 del presente documento. Como se verá a continuación en el caso aplicado, en el contexto de un proyecto de IN, la captura de carbono resulta una externalidad positiva en tanto reduce las presiones en la atmósfera derivadas de las emisiones de gases de efecto invernadero.



Caso aplicado de la evaluación social de un proyecto de inversión de IN para la gestión del riesgo de peligros de inundación y movimiento de masa en la cuenca del río Cañete

Para el desarrollo de la evaluación social de un proyecto que implementa medidas de IN en una cuenca hidrográfica alta, se ha seleccionado en conjunto con el equipo de Forest Trends la iniciativa “Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima”. En este marco, el presente apartado contempla: (i) proyecto de IN en la cuenca alta del río Cañete, (ii) identificación de las áreas, población y unidades productoras afectadas en la cuenca del río Cañete, (iii) estimación de los beneficios sociales directos y costos evitados, (iv) estimación de beneficios sociales indirectos, (v) externalidades positivas, (vi) costos sociales, (vii) flujo de beneficios y costos y (viii) indicadores de rentabilidad.

3.1. Proyecto de IN en la cuenca alta del río Cañete

El proyecto para implementar es “Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima”, de la Unidad Formuladora del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). Este proyecto se enmarca en el “Plan Integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del río Cañete”, correspondiendo al componente B del citado plan.

La citada intervención se orienta a la recuperación de los ecosistemas que presentan factores condicionantes y desencadenantes de inundación y movimientos de masa en la cuenca alta del río Cañete, con la finalidad de reducir la exposición frente a efectos de eventos extremos. Es decir, la zona de intervención corresponde a la cuenca alta del río Cañete, donde los pisos altitudinales se encuentran entre los 2340 y los 5000 m s. n. m. Asimismo, en la zona de intervención se caracteriza que el periodo de precipitación intensa se presenta entre diciembre y abril, donde se presentan las mayores probabilidades de desastres naturales como inundaciones y movimientos de masa.

Pero la lógica de intervención con medidas de IN que recuperan ecosistemas claves para reducir el riesgo de desastres, no es sólo determinar el impacto positivo en la zona de intervención, la cuenca alta del río Cañete, sino en toda la cuenca. En este sentido, es relevante contemplar información relevante sobre la cuenca media y baja del río.

- Con respecto a la caracterización de la cuenca del río Cañete, se comenta que la cuenca alta brinda la mayor cantidad de agua a toda la cuenca, teniendo un rol preponderante entre los periodos de sequía, entre los meses de mayo y agosto. Pero en los últimos años se ha venido dando un proceso de desglaciación por efectos del cambio climático, representado por una pérdida de superficie glaciaria del 56 % entre los años de 1970 al 2070. Asimismo, la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas proporciona a los pobladores y turistas una belleza paisajística altoandina, caracterizada por cascadas únicas en el país.
- En la cuenca media del río Cañete, la actividad económica predominante es la agricultura de autoconsumo, que depende de la regularidad del recurso hídrico; pero el sobrepastoreo provoca degradación en el ecosistema. Para el suministro de agua que genera energía eléctrica, el embalse de Capilluca cumple un rol fundamental, con un volumen útil de 1,8 millones de m³.
- Por su parte, la cuenca baja del río Cañete sostiene actividad agrícola intensa y la alta demanda de recurso hídrico por la mayor cantidad de habitantes en la zona, y en Lunahuaná se reporta actividad turística por las atracciones como actividades de canotaje en el río, ciclismo en rutas de aventura, y disfrute de la belleza escénica del valle. Finalmente, es relevante precisar la dinámica de la central hidroeléctrica El Platanal, alimentada por el agua del embalse de Capilluca.

En relación con los acontecimientos de desastres naturales en la zona de la cuenca del río Cañete, los peligros más recurrentes registrados son las inundaciones, deslizamientos, huaicos y heladas; de acuerdo con la información histórica del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). La cuenca del río Cañete fue altamente afectada por El Niño costero en el año 2017, entre febrero y marzo, con impactos tanto

a nivel de infraestructura, actividades económicas y afectación a la integridad de las personas de la zona. En este contexto, el 87,5 % de la población del área de influencia afirma haber perdido parcialmente sus viviendas a causa de

las inundaciones y movimientos de masa causadas por El Niño costero del año 2017, mientras que el otro 75 % afirma haber perdido parcialmente sus terrenos de cultivo. En este marco, la información relevante de la intervención es:

Tabla 5. Información relevante de la intervención

Problema	Ecosistemas degradados con factores condicionantes y desencadenantes de inundación y movimientos de masa en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos de la cuenca del río Cañete
Sector público asociado	Servicios ecosistémicos
Indicador de brechas de acceso a servicios	Porcentaje de superficie de ecosistema forestal degradado que requieren de restauración y/o recuperación
Demanda	2 ecosistemas intervenidos: pajonal de puna húmeda y matorral andino
Unidad de medida	Hectáreas recuperadas
Contribución al cierre de brechas	2550,18 ha
Beneficiarios directos	3254 habitantes
Población total	39 centros poblados con un total de 3615
Componentes	(i) Recuperación del componente biótico como factor condicionante (ii) Recuperación del componente físico como factor condicionante (iii) Adecuada gestión en el manejo de ecosistemas y gestión de desastres de riesgo por parte del Gobierno Regional de Lima, Gobiernos Locales y pobladores.
Horizonte del proyecto	15 años

Nota: Elaboración propia

El ecosistema de puna húmeda tiene una altitud entre 3800 hasta 4600 m s. n. m., representando un ecosistema alto andino cubierto por gramíneas de porte bajo y pajonales. Y el ecosistema matorral andino tiene un rango altitudinal de 3600 hasta 3900 m s. n. m., con vegetación de matorrales y cactáceas. Los citados ecosistemas proporcionan el servicio de regulación hídrica que sostiene

a las poblaciones y actividades económicas de toda la cuenca.

Con respecto a las medidas de infraestructura que se implementarán en el ecosistema de puna húmeda y el ecosistema matorral andino, son las siguientes, de acuerdo con el área de intervención:

Tabla 6. Implementación

Medidas de IN	Área total (ha)
Forestación	851,56
Control de cárcavas	43,03
Revegetación de pasturas	351,43
Recuperación de andenes	943,06
Terrazas de formación lenta	17,05
Zanjas de infiltración	317,3
Revegetación de pasturas y forestación	26,75
Total (ha)	2550,18

Nota: Elaboración propia

El funcionamiento del proyecto sería entre el MIDAGRI en colaboración de la municipalidad provincial de Yauyos, y las municipalidades distritales de Huantán, Yauyos, Vitis, Miraflores, Huancaya y Largos; así como las comunidades campesinas del ámbito de influencia.

3.2. Identificación de las áreas, población, y unidades productoras afectadas en la cuenca del río Cañete

La información presentada está basada en la revisión de

documentos proporcionados por Forest Trends, el mapa de susceptibilidad ante movimientos de masa en la cuenca Cañete, el estudio hidrológico mediante el modelo hidrológico KINEROS, en el cual obtienen la atenuación del caudal máximo de avenida para un periodo de retorno de cien (100) años, debido a la implementación de medidas de IN en la cuenca Cañete; revisión del estudio hidráulico en la cuenca Cañete. Estos resultados obtenidos contemplan al evento de El Niño costero de febrero del 2017, ya que representa a un evento extraordinario, muy similar (aunque

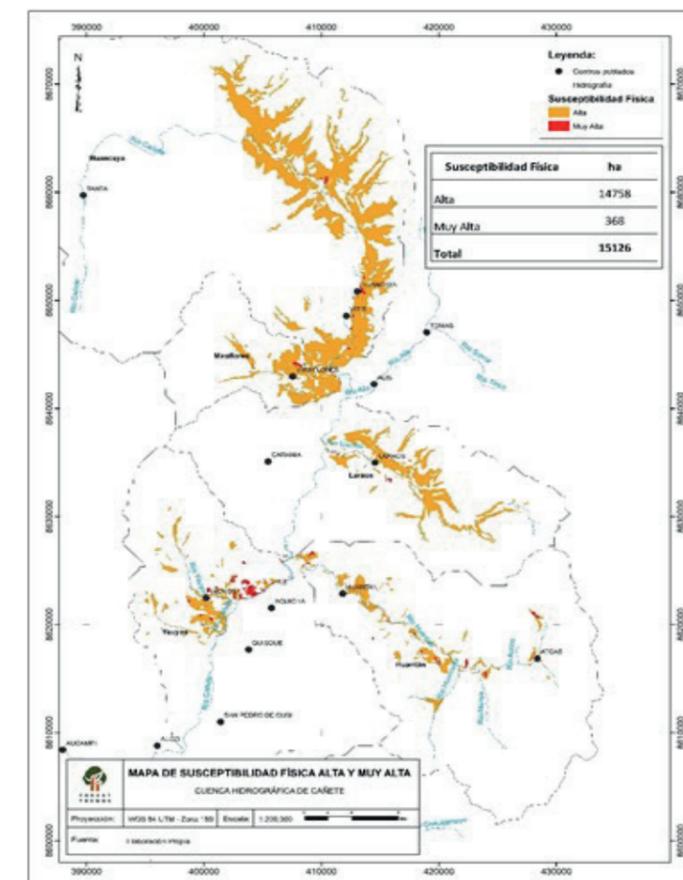
algo menor) en magnitud al planteado con un escenario de un tiempo de retorno de cien (100) años en el estudio hidráulico desarrollado en dicha cuenca.

a. Mapa de susceptibilidad ante movimientos de masa en la cuenca Cañete

De acuerdo con la guía de determinación de áreas prioritarias para IN desarrollada por Forest Trends, la susceptibilidad ha sido generada para la parte media-alta y alta

de la cuenca Cañete, ya que representan las zonas de mayor pendiente, tasas de precipitaciones, condiciones geológicas, geomorfológicas propensas a generar movimientos de masa. En susceptibilidad alta se encuentran 14,758 ha (representadas en naranja), mientras que en susceptibilidad muy alta (representadas en rojo) se encuentran 368 ha. Los resultados de la susceptibilidad ante movimientos de masa para la cuenca Cañete se muestran en la figura.

Figura 8. Mapa de susceptibilidad física (alta y muy alta) en la cuenca del río Cañete



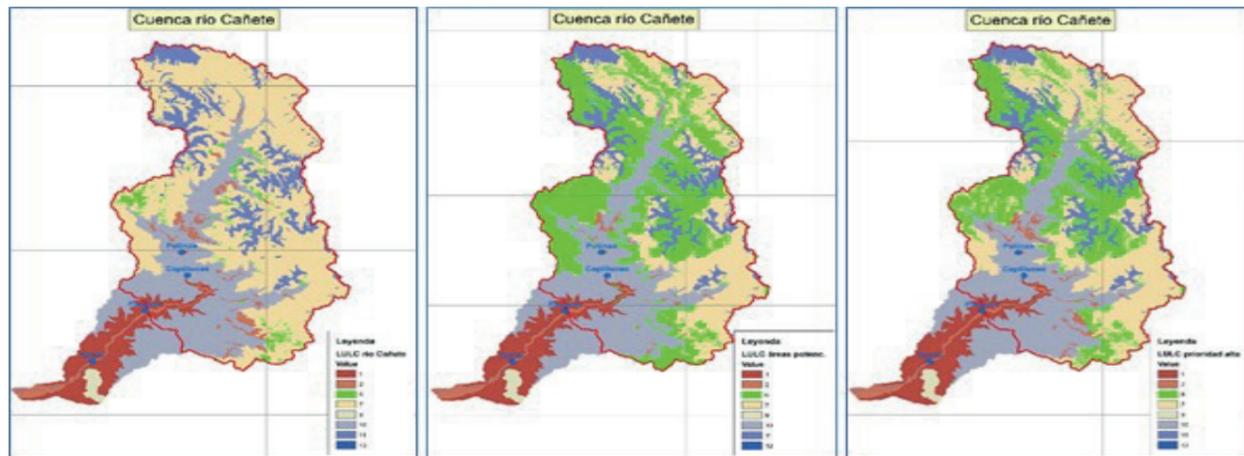
Fuente: Forest Trends 2020

b. Resultados del modelo KINEROS

En la cuenca del río Cañete, se ha implementado el modelo hidrológico de eventos KINEROS. De acuerdo con los resultados del modelo KINEROS en la cuenca Cañete, se muestran los siguientes resultados desarrollados en base a los caudales máximos predominantes en la estación hidrométrica Pacarán.

El análisis se realiza hasta la estación hidrométrica Pacarán. La Figura 9 muestra la cobertura de uso para la línea base (condiciones actuales), cobertura de uso con intervención en la zona de focalización potencial (1615,4 km² de intervención), cobertura de uso con intervención en la zona de focalización de prioridad alta (1116,1 km² de intervención).

Figura 9. Mapa reclasificado de cobertura de la línea base (izquierdo), focalización potencial centro y focalización con prioridad alta (derecho)



Los resultados del modelo KINEROS en la cuenca del río Cañete muestran que la implementación de IN en la cuenca genera una disminución en el caudal pico ante un evento extraordinario. Esto genera una menor producción de sedimentos en el caudal pico, reduciendo 87 680 kg/s asumiendo

áreas de intervención priorizadas (1116,1 km²), mientras que la reducción es mayor, con 197 080 kg/s asumiendo una focalización potencial (1615,4 km²), lo cual muestra la mejora en capacidad de regulación hídrica mediante la implementación de medidas de IN en la cuenca.

Figura 10. Hidrograma de caudales y sedimentos.

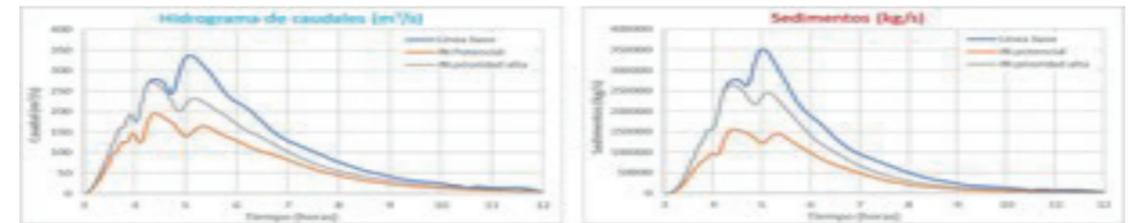


Tabla 7. Resumen informativo de variables representativas en la cuenca analizada

Cuenca	Intervención	Área focalizada (km ²)	Q _p (m ³ /s)	Atenuac (m ³ /s)	Rend (l/s/ha)	T _s (kg/s)	Reducc (kg/s)	Rend (kg/s/ha)
Cañete	Línea base		337			351 779		
	Focalización potencial	1615,4	196	141,1	0,87	154 699	197 080	1,22
	Focalización prioridad alta	1116,1	271,4	65,6	0,59	264 098	87 680	0,79

Fuente: Modelo Kineros, Elaborado por Forest Trends, 2020.

También, el modelo reporta el rendimiento de caudales, atenuación de caudales, y reducción de sedimentos de las

subcuencas analizadas: Huancaya, Miraflores, Laraos, Huan-tán y Yauyos.

Tabla 8. Rendimiento de caudales y sedimentos

Subcuenca	Intervención IN	Área modelada (km ²)	Área focalizada (km ²)	Área focalizada (km ²)	Qp (m ³ /s)	Atenuación Qp (m ³ /s)	Rendimiento Q (l/s/ha)	Ts (kg/s)	Atenuación Ts (kg/s)	Rendimiento ts (kg/s/ha)
Huancaya	Línea base	942,7	4,4	439,4	108,9	11,5	26,17	65 116	13 195	30,03
Miraflores	Intervención	388,3	7,1	705,1	97,4	46,7	66,21	51 921	77 817	110,36
Laraos	Línea base	184,7	6,0	600,2	487,1	45,0	74,99	368 388	96 047	160,04
	Intervención				440,4			290 571		
	Intervención				220,5			379 667		
	Intervención				175,5			283 620		
Huantán	Línea base	419,8	6,0	602,8	288,0	32,3	53,53	379 760	59 032	97,94
Yauyos	Intervención	190,8	2,5	252,6	255,7	14,2	56,18	320 727	32 536	128,82
	Línea base				232,8			245 349		
	Intervención				218,7			212 814		

Fuente: Modelo Kíneros, elaborado por Forest Trends, 2020

Tabla 9. Atenuación de caudales y reducción

Sub cuencas	Atenuaciones	Porcentajes
Yauyos	atenuación de caudales reducción de sedimentos	1,4-19,59 % 1,2-70,8 %
Miraflores	atenuación de caudales reducción de sedimentos	0,48-23 % 0,45-33,5 %
Huantán	atenuación de caudales reducción de sedimentos	2,2-36,2 % 0,45-41,63 %
Laraos	atenuación de caudales reducción de sedimentos	0,05-75 % 0,09-81 %
Huancaya	atenuación de caudales reducción de sedimentos	0,13-30 % 1,5-33,45 %

Para este ejercicio se debería contar con los resultados de indicadores del modelo KINEROS para toda la cuenca del río Cañete, donde se contemplen las medidas de IN aplicadas en la cuenca alta del río Cañete del proyecto de inversión "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - departamento de Lima"; pero no han sido estimados a través del modelo hidráulico.

En este sentido, para el caso aplicado de la evaluación económica de los beneficios sociales directos y costos evitados, se han utilizado los indicadores del modelo hidráulico que se aplicó en el tramo del proyecto AI "Creación del servicio de protección contra inundaciones del río Cañete entre el tramo desembocadura del río Cañete -localidad de Paullo en los distritos de San Vicente de Cañete, Nuevo Impe-

rial y Lunahuaná de la provincia de Cañete- departamento de Lima". Con ello se realiza el supuesto que los indicadores de afectación a las unidades productoras del modelo hidráulico en la cuenca baja del río Cañete son similares a los potenciales efectos que se producirían en la cuenca baja si se implementan las medidas de IN propuestas en cuenca alta del proyecto "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - departamento de Lima".

En este contexto, los indicadores físicos determinados por el modelo hidráulico y que son utilizados para la estimación de los costos evitados de la implementación de medidas de IN como forestación, control de cárcavas, revegetación de pasturas, recuperación de andenes, terrazas de formación lenta y zanjas de infiltración en la cuenca alta, son:

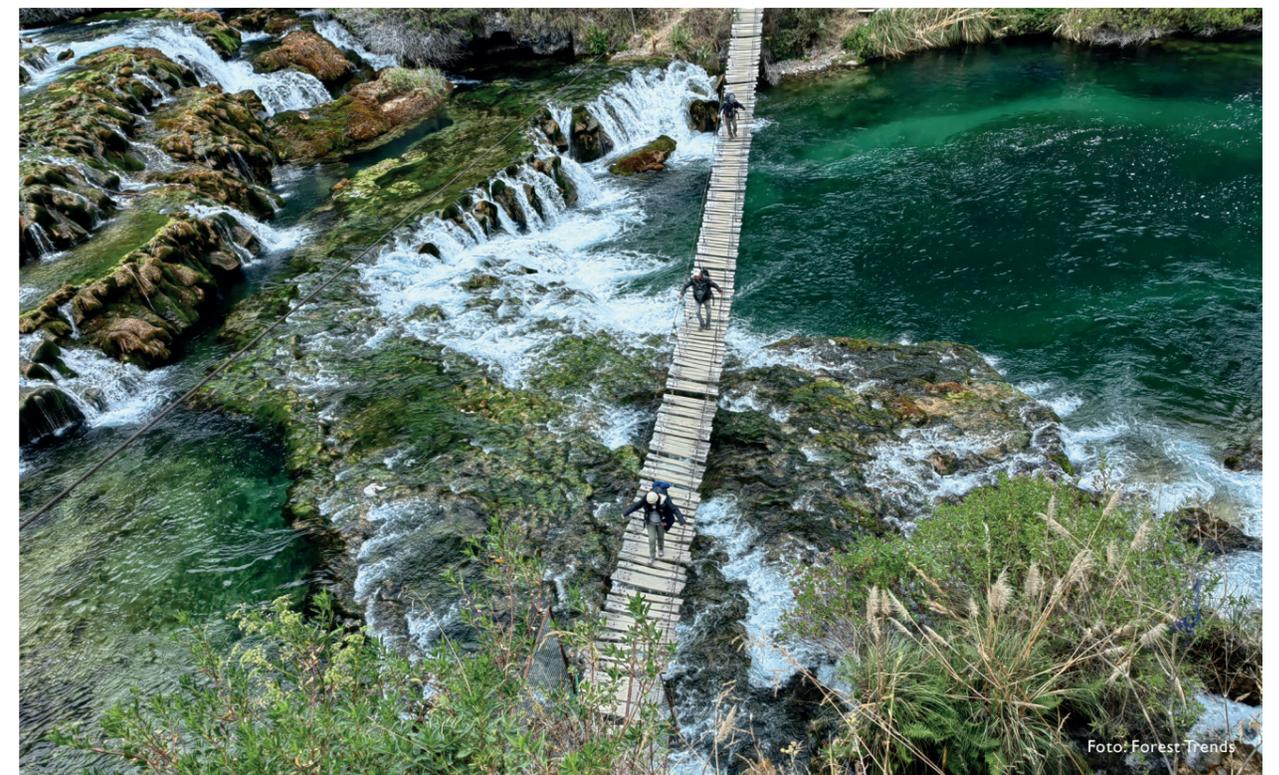


Foto: Forest Trends

Tabla 10. Indicadores físicos determinados por el modelo KINEROS

Componente estimado	Valor de afectación	Factor de daño utilizado	Magnitud
Producción agrícola inundada y no realizada	Sin proyecto: 979 ha inundadas	por tipo de cultivo	892,3
	Con proyecto: 86,7 ha inundadas		
Infraestructura de acceso al agua potables- redes de conexión de agua y alcantarillado	metros	redes de agua: 0,15	2000
		redes de alcantarillado 0,30	
Producción no realizada por afectación a canales de riego	Área afectada	0,8	52,66
Producción no realizada por afectación a bocatoma	Obra	0,6	2
Carreteras	km	1	25,33
Redes eléctricas	Línea área de baja tensión (km)	0,2	0,437
	Subestación aérea (unidad)	0,1	1
Viviendas	metros	menor a 0,5 metros	1103,33
		0,5-2 metros	894,66
		más a 2 metros	223,65
Infraestructura pública / centros sociales	metros	menor 0,5 metros	2766,00
		0,5-2 metros	2235,00
		más a 2 metros	279,00
Infraestructura pública / áreas comunales	metros	menor 0,5 metros	1579,00
		0,5-2 metros	1276,00
		más 2 metros	159,00
Pozos	unidad (ud.)	1	1 unidad
Defensa ribereña	km		

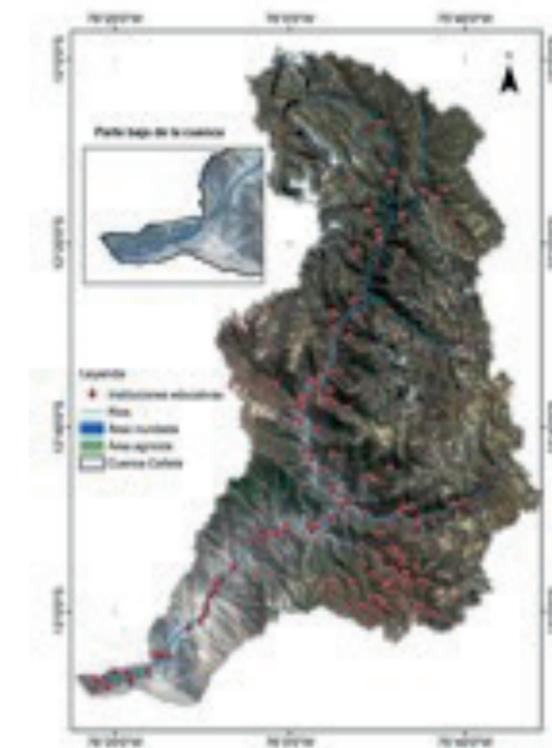
c. Resultados de sensoramiento remoto para evaluar la inundación de El Niño costero 2017

Tal como se precisó en el flujo metodológico para la estimación de los costos evitados, en el paso referente a la validación de los indicadores provistos por el modelo hidrológico, KINEROS, se ha realizado el ejercicio de estimar una huella de inundación y data de las plataformas de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD), Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID); cartografía de áreas agrícolas, centros educativos, población; para validar los datos reportados por el modelo hidrológico.

Resultado de este proceso se estimó la huella de inundación. Se seleccionó el evento ocurrido en febrero del 2017, siendo este un evento de Niño costero, para lo cual se utilizaron datos de radar de SENTINEL 1, para la fecha anterior y posterior al evento, finalmente obteniendo por diferencias las áreas afectadas por dicha inundación.

La huella de inundación obtenida (representado en azul) para el evento de febrero del 2017 muestra que las áreas de mayor afectación son las que se encuentran en la parte baja de la cuenca, en el valle de la cuenca, afectando principalmente a las zonas agrícolas y las carreteras (reporte del SIGRID 2017), tal como se presenta la Figura 11.

Figura 11. Huella de la inundación del evento El Niño costero 2017 en la parte media-baja del río Cañete



Con base en la recopilación de la información para el evento de febrero de 2017 en SINPAD, SIGRID y mediante el análisis de álgebra de mapas entre las áreas agrícolas, instituciones educativas, poblaciones y la huella de inundación

y la susceptibilidad a movimientos de masa, se obtuvieron las áreas afectadas/impactadas por movimientos de masa e inundaciones para la cuenca Cañete, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 11. Población, medios de vida, infraestructuras afectadas/impactadas ante movimientos de masa e inundaciones para el evento de febrero de 2017

Elementos expuestos	Unidad	Cantidad	Fuente
DIMENSIÓN FÍSICA			
Establecimientos de educación	ud.	12	Huella de inundación
Establecimientos de salud	ud.	1	SINPAD
Red de canales de regadío	km	25,2	SINPAD
Red vial	km	25,9	SIGRID
Puentes	ud.	19	SINPAD
Viviendas	ud.	31	SINPAD
DIMENSIÓN ECONÓMICA			
Áreas agrícolas	ha	901,2	Huella de inundación
Áreas agrícolas	ha	427,3	Potencial movimientos de masa
DIMENSIÓN SOCIAL			
Población	Habitantes	1045	SINPAD

Con los resultados obtenido se puede confirmar que la mayoría de los resultados de la tabla anterior son semejantes a las estimaciones del modelo hidráulico, sólo se ha contemplado la utilización de las unidades de puentes afectados de esta tabla, dado el modelo hidrológico reporta

cero afectaciones; pero contrastado con este data histórica, es una data cuestionable.

En conclusión, los indicadores por tipo de fuente de información para la fase económica se resumen en:

Tabla 12. Indicadores por tipo de fuente de información

Componente estimado	Variables utilizadas			
	Valor de afectación	Factor de daño utilizado	Fuente de costo unitario	Magnitud
COSTO EVITADO				
Producción agrícola inundada y no realizada	Sin proyecto: 979 ha inundadas Con proyecto: 86,7 ha inundadas	Por tipo de cultivo	Documento de proyecto	892,3
Infraestructura de acceso al agua potables-redes de conexión de agua y alcantarillado	Metros	Redes de agua: 0,15 Redes de alcantarillado 0,30	Base de datos de (Invierte.pe)	2000
Producción no realizada por afectación a canales de riego	Área afectada	0,8	Base de datos de (Invierte.pe)	52,66
Producción no realizada por afectación a bocatoma	Obra	0,6	Base de datos de (Invierte.pe)	2
Puentes	km	0,6	Base de datos de (Invierte.pe)	164
Carreteras	km	0,6	Base de datos de (Invierte.pe)	25,33
COSTO EVITADO				
Valor de afectación	Factor de daño utilizado	Fuente de costo unitario		
Redes eléctricas	Línea área de baja tensión (km) Subestación aérea (ud.)	0,2 0,1	OSINERGMIN	0,437 1
Viviendas	Metros	Menor a 0,5 metros 0,5-2 metros Más a 2 metros	MVCS	1.103,33 894,66 223,65
Infraestructura pública / Centros sociales	Metros	Menor a 0,5 metros 0,5-2 metros Más a 2 metros	Base de datos de (Invierte.pe)	2.766,00 2.235,00 279,00
Infraestructura pública / Áreas comunales	Metros	Menor a 0,5 metros 0,5-2 metros Más a 2 metros	Base de datos de (Invierte.pe)	1.579,00 1.276,00 159,00

■ Estudio hidráulico en la cuenca Cañete
■ INDECI
■ INVIERTE.PE || OSINERGMIN || MVCS
■ Documento de proyecto A1 - Anexo

3.3. Estimación de los beneficios sociales directos = costos evitados

En la literatura sobre el análisis costo beneficio, se entiende que existe una simetría útil entre beneficios y costos: un beneficio no aprovechado es un costo, y un costo evitado es un beneficio. Así, los costos evitados por la inclusión de medidas/inversiones que permitan reducir el riesgo de exposición de los proyectos son beneficios de la inversión en reducción del riesgo. Las pérdidas evitadas al ejecutar las medidas de prevención y mitigación del riesgo, por ejemplo, los costos de reconstrucción, los costos de la paralización de las actividades económicas que el proyecto contribuye a realizar o las pérdidas productivas, se consideran como un beneficio atribuible a la medida/inversión de mitigación del riesgo. De no realizarse esta medida, no se podrían evitar estos costos causados por el impacto del evento hidrometeorológico (BID, 2016) (MEF, 2010).

Así, en el marco de los proyectos de gestión de riesgo de desastres, los costos evitados son aquellos en los que se hubiese incurrido para reponer los daños provenientes ante la ocurrencia de un peligro, de no haberse considerado medidas para el blindaje de los impactos negativos de los riesgos a desastres.

Además, los factores usados para estimar el valor de un servicio ecosistémico llevan implícitamente consideraciones de costos evitados por destrucción o deterioro de ecosistemas (erosión, por ejemplo); o costos evitados por afec-

taciones en la productividad de la actividad económica que depende del ecosistema que se vería afectado (BID, 2016).

La provincia de Cañete tiene una historia continua de afectaciones por fenómenos naturales, en donde el fenómeno de El Niño (FEN) y las distintas alteraciones sobre los niveles y temporalidad de las lluvias que ocasiona, genera impactos notables sobre el territorio, particularmente el FEN del 2017. Por tal, el proyecto bajo estudio busca implementar medidas/inversiones en IN que permitan mitigar potenciales impactos negativos de la ocurrencia de peligros de inundación o movimientos de masas.

A continuación, se presentan las estimaciones económicas de costos evitados de las unidades productoras identificadas:

3.3.1. Daños a la agricultura

Producción agrícola inundada y no realizada

La estimación de la pérdida por producción agrícola estaría vinculada a la cantidad de hectáreas inundadas, los rendimientos, costos y precios en chacra por tipo de cultivo. En un escenario sin proyecto, el modelo hidrológico proyectaría 979 ha inundadas y con proyecto con 86,70 ha, es decir, de implementarse las medidas, se evitaría la inundación de 892,30 hectáreas agrícolas.

A continuación, se presenta la estimación considerando el número de hectáreas evitadas de inundación según tipo de cultivo, es decir, el beneficio diferencial de implementar el proyecto.



Foto: Forest Trends



Foto: Joseph Everth Moreno Mándujano

Tabla 13. Costos evitados con proyecto a precios sociales por pérdidas de producción perdida y campaña no realizada

Cultivos	ha no inundadas por el proyecto	Rendimiento (kg/ha)	Volumen de producción (Tn)	Precio chacra (s/kg)	Valor bruto de producción (miles de S/)	Costo de producción		Valor neto de Producción (miles de S/)	Número de campañas	Valor diferencial total de producción (miles de S/)
						Por ha (S/ /ha)	Total (miles de S/)			
Maíz amarillo duro	199,35	9520	1897,79	0,75	1421,99	5166,14	1029,86	392,13	1	392,13
Algodón	44,78	3120	139,72	2,87	400,78	4764,45	213,36	187,42	1	187,42
Maíz chala	17,54	42 240	740,84	0,13	95,55	2254,41	39,54	56,01	1	56,01
Camote	13,86	21 480	297,78	0,6	177,75	5331,11	73,91	103,84	1	103,84
Manzano	39,34	18 080	711,24	0,76	538,77	5258,55	206,86	331,9	1	331,9
Vid	516,43	18 700	9657,15	3,4	32 817,54	16 949,15	8752,97	24 064,57	1	24 064,57
Mandarina	10,69	36 340	388,41	1,18	456,82	6383,14	68,22	388,59	1	388,59
Papa	40,7	21 980	894,49	0,81	725,63	6935,94	282,26	443,37	1	443,37
Yuca	1,92	36 540	70,24	0,55	38,59	5581,69	10,73	27,86	1	27,86
Palto	7,7	13 270	102,17	2,69	274,73	4746,42	36,54	238,19	1	238,19
TOTAL	892,3		14 899,83		36 948,15		10 714,25	26 233,89	1	26 233,89

Los costos evitados de la producción agrícola inundada ascenderían a S/ 26,23 millones. A su vez, el impacto de la inundación impediría realizar la siguiente campaña. En ese sentido, al implementarse el proyecto se evitarían costos por S/ 26,23 millones.

Tabla 14. Campañas agrícolas impactadas por las inundaciones según tipo de cultivo.

Tipo	Cultivo	Periodo vegetativo (meses)	Campañas al año	Campañas afectadas
Transitorio	Maíz amarillo duro	5	2	1
Transitorio	Algodón	7	1	1
Transitorio	Maíz chala	5	2	1
Transitorio	Camote	5	2	1
Permanente	Manzano	12	1	1
Permanente	Vid	12	1	1
Permanente	Mandarina	12	1	1
Transitorio	Papa	5	2	1
Transitorio	Yuca	8	1	1
Permanente	Palto	12	1	1

Por lo tanto, el beneficio total por los costos evitados de producción agrícola inundada y no realizada se estiman en S/ 52,46 millones.

3.3.2 Daños a la infraestructura hidráulica

Bocatomas

Las bocatomas son obras de aprovechamiento hidráulico bastante utilizadas por su relevancia para el desarrollo productivo agrario al desviar el agua hacia los canales de irrigación.

De acuerdo con los resultados del modelo KINEROS, las bocatomas principales en el área de intervención del proyecto son la bocatoma Palo Herbay y la bocatoma La Pinta, y ante una inundación o evento de movimiento de masas podrían presentar una afectación de tres (3) grados: i) leve, ii) parcial y iii) destrucción total.

A pesar de la diferenciación que realiza el modelo KINEROS sobre el tipo de afectación en esta infraestructura, considerando los impactos de la ocurrencia del fenómeno de El Niño costero 2017 y la necesidad de asegurar el aprovechamiento del recurso hídrico a partir de la construcción de esta toma de agua, el cálculo de costos evitados se estimó bajo el escenario de destrucción total.

Así, tomando como base información recogida del sistema de inversión pública del Perú, se encontró que el costo promedio de la construcción de una bocatoma asciende a S/ 332,496. Considerando que, dado el modelo hidráulico, se ha proyectado que la afectación se daría en dos (2) estructuras con un factor de daño 0,6 %, el costo evitado total ascendería S/ 398 995,70.

Se asume que luego de la implementación de este proyecto, el impacto de la ocurrencia de los peligros de inundación o movimiento de masas sería nulo.

Canales de riego

Los canales de riego sirven para llevar el recurso hídrico a las diferentes áreas de cultivo. En un escenario sin proyecto, la afectación física de la inundación, según el modelo hidrológico a los canales de riego, se estima en 52,66 km y con proyecto la afectación sería nula.

Con el fin de valorizar los daños a las estructuras de conducción de agua, se estima el costo unitario promedio por km, siendo los costos actualizados a diciembre 2019. Se asume que el costo de rehabilitar un canal es el 60 % respecto del costo de un nuevo canal. Es así como el costo total de la afectación es de S/ 4 681 123.

3.3.3 Infraestructura vial

Carreteras

La afectación por la presencia de inundaciones o movimientos de masa de un lugar específico puede ocasionar daños en la infraestructura de estas vías, dependiendo de la intensidad de los desastres, y el estado físico de las carreteras. En este marco, para la estimación de los costos evitados

atribuidos a un evento de desastre natural de la magnitud que se viene analizando en el presente estudio, se han contemplado los resultados del modelo hidrológico KINEROS que presenta una afectación del diferencial de los escenarios sin proyecto y con proyecto de 12,53 km de carrera pavimentada y 12,83 km de trocha, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 15. Infraestructura vial - carreteras

Vía afectada	Tramo	Distancia dañada sin proyecto (km)	Distancia dañada con proyecto (km)	Distancia diferencial dañada (km)
Panamericana Sur	Puente Henry Aramayo - Cerro Azul	2,03	0	2,03
San Vicente - Lunahuaná	25+000 - 26+500	1,5	0	1,5
Clarita - San Vicente	Margen izquierdo del río Cañete	9	0	9
Trochas	Variados	12,96	0,13	12,83

Con la citada información física de la afectación a la infraestructura vial, se ha contemplado estimar el costo promedio de la recuperación de cada tipo de carretera por kilómetro, de proyectos del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones INVIERTEPE del Ministerio de Economía y Finanzas, a valor del año 2021. Como cuantificaciones

se obtuvo un valor promedio de costo de recuperación de carretera pavimentada de S/ 1 834 170 por km; y para el caso de carretera de trocha fue estimada en S/ 206 660. En este sentido, contemplando una destrucción total de la infraestructura vial analizada, el valor aproximado de los costos evitados para el aspecto de carreteras asciende a S/ 25 633 598.

Tabla 16. Costos evitados para el aspecto de carreteras

Tipo de construcción vial	Costo promedio de reconstrucción (S/)	Longitud de carreteras destruidas (km)	Costos totales (S/)
Carretera pavimentada	1 834 170 009	12,53	22 982 150
Trocha	2 066 600 313	12,83	2 651 448
Total			25 633 598

Nota: Elaboración propia.

Puentes

Asimismo, las infraestructuras de los puentes son las infraestructuras viales con mayor afectación por los desastres de inundaciones o movimientos de masa, siendo estos el camino natural del crecimiento de caudal. Entre los factores para influenciar en el impacto del puente se encuentra la vulnerabilidad de la estructura de acuerdo con el material de construcción, la condición de cimentación, la naturaleza de erosión del lugar que alberga a la citada infraestructura, la temporalidad de vida y las condiciones climáticas a la que este ha sido expuesto.

Dado que el modelo hidrológico Kineros presentó que no se ha producido impacto alguno a los puentes del área analizada, pero en el Sistema de Información Nacional para Respuesta y Rehabilitación de INDECI, del evento de El Niño costero del 2017, en la cuenca de Cañete se han afectado diecinueve (19) puentes, este es el dato por considerar para la estimación de los costos evitados. En este sentido, el reporte de INDECI precisa:

Tabla 17. Reporte INDECI

Tipología de daño	Cantidad
Afectado	6
Colapsado	13
Total	19

Para la aproximación del costo promedio de rehabilitación de un puente, se utilizó información de proyectos del INVIERTE. PE, estimando un valor actualizado al 2021 de S/ 174 742 por metro de longitud a ser reconstruido. Asimismo, se ha calculado una longitud promedio del puente de acuerdo con los puentes reportados por el modelo Kineros que son: Henry Aramayo, Clarita, Lunahuana; resultando un metraje prome-

dio de 164 m. Finalmente, dado que INDECI reporta seis (6) puentes con afectación y trece (13) puentes totalmente colapsados, por lo que se transfiere el factor de afectación de las infraestructuras de bocatomas que estimó el modelo Kineros de 0.6 para los seis (6) puentes afectados. En este marco, los costos evitados de reconstrucción de diecinueve (19) puentes serían de S/ 474,749,795, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Costos evitados de reconstrucción de diecinueve (19) puentes

Tipología de daño	Costo promedio de rehabilitación por m (S/ /m)	Cantidad de puentes	Longitud de los puentes destruidos (m)	Factor de afectación	Costos totales (S/)
Afectado	174 742	6	164	0,6	102 957 786,8
Colapsado	174 742	13	164	1	371 792 007,8
Total (S/)					47 4749,795

3.3.4. Daños a infraestructura privada y pública

Viviendas

Cañete es la provincia de Lima que concentra el mayor número de habitantes, con 240 mil 13 personas, agrupando poco más de la cuarta parte de la población de la Región Lima (26,4 %), acuerdo con los resultados del INEI - Censo 2017, una población urbana del 90 %.

De acuerdo con esta información, en la provincia se encuentran 98 310 viviendas, de las que alrededor del 90 % son casas independientes principalmente. Según el último censo, el 90 % de las casas tenían techos de concreto armado, fibra de cemento, caña o estera; y en las paredes los materiales más predominantes son el ladrillo o bloque de cemento y el adobe. A continuación, se presenta la proporción:

Tabla 19. Infraestructura social – viviendas

Tipo de vivienda - techos	
Concreto armado, plancha de calamina	43,1
Ficha de cemento o similares	14,4
Caña o estera o torta de barro	32,5
Tipo de vivienda – paredes	
Ladrillo o bloque de cemento	63,5
Adobe	18,9

De acuerdo con el modelo Kíneros, se tendrían tres (3) niveles de afectación sobre las viviendas en la cuenca baja del río: i) menor a 0,5 metros, ii) 0,5-2 metros, iii) mayor a 3 metros.

El paso del fenómeno del niño del 2017 dejó treinta y una (31) viviendas afectadas. Asumiendo que la reconstrucción de estas viviendas se realizaría con un material que evite pérdi-

das futuras, el material que se considerará para calcular los costos evitados son columnas, vigas y/o placas de concreto armado y/o metálicas, y paredes aligeradas o con losas de concreto armado inclinadas, cuyo costo por m² asciende a S/ 517,15. Asimismo, el modelo permite definir cuáles serían los costos evitados con y sin proyecto, con un resultado que asciende a S/ 1 148 918,54 de costo evitado sin proyecto, y con proyecto ascendió a S/ 6981,53:

Tabla 20. Costos evitados con y sin proyecto.

	Sin proyecto			Con proyecto		
	Menor a 0,5 m	0,5-2 m	Más a 2 m	Menor a 0,5 m	0,5-2 m	Más de 2 m
m ² afectados albañilería	2086,65	1669,32	417,3	15		
m ² afectados adobe	120	120	30	12		
m ² afectado agregado	1 103,33	894,66	223,65	13,5		
Costo unitario material manejado (cemento) MVCS	517,15	517,15	517,15	517,17		
m ² afectado agregado	2221,04					
Costo total (S/)	1 148 918,54			6981,53		

Centros sociales y áreas comunes

La simulación hidráulica identificó las áreas de inundación de infraestructura pública, tanto de los centros sociales y comunales según nivel de afectación.

Los centros sociales considerados son: colegios, centros de salud, centros comunales, iglesias, comedores populares y otros, y áreas comunales, como pistas, veredas, losas deportivas y parques.

Los costos unitarios de los centros sociales fueron calculados en función a proyectos de inversión pública. Los cálculos para las áreas comunes se realizaron en función del área verde, pavimentos y veredas; en ambos casos se consideró un coeficiente de corrección en función de los niveles de inundación del río Cañete.

Tabla 21. Costo unitario promedio de daños por altura de agua por inundación para infraestructura pública

Descripción	Unidad	Costo Unit. S/	COSTOS (S/ / m ²)					
			Factor afectación			Costo unitario del daño		
			< 0,100 m.	0,100 – 2,00 m	> 2,00 m	< 0,100 m	0,100 – 2,00 m	> 2,00 m
Centros sociales	m ²	953,25	0,3	0,7	0,7	285,98	476,63	667,28
Áreas Comunes	m ²	85,15	0,2	0,6	0,6	17,03	34,06	51,09

Los fenómenos de origen hidrometeorológicos afectan las infraestructuras de los centros educativos, salud, comedores populares, así como áreas comunales de uso público, ya que se producen daños estructurales que se traducen en la in-

habilitación de dichos espacios. En ese sentido, es relevante su consideración en la estimación de daños producidos en la cuenca del río Cañete.

Tabla 22. Valor del daño a infraestructura pública incremental (miles de soles)

Descripción	Unidad	Datos	Diferencial SIN PROYECTO – CON PROYECTO			
			< 0,50 m	0,50-2,00 m	< 0,50 m	Sub Total (precios sociales)
Centros sociales	m ²	Metrado (m ²)	2766	2235,20	279,4	1730,25
		Costo (miles S/)	285,98	476,63	667,28	
Áreas comunes	m ²	Metrado (m ²)	1579	1276,00	159,5	66,48
		Costo (miles S/)	17,03	34,06	51,09	

Se estimó que el valor de la afectación a los centros sociales y a los centros comunales ascendería a S/ 1,73 millones

y S/ 66,48 mil respectivamente, haciendo un total de S/ 2,12 millones

3.3.5. Daños a los servicios públicos

Infraestructura de acceso al agua potable - redes de conexión de agua y alcantarillado

Cañete cuenta con redes de agua implementadas para una población tradicionalmente rural que viene migrando activamente hacia la urbe. En el 2017 se censaron 48 639 viviendas con acceso a redes de agua, de las cuales un 75,2 % corresponden a un entorno urbano y el complemento a un entorno rural. Cinco (5) de los dieciséis (16) distritos acumulan el 70 % de las viviendas con acceso a agua, siendo los más representativos San Vicente de Cañete, Mala e Imperial.

Para calcular los costos evitados, primero se identificó cuál era el costo de reconstrucción de redes de conexión de agua. Para ello, se seleccionaron los tres (3) proyectos más relevantes que involucraban la reconstrucción de la infraestructura en la base de datos del INVIERTE.PE, considerando un valor de S/ 753,6 por metro lineal de red de agua y alcantarillado.

Considerando la información recogida en INVIERTE.PE y la obtenida del modelo Kineros, se asume que la reconstruc-

ción de las conexiones de agua y alcantarillado en la zona ascenderían a 2 kilómetros. Para obtener el costo evitado total, se utilizó un factor de afectación calculado también por el modelo Kineros, igual al promedio del factor de afectación de alcantarillado y redes de agua, cuyo valor es 0,225. Así, el costo total de reconstrucción de la infraestructura de agua y saneamiento asciende a S/ 339 135,5.

Redes eléctricas

Con los acontecimientos de desastres de naturaleza de inundaciones o movimientos de masa en ciudades o en áreas rurales como las de la cuenca de Cañete, que tienen infraestructuras de redes eléctricas, es muy probable la afectación a este tipo de instalaciones, las cuales cumplen con ser un motor de las actividades económicas. Por ello, es importante considerar su potencial impacto. Al respecto, considerando los resultados del modelo hidrológico Kineros que presenta una afectación del diferencial de los escenarios sin proyecto y con proyecto de 0,437 km a líneas aéreas de baja tensión y de una unidad de subestación aérea, tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 23. Redes eléctricas

Tipo de infraestructura	Unidades	Infraestructura dañada sin proyecto	Infraestructura dañada con proyecto	Diferencial dañada
Línea aérea de alta tensión	km	0	0	0
Línea aérea de media tensión	km	0	0	0
Línea aérea de baja tensión	km	0,54	0,1	0,437
Subestación caseta	ud.	0	0	0
Subestación aérea	ud.	1,00	0	1

Asimismo, para este tipo de infraestructura se han determinado factores de afectación de acuerdo con la tipología de estas, tal como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Tipo de infraestructura

Tipo de infraestructura	Factor de afectación
Línea aérea de alta tensión	0,10
Línea aérea de media tensión	0,10
Línea aérea de baja tensión	0,20
Subestación caseta	1,00
Subestación aérea	0,10

Para las estimaciones de los costos de rehabilitación de las líneas aéreas de baja tensión y subestación aérea se han contemplado los valores presentados por el Órgano Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) en la publicación del 2019 "Valor nuevo de reemplazo de las instalaciones de distribución directa de

las empresas bajo el ámbito de FONAFE", donde el costo para las líneas aéreas es de S/ 23 677 por km, actualizado al 2021; y de S/ 6957,1 de una unidad de subestación aérea. Con los datos citados, se estimó el valor aproximado de los costos evitados para el ítem de redes eléctricas en S/ 2765,05.

Tabla 25. Costos evitados para el ítem de redes eléctricas

Tipo de infraestructura	Unidad de medida	Diferencial dañado	Costo de reposición (S/)	Factor de afectación	Costos totales (S/)
Línea aérea de baja tensión	km	0,437	2367 670 461	0,2	2069,34
Subestación aérea	unidades	1	6957 079 975	0,1	695,71
Total (S/)					2765,05

3.4. Estimación de beneficios sociales indirectos

Los ecosistemas y sus servicios son valiosos si sirven y satisfacen a los seres humanos. Por ello, la valoración económica permite cuantificar, en términos monetarios, el beneficio que las personas obtienen del mundo natural y por qué quieren que se conserve. En el caso de este estudio, esta valoración se realizará para los servicios ecosistémicos en ámbitos degradados de la cuenca alta de Cañete. Esto también permitirá generar información útil de sustento técnico para su incorporación en las evaluaciones de carácter social de la implementación de medidas de reducción del riesgo de desastres.

Un proceso de valoración requiere de dos (2) etapas: la primera, que consiste en la obtención de la información físi-

ca referida a los cambios que se producen en los servicios ecosistémicos por efecto de una intervención, que en este caso es la implementación de medidas de IN; y la segunda, que corresponde a la aplicación de los métodos de valoración económica, ya sea basados en el mercado, preferencias reveladas, preferencias declaradas o extrapolación de valores y/o funciones.

De un proceso de priorización de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Cañete, los seleccionados como beneficios sociales indirectos son: (i) el servicio de belleza paisajística, (ii) control de la erosión y (iii) provisión de agua para consumo doméstico, los mismos que de acuerdo con la clasificación de *Millennium Ecosystem Assessment* son:

Tabla 26. Tipo de servicio ecosistémico

Tipo de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico
Servicios de provisión	Agua (uso doméstico, uso agrícola)
Servicios de regulación	Control de la erosión
Servicios culturales	Belleza paisajística

Asimismo, dado que los estudios realizados no tuvieron el objetivo de determinar el incremental en las actividades económicas y sociales generado por la mejora de los servicios ecosistémicos priorizados, se contemplará la alternativa de utilizar información referencial de estudios para estimar el valor económico de estos beneficios sociales indirectos.

Determinación del potencial del impacto positivo

Contemplando los servicios ecosistémicos seleccionados, se pueden precisar los efectos positivos sobre actividades económicas o sociales como sigue:

Belleza paisajística. La cuenca baja del río Cañete goza de permanentes visitas, tanto de turistas nacionales como internacionales, por la belleza paisajística del lugar, donde se ofrecen servicios de deportes de aventura como el canotaje y el ciclismo. Asimismo, dado que los lugares como Lunahuaná proveen servicios de hospedaje y comida variados, es un factor adicional para que se pueda desarrollar una dinámica interesante de turismo.

Control de erosión. La retención del suelo depende de la estructura de la vegetación y los sistemas de raíces de

los ecosistemas. Las raíces estabilizan el suelo y el follaje intercepta la lluvia, evitando la erosión y la compactación del suelo. La línea de costa y la vegetación sumergida también previenen la erosión y ayudan en la sedimentación. La retención del suelo permite que la agricultura siga siendo productiva y previene los daños causados por deslizamientos de tierra o tazonos de polvo (Hawkins, 2003).

Servicio ecosistémico hidrológico para riego. La intervención del proyecto se centra en la cuenca del río Cañete, siendo la provisión de agua para riego vital para mantener la actividad agrícola, en ese sentido, contar con los volúmenes y calidad de agua adecuados permite sostener la actividad. Es así como, la valoración económica del agua permitirá implementar mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos, en las zonas altas.

Identificación y caracterización de actores involucrados

A través de este paso se identificará y caracterizará a los actores involucrados con los servicios ecosistémicos identificados en el paso anterior. Esto se realiza con el objetivo de identificar a los actores que serán beneficiados por la mejora de los principales servicios ecosistémicos producto de las medidas de forestación, control de cárcavas, revegetación de pasturas, recuperación de andenes, terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, y revegetación de pasturas; en los ecosistemas degradados pajonal de puna húmeda y matorral andino de la cuenca de Cañete.

Belleza paisajística. De acuerdo con el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, en el año 2018 se reportó un movimiento de turismo interno hacia la provincia de Cañete de 1 191 800 personas.

Control de erosión. Las consecuencias de la degradación de suelos sobre las actividades agropecuarias son relevantes en Perú. Según el IV Censo Agropecuario realizado en el país en el 2012, la superficie agrícola no trabajada por sanidad y erosión alcanzaba un 50 % en la costa respecto del total de área no trabajada en el país a causa de estos dos (2) fenómenos y 34 % en la sierra. En suma, se registraron 38 mil hectáreas no trabajadas por estas causas. En

la cuenca alta del río Cañete, se encuentran 260 hectáreas expuestas al peligro de inundaciones y movimiento de masas, las que se verían beneficiadas por las inversiones para el control de erosión.

Servicio ecosistémico hidrológico para riego. La intervención del proyecto se centra en la cuenca del río Cañete y repercute a los diferentes actores de la cuenca baja, media y alta, principalmente a la población que hace uso del agua para riego, siendo estos 5901 agricultores agrupados en siete (7) comisiones (Nuevo Imperial, Viejo Imperial, San Miguel, Palo Herbay, María Angola, Huanca, Pachacamilla) los cuales realizan sus actividades en 22 223 hectáreas bajo riego. De la población mencionada, el 52 % está dispuesto a realizar un pago adicional para la conservación y sostenibilidad de la cuenca alta con el fin de contar con los niveles adecuados de agua para riego.

Determinación del tipo de valor económico

Teniendo priorizados los servicios ecosistémicos a valorar, se procede a identificar su tipología, de acuerdo con el enfoque del valor económico total (VET). El citado enfoque precisa que un servicio ecosistémico puede tener valores de uso y valores de no uso.

De acuerdo con los servicios ecosistémicos analizados, a continuación, se presenta la identificación del tipo de valor económico:



Foto: Forest Trends.

Tabla 27. Servicios ecosistémicos

Servicio ecosistémico priorizado	Actor involucrado	Tipo de valor
Provisión de agua	Población Agricultores	Valor uso directo Valor uso indirecto
Belleza turística	Turistas	Valor uso directo
Control de la erosión	Agricultores	Valor uso indirecto

Aplicación de los métodos de valoración económica.

Los métodos de valoración se dividen en basados en precios de mercado, preferencias reveladas, preferencias declaradas y técnica de transferencia de beneficios. Los citados métodos se seleccionan para las estimaciones económicas de los servicios ecosistémicos de acuerdo con los siguientes criterios:

- Tipo de valor económico.
- Condiciones técnicas para la aplicación del método.
- Información requerida.
- Disponibilidad de recursos financieros.
- Tiempo disponible.

Considerando que en este tipo de análisis se requiere métodos de valoración económica ambiental de rápida aplicación, se recomienda utilizar precios de mercado y transferencia de beneficios.

Método precios de mercado

El método basado en precios de mercado se sustenta en que, en ciertos casos, el mercado asigna precios a los bienes y servicios ecosistémicos a partir de la información que proyectan los consumidores y productores. El método consiste en determinar el beneficio monetario vinculado a un bien o servicio ecosistémico particular. Este beneficio (como proxy del bienestar generado por tal servicio) es obtenido a partir de información de mercado como precios y costos.

Transferencia de beneficios

Esta técnica consiste en la extrapolación de valores económicos de los bienes y servicios ambientales o funciones de estimación, los mismos que fueron obtenidos de estudios donde se han aplicado las metodologías de valoración económica sustentadas en la economía neoclásica ambiental.

La precisión en las estimaciones depende de la rigurosidad técnica aplicada en el estudio primario utilizado para la extrapolación de datos y de los ajustes metodológicos aplicados. Adicionalmente, el supuesto principal de la aplicación del presente método es que los valores estimados se aproximan a aquellos que obtendríamos si se diseña y aplica un estudio original.

Los pasos por utilizar para la técnica serán los propuestos por el Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural:

- Identificación y caracterización del bien o servicio a valorar.
- Identificación del estudio primario.
- Comprobación de la calidad del estudio primario.
- Análisis de similitud entre el lugar de estudio y el lugar de política.
- Realización de la extrapolación de valores.

(i) Valoración económica del servicio de belleza paisajística. La técnica utilizada será transferencia de beneficios de valor, que se aplicará de acuerdo con los siguientes pasos:

a. Identificación y caracterización del bien o el servicio a valorar

El servicio de valores estéticos está comprendido en la clasificación de los servicios culturales según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Estos brindan los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, y comprenden la inspiración estética, la experiencia espiritual, así como las oportunidades de recreación y ecoturismo. El servicio ecosistémico de valores estéticos se refiere a la apreciación de lugares que generan satisfacción por su estética o inspiración creativa o espiritual.

b. Identificación del estudio primario que aportará los valores a transferir

Para la transferencia de valor se emplea como estudio primario Valoración económica del servicio ambiental de recreación que provee el río Cañete al sector turismo de Lunahuaná que tiene por autora Natalia Málaga Durán, tesis publicada el año 2011 por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

c. Comprobación de la calidad del estudio primario

De acuerdo con el siguiente análisis, se puede corroborar la calidad del estudio seleccionado.

- La tesis *Valoración económica del servicio ambiental de recreación que provee el río Cañete al sector turismo de Lunahuaná* es un documento de investigación que ha contado con la revisión de un grupo de profesores universitarios de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En este marco, la opción de selección de este documento como estudio primario lo califica como robusto.
- El estudio estima el valor económico del valor estético, con la finalidad de cuantificar los beneficios percibidos por los turistas por el río Cañete en Lunahuaná.
- Para el estudio se aplicó la metodología de costo de viaje, que pertenece a la familia de métodos basados en preferencias reveladas. Este método de cuantificación contempla que la importancia económica del

servicio de belleza paisajística está dada por los gastos de dinero y tiempo que se destinan para visitar un determinado lugar.

- Los resultados del estudio estiman que el valor máximo de la tasa que se debería cobrar por el servicio ambiental de recreación para el sector turismo de Lunahuaná debería ser máximo de 46,30 soles por persona y visita efectuada.

d. Análisis de similitudes entre el lugar de estudio y el lugar de política

En este caso específico, la valoración económica corresponde al mismo lugar en la cuenca de Cañete; en estos términos, el valor económico solo requiere una actualización al año 2021.

e. Actualización del valor económico y estimación total

Como el dato original pertenece al año 2011, es necesario actualizarlo, para lo cual se utilizó el Índice de Precios al Consumidor (IPC) al 2021, resultando una tarifa de ingreso a pagar por turista tanto nacional como extranjero, de acuerdo con el siguiente detalle:

$$\text{Tarifa de ingreso turista}_{2011} = S/ 46,30$$

$$\text{Tarifa turista}_{2021} = \text{tarifa turista}_{2011} \times \frac{\text{IPC}_{2021}}{\text{IPC}_{2011}}$$

$$\text{Tarifa turista}_{2021} = 46.30 \times \frac{96.87}{72.87}$$

$$\text{Tarifa turista}_{2021} = 61.55$$

Contemplando el reporte del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, en el año 2018 se reportó un movimiento de turismo interno hacia la provincia de Cañete de 1 191 800 personas, por los servicios turísticos que provee este lugar de la costa. Asimismo, contemplando que el año 2018 podría suponerse como un año regular, es adecuado considerar este dato para las estimaciones del presente estudio.

Con el dato del número de turistas, se ha procedido a realizar la valoración económica del servicio ecosistémico de belleza paisajística a un periodo anual, pero realizando el supuesto que la actividad turística será interrumpida por un escenario de inundación como el reportado en El Niño costero de dos (2) meses, el valor del costo evitado será de S/ 12 225 490, como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Valor económico del servicio ecosistémico de belleza paisajística

Tipo de visitante	Número de visitantes a la provincia de Cañete (2018)*	Tarifa de entrada (S/)	Valor económico (S/ por año)	Valor económico de 2 meses (S/)
Turista	1 191 800	61,55	73 352 939	12 225 490

(ii) Valoración económica del control de la erosión

La técnica utilizada será transferencia de beneficios de valor, que se aplicará de acuerdo con los siguientes pasos:

a. Identificación y caracterización del bien o el servicio a valorar

La erosión del suelo hace que los sedimentos y los productos químicos agrícolas que transportan ingresen a los arroyos y lagos, dañando a los organismos acuáticos y disminuyendo su capacidad de control de inundaciones (University of Minnesota, 2003).

Particularmente, la erosión hídrica de los suelos ocasiona impactos tanto en la parcela como fuera de ella que han sido ampliamente documentados, a través de temas como la disminución de la productividad de los suelos degradados, la pérdida de suelo y nutrientes por las consecuencias ambientales ocasionadas por la pérdida de servicios ecosistémicos brindados por los suelos (Cotler, López, & Martínez Trinidad, 2007).

De acuerdo con (MINAM, S/F), existen áreas de la cuenca del río Cañete que son susceptibles a erosión, principalmente, Alis, Laraos, Carania, Madean y Tanta, caracterizadas por ser zonas con amplia presencia de áreas con escasa o sin vegetación, fuertes pendientes y concentración de lluvias intensas en períodos cortos de tiempo.

Así, el servicio ecosistémico de control de erosión del suelo se refiere a la capacidad del ecosistema de disminuir las fuerzas que provocan el desprendimiento de las partículas de suelo, principalmente las fuerzas de erosión producidas por el agua (MINAM, 2019).

b. Identificación del estudio primario que aportará los valores a transferir

El estudio en referencia se trata de ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México que tiene por autores a Helena Cotler, Carlos Andrés López, Sergio Martínez-Trinidad, publicado en el año 2007 por la Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas.

c. Comprobación de la calidad del estudio primario

De acuerdo con el siguiente análisis, se puede corroborar la calidad del estudio seleccionado:

El estudio es un documento respaldado por una institución especializada en regulación hídrica, con más de diez (10) años de experiencia en el trabajo académico en la materia. En este marco, la opción de selección de este documento como estudio primario lo califica como robusto.

- El estudio estima el valor de uso directo, a partir de la pérdida de productividad agrícola por erosión de suelos.
- Se aplicó la metodología del cálculo del valor económico de la pérdida de productividad por hectárea en un sitio determinado, aproximado por el cálculo del costo de la erosión por hectárea en el sitio de interés, precio de mercado por tonelada de producto agrícola y la pérdida de producto en toneladas/ha asociada a la pérdida de centímetros de suelo en el sitio.
- Los resultados del estudio estiman que en un escenario crítico de erosión (donde 1 cm de suelo erosiona ocasiona la pérdida de 300 kg) el costo asciende a USD 32,4 por hectárea.

d. Análisis de similitudes entre el lugar de estudio y el lugar de política

En este caso, la valoración económica corresponde a una referencia internacional; en estos términos, el valor económico requiere un factor de corrección basado en el ingreso per cápita por paridad de compra.

e. Actualización del valor económico y estimación total

De acuerdo con el dato obtenido, un escenario crítico de erosión ocasiona una pérdida de productividad de USD 32,4 por hectárea (a valores del 2007). En principio, se encontrará el valor de esta pérdida en soles, para lo que se utilizará el tipo de cambio promedio para el año 2007, S/ 3.1281. Así, el valor en soles es de S/ 101,35.

Como el dato original pertenece al año 2007, es necesario actualizarlo, para lo cual se utilizó el Índice de Precios al Consumidor (IPC) al 2021, resultando una pérdida de erosión de acuerdo con el siguiente detalle:

$$\text{Pérdida de productividad por erosión (nivel crítico)}_{2007} = \text{USD } 32,45$$

$$\text{Pérdida por erosión soles, PPA}_{2007} = \text{USD } 32,45 * \frac{\text{PBI per capita, PPA PER}_{2007}}{\text{PBI per capita, PPA MEX}_{2007}}$$

$$\text{Pérdida por erosión soles, PPA}_{2007} = \text{USD } 32,45 * \frac{8026,6}{11297,2} = 18,2$$

$$\text{Pérdida por erosión en soles}_{2007} = \text{USD } 18,2 * 3,12 = 56,99$$

$$\text{Pérdida por erosión}_{2021} = 56,99 \times \frac{96,87}{63,76}$$

$$\text{Pérdida por erosión}_{2021} = 86,57$$

De acuerdo con los cálculos realizados por este estudio, tomando como base la ocurrencia del fenómeno del niño 2017, las hectáreas que se perderían en la parte media y baja de la cuenca producto de un movimiento en masa e inundación ascenderían al 30 % de las expuestas a los peli-

gros identificados (900 hectáreas), siendo 260 hectáreas las que se verían afectadas.

Considerando esta información, se realizó la valoración económica del servicio ecosistémico de control de la erosión:

Tabla 29. Valor económico del servicio ecosistémico de control de la erosión

Unidad	Hectáreas perdidas en cuenca media y baja	Pérdida económica por erosión (S/ /ha)	Valor económico al 2021 (S/ por año)
Turista	260	86,45	22 476,08

(iii) Valoración económica del servicio ecosistémico hidrológico para riego

a. Identificación y caracterización del bien o el servicio a valorar

La intervención del proyecto se centra en la cuenca del río Cañete y repercute a los diferentes actores de la cuenca baja, media y alta, principalmente a la población que hace uso del agua para riego, siendo estos 5901 agricultores agrupados en siete (7) comisiones (Nuevo Imperial, Viejo Imperial, San Miguel, Palo Herbay, María Angola, Huanca y

Pachacamilla) los cuales realizan sus actividades en 22 223 hectáreas bajo riego. De la población mencionada, el 52 % está dispuesto a realizar un pago adicional para la conservación y sostenibilidad de la cuenca alta con el fin de contar con los niveles adecuados de agua para riego.

b. Identificación del estudio primario que aportará los valores a transferir

Con el fin de mantener el ecosistema de la cuenca alta del río Cañete, Rendón (2016) evaluó la disposición a pagar (DAP) de los agricultores de la parte baja de la Cuenca. Para ello, utili-

zó el método de valoración contingente con el cual se analizó el aporte voluntario por parte de los usuarios de riego, principales consumidores y beneficiarios del recurso hídrico.

c. Comprobación de la calidad del estudio primario

De acuerdo con el siguiente análisis, se puede corroborar la calidad del estudio seleccionado:

- Son los resultados de una tesis de postgrado para optar al grado de magíster en gestión de los recursos hídricos calificada con nota sobresaliente.
- El documento es citado por el MINAM, ANA y se encuentra disponible en los repositorios de diferentes universidades.

d. Análisis de similitudes entre el lugar de estudio y el lugar de política

El estudio se realiza en la cuenca del río Cañete, INRENA (2000). La cuenca del río Cañete está circunscrita políticamente dentro del departamento de Lima; comprende en la

provincia de Yauyos a los distritos de Tanta, Huancaya, Vitis, Miraflores, Tomas, Alis, Laraos, Carania, Yauyos, Huantán, Colonia, Putinza, Ayauca, Tupe, Hongos, Lincha, Cactra, Catahuasi, Viñac, Madeán, Azángaro y Chocos; y en la provincia de Cañete los distritos de Zúñiga, Pacarán Lunahuaná Nuevo Imperial y San Vicente de Cañete. El estudio corresponde geográficamente a la ubicación de implementación de medidas analizadas en este informe.

e. Actualización del valor económico y estimación total

Rendón (2016) valoró la disposición a pagar de los agricultores de la parte baja de la Cuenca. Se utilizó la metodología de valoración contingente donde se analizó el aporte monetario en forma voluntaria, por parte de los usuarios de riego en la parte baja del río Cañete, como principales consumidores y beneficiarios del recurso hídrico, para el cuidado del ecosistema en la cuenca alta del río. En ese sentido, se estimó que el 52 % de la población tiene una disposición a pagar según el siguiente cuadro:

Tabla 25. Costos evitados para el ítem de redes eléctricas

Comisión	Población	%	ha bajo riego	DAP prom. (S/)	Recaudación anual (S/)
Nuevo Imperial	2212	37 %	7904,95	27,05	213 852,86
Viejo Imperial	1098	19 %	3711,50	9,86	36 608,77
San Miguel	876	15 %	3620,45	5,84	21 136,75
Palo Herbay	588	10 %	2036,85	17,98	36 616,48
María Angola	456	8 %	1724,39	9,23	15 909,28
Huanca	431	7 %	2291,57	3,01	6904,13
Pachacamilla	240	4 %	933,26	20,84	19 448,98
Total	5901		22 222,97		350 477,26

La recaudación anual alcanzaría los S/ 350 477 y durante el periodo de evaluación (15 años) un VANS de S/ 3 millones aproximadamente.

3.5. Estimación de externalidades positivas

Como lo precisamos en apartados anteriores, la imple-

mentación del proyecto producirá bienestar a terceros no involucrados en el mercado del servicio de regulación de peligros a inundaciones y movimientos de masa, como la mejora en el servicio ecosistémico de captura de carbono. El citado servicio, de acuerdo con la clasificación de Millennium Ecosystem Assessment, pertenece a:

Tabla 31. Tipo de servicio ecosistémico

Tipo de servicio ecosistémico	Servicio ecosistémico
Servicios de regulación	Captura y almacenamiento de carbono

Determinación del potencial del impacto positivo

Contemplando el servicio ecosistémico seleccionado, se pueden precisar los efectos positivos sobre actividades económicas o sociales:

Captura de carbono. Las plantas asimilan el CO₂ de la atmósfera conforme se fotosintetizan y crecen. La vegetación aérea de los pastizales contiene entre 5-25 tC/ha (UICN, 2008). A medida que crecen los pastos, las hojas y hojarasca (tallos secos y muertos) caen al suelo y se descomponen. Las raíces también crecen, y algunas de las raíces subterráneas mueren y se descomponen año tras año. Los microorganismos del suelo contribuyen a la descomposición de la materia orgánica. El carbono de estas fuentes se asimila en reservas de carbono del suelo y contribuye a la acumulación de carbono orgánico del suelo. Por tanto, los reservorios de carbono de pastizales consideran el carbono almacenado en la vegetación viva (incluyendo la biomasa aérea y las raíces subterráneas vivas), la hojarasca y el carbono del suelo (UICN, 2008).

Identificación y caracterización de actores involucrados

A través de este paso se identificará y caracterizará a los actores involucrados con los servicios ecosistémicos identificados en el paso anterior. Esto se realiza con el objetivo de identificar a los actores que serán beneficiados por la mejora de los principales servicios ecosistémicos por las medidas de forestación, control de cárcavas, revegetación de pasturas, recuperación de andenes, terrazas de formación lenta, zanjas de infiltración, y revegetación de pasturas; en los ecosistemas degradados pajonal de puna húmeda y matorral andino de la cuenca de Cañete.

Captura de carbono. La intervención del proyecto se encuentra dentro del ámbito de la cuenca alta del río Cañete en las unidades productivas de los ecosistemas degradados pajonal de puna húmeda y matorral andino, con una superficie total de 2550,19 ha, sobre las que se generaría la captura de carbono adicional por su conservación.

Tabla 32. Servicio ecosistémico

Servicio ecosistémico priorizado	Actor involucrado	Tipo de valor
Almacenamiento y secuestro de carbono	Población local, gobierno regional, gobierno nacional e internacional	Valor uso indirecto



Foto: Denis Justo Mayhua Coaquira.

Valoración económica de la captura de carbono

El método utilizado es precios de mercado, dado que los supuestos detrás son i) el bien o servicio ecosistémico a valorar es transado en un mercado de manera que la información de los beneficios vinculados está disponible o pueden ser inferibles; y ii) las externalidades o fallas de mercado son mínimas, de manera que el beneficio de mercado del servicio ecosistémico puede ser una buena aproximación a su valor económico.

La principal ventaja de este modelo es la sencillez en su aplicación y, dada la información generada por las transacciones en el mercado de carbono y el desarrollo de políticas para la fijación del precio de mercado, es posible obtener información objetiva sobre los beneficios de la captura y reducción de emisiones de CO₂.

Como se mencionó en secciones anteriores, en la cuenca del río Cañete la vegetación predominante son los pastizales altoandinos, bosques nativos, bofedales y humedales. Con el fin de calcular el valor económico de la conservación de la cobertura vegetal en la cuenca alta del río Cañete, se priorizará el análisis de pastizales y bofedales por su impor-

tancia en la zona en términos de cobertura y capacidad de captura de carbono. Así se tomó como referencia un estudio realizado para la Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca ubicada en un rango altitudinal entre los 2800 a más de 6000 m de altitud en los departamentos de Arequipa y Moquegua, cuya vegetación comprende especies contenidas en la cuenca alta del río Cañete. Así, se usarán los indicadores generados en esta evaluación para calcular el valor del carbono capturado por hectárea para las especies comunes: pajonal⁴, tolar y bofedal (Medina, Medina & Bocardo, 2020).

A partir de estos resultados se observa que el bofedal es la formación vegetal donde se concentró la mayor cantidad de carbono almacenado (639,39 Mg/ha de CO₂), mientras que el pajonal contiene (16,84 Mg/ha de CO₂), y el tolar (4,66 Mg/ha de CO₂).

Para el cálculo del valor económico proveniente de la captura de carbono, se considerarán las 2550 hectáreas equivalentes al área de intervención del proyecto. El precio que se le atribuye a cada tonelada de carbono capturado será el publicado por el Ministerio de Economía y Finanzas, equivalente a USD 7,17 por tonelada.

Tabla 33. Valor económico del servicio ecosistémico de captura de carbono

Tipo de vegetación	Área intervenida (ha)	Carbono captura por hectárea (Tn/ha)	Valor económico por tonelada capturada por hectárea (2020) (\$/)	Valor económico
Pajonal Húmedo	2550	16,84	28 895	1 290 181,06

⁴ En la cuenca, el "pajonal" está conformado por gramíneas de estrato alto, dispuestas en manojos aislados compuestos principalmente de festucas, calamagrostis y stipas, mientras que la especie comprendida en el Tolar es el Baccharis.



Costos del proyecto

El proyecto que se viene analizando en la evaluación económica es la iniciativa "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima", donde se estimarán los costos privados y sociales, con la finalidad de realizar una evaluación social del proyecto en un periodo de horizonte de quince (15) años, determinando los indicadores de rentabilidad que permitirán analizar la viabilidad de la iniciativa en términos del bienestar de la población.

Los datos utilizados para la formulación del flujo de costos del proyecto corresponden a la información del estudio de preinversión a nivel perfil (componente B) del proyecto "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima", realizado por el Consorcio CISPDR – SIGT (30/11/2020). En este marco, se ha utilizado de base la data

del citado estudio, y las estimaciones finales han sido resultado de consideraciones técnicas por el presente equipo consultor.

Los costos son compuestos por: (i) costos directos, (ii) costos generales variables fijos y variables, (iii) preparación del expediente técnico, (iv) costos de supervisión, (v) afectaciones prediales e interferencias, (vi) costo de operación y mantenimiento. Los citados costos han sido estimados a través de precios de mercado, como a precios sociales, donde se han utilizado los factores de corrección proporcionados por el Ministerio de Economía y Finanzas.

(i) Costos directos

Los costos directos se dividen en costos de obras provisionales, costos de capacitación, y los costos de implementación de las medidas de IN para las subcuencas de Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos. Respecto a la dimensión espacial de las medidas de IN que se implementarán en el ecosistema de puna húmeda y el ecosistema matorral andino, son las siguientes:

Tabla 34. Medidas de IN

Medidas de infraestructura natural	Área total (ha)
Forestación	851,56
Control de cárcavas	43,03
Revegetación de pasturas	351,43
Recuperación de andenes	943,06
Terrazas de formación lenta	17,05
Zanjas de infiltración	317,3
Revegetación de pasturas y forestación	26,75
Total (ha)	2550,18

En términos monetarios, la inversión de las citadas medidas de IN que reducen el peligro de riesgos de desastres como inundación y deslizamiento en masa ha sido estimada de

acuerdo con las medidas a implementar en los distritos analizados. En el siguiente cuadro se proporcionan esos costos a tanto a precios privados como a precios sociales.

Tabla 35. Costos de las medidas de IN a precios privados y precios sociales

Distrito	Costos a precios privados (S/)	Costos a precios sociales (S/)
Yauyos	4 250 422,84	2 749 688,82
Miraflores	13 629 250,53	7 872 769,90
Huancaya	4 576 514,73	2 552 139,37
Huantán	6 487 866,12	3 839 294,29
Laraos	9 465 391,75	4 968 796,57
Total (S/)	38 409 445,97	21 982 688,94

En conjunto, los costos directos ascienden a precios de mercado al monto de S/ 38 472 300,91 y en términos de

precios sociales a S/ 22 039 879,25, tal como se desagrega en la Tabla 36.

Tabla 36. Costos directos a precios privados y precios sociales

Concepto	Costos a precios privados (S/)	Costos a precios sociales (S/)
Medidas de IN	38 409 445,97	21 982 688,94
Obras provisionales	12 854,94	10 894,02
Capacitación	50 000	46 296,30
Total (S/.)	38 472 300,91	22 039 879,25

(ii) Costos generales, variables fijos y variables

Los gastos fijos generales para el proceso de formulación e implementación del proyecto de inversión ascienden en precios sociales a S/ 2 530 546,78; así como los gastos generales variables correspondientes a profesionales técnicos, profesionales administrativos, per-

sonal auxiliar, equipos de trabajo, servicios básicos (luz, agua, internet), entre otros, cuantificados en términos de precios sociales en S/ 8 086 566,74. En resumen, las cuantificaciones de estos componentes de los costos para la implementación del proyecto son tal como se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37. Gastos generales fijos y variables

Concepto	Costos a precios privados (S/)	Costos a precios sociales (S/)
Gastos generales fijos	3 077 784,07	2 530 546,78
Gastos generales variables	9 233 352,22	8 086 566,74

(iii) Expediente técnico

Para la formulación del expediente técnico se requiere los servicios de una gama de profesionales especialistas y asistentes que cubran los aspectos técnicos en el proceso de elaboración de la propuesta de proyecto; así como personal técnico y administrativo. También, para la formulación de este expediente específico se requiere de la realización de diversos estudios especializados: (i) estudio topográfico, (ii) un estudio hidrológico, (iii) estudio geológico, geotécnico y geofísico. Los citados ítems corresponden a los costos directos para la elaboración del informe.

Adicionalmente, se presentan costos generales que permiten complementar las actividades necesarias para la elaboración del expediente técnico del proyecto como el alquiler de espacios físicos, movilidad, equipos técnicos, viáticos, entre otros. En total, el monto para la formulación del expediente técnico del proyecto "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provin-

cia de Yauyos - Departamento de Lima" en precios sociales es de S/ 1 428 497,22.

(iv) Costos de supervisión

El proceso de seguimiento y control de las actividades y ejecución presupuestal que se realiza en la iniciativa presenta costos representados por la contratación de profesionales especializados, personal técnico y administrativo; así como la adquisición de otros servicios y bienes que respaldan el trabajo de supervisión como pasajes, viáticos, alquiler de máquinas, entre otros. Este proceso respalda la calidad técnica y secuencia adecuada de las actividades a implementarse en el proyecto, de acuerdo con la información de los estudios definitivos y la rigurosidad técnica a establecerse en cada proceso. Estos costos ascienden en precios sociales a S/ 2 334 121,28.

(v) Afectaciones prediales e interferencias

En caso de que se produzca afectación a predios e interferencias, se debe realizar una identificación y caracterización de los espacios con impacto negativo como

viviendas, zonas de cultivo, etc. Para este tipo de análisis se requieren resolver temas técnicos, legales, y procedimentales para el resarcimiento producido durante el proceso de inversión. La estimación de estos costos considerados es de S/ 5 523 706,55.

(vi) Mantenimiento y operación

Contemplando la fase de post inversión, se incurrirán en costos de mantenimiento y operación del proyecto a partir del quinto año, estos ascienden a S/ 23 355 639,95 en precios privados y en términos de precios sociales (utilizados

en la evaluación económica social de la iniciativa), se calculan en S/ 17 015 969,21.

Contemplando todos los componentes expuestos, los costos de inversión y fase post inversión del proyecto "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima" fueron estimados a precios privados en S/ 91 167 677,53 y a precios sociales en S/ 56 428 740,48.



Foto: Jesús Jhovny Mamani Velásquez



Evaluación beneficio-costosocial e indicadores de rentabilidad

De las estimaciones de los beneficios y los costos sociales, se procedió a la estimación de los flujos beneficio costo para la temporalidad de quince (15) años del proyecto “Recuperación del ecosistema degradado por los factores

condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - departamento de Lima”, y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 38. Valores beneficio-costo

Año	Valor (S/)
0	-10 894,02
1	-23 160 185,58
2	-11 122 763,14
3	-8 945 771,38
4	-1 795 631,29
5	844 501 065,17
6	21 741 705,18
7	25 692 185,10
8	27 747 559,91
9	29 967 364,70
10	1243 634 529,95
11	34 953 934,19
12	37 750 248,92
13	40 770 268,84
14	44 031 890,34
15	47 554 441,57

Con fines de análisis de rentabilidad de la iniciativa, se estimarán los siguientes indicadores: (i) valor actual neto social y (ii) tasa interna de retorno social. Como criterio de selección entre las alternativas de intervención, se consideran aquellos que presentan un VANS >0 ; es decir, que generan beneficios sociales por encima de sus costos sociales. Resultado de las cuantificaciones, el VANS es de S/ 1245 013 987,55, lo cual revela que los beneficios para

la sociedad son muy considerables. Este es un resultado de incluir los costos evitados de incidentes de peligros asociados a inundaciones y movimientos de masas, así como las mejoras en los servicios ecosistémicos atribuidos a las medidas de IN. Asimismo, la TIR de la implementación del proyecto resulta en 133 %, la cual supera ampliamente a la tasa social de descuento de 8 %, por lo que el proyecto es muy rentable.

WATI

Comentarios del análisis de la complementariedad de los beneficios de la IN con los beneficios de la infraestructura gris

Foto: Forest Trends

Como hemos visto a lo largo del desarrollo del caso práctico, el manejo de la IN ofrece una opción complementaria a la infraestructura gris para reducir el riesgo de desastre asociado a la ocurrencia de un peligro meteorológico. Así, la infraestructura "verde" puede complementar y hacer que la infraestructura "gris" sea más rentable.

La IN se caracteriza por comprender una diversidad de sistemas recuperados, naturales y seminaturales que pueden ser manejados e intervenidos para contribuir a responder de manera integral a los desafíos que implica la gestión de riesgo de desastres.

Según la información del caso práctico, en la cuenca del río Cañete, se identificaron que los peligros más recurrentes registrados son las inundaciones, deslizamientos, huaicos, y heladas; de acuerdo con la información histórica del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). Así, la cuenca del río Cañete fue

altamente afectada por El Niño costero en el año 2017, entre febrero y marzo, con impactos tanto a nivel de infraestructura, actividades económicas, y afectación a la integridad de las personas de la zona destruyendo viviendas (en el 87,5% de los casos) y generando pérdidas de terreno de cultivo.

De acuerdo con la evidencia disponible (Forest Trends, s. f.) la cobertura vegetal juega un papel importante en la estabilización de pendientes y taludes. La densidad de deslizamientos superficiales es más baja en bosques nativos que en áreas con pastizales con las mismas características de topografía y geología.

Así, en el proyecto piloto para la cuenca de Cañete se contemplan las siguientes medidas de infraestructura para el ecosistema de puna húmeda y el ecosistema matorral andino, de acuerdo con el área de intervención, tal como se muestra en la Tabla 39.



Foto: Alan Bratzo Gheris Blanco

Tabla 39. Medidas de IN

Medidas de infraestructura natural	Área total (ha)
Forestación	851,56
Control de cárcavas	43,03
Revegetación de pasturas	351,43
Recuperación de andenes	943,06
Terrazas de formación lenta	17,05
Zanjas de infiltración	317,3
Revegetación de pasturas y forestación	26,75
Total (ha)	2550,18

En este marco, la implementación de medidas de IN para hacer frente a los peligros asociados a eventos de inundaciones y movimientos de masa, fortalece la existente infraestructura gris, o las inversiones proyectadas de esta tipología, dado

que soporta su durabilidad en un mayor horizonte de tiempo. Asimismo, en términos de análisis de beneficios sociales, estas medidas de IN proporcionan beneficios sociales de costos evitados y beneficios de mejora de los servicios ecosistémicos.



Conclusiones

- De la revisión de las metodologías hidrológicas para la estimación de afectaciones por peligros de inundación, se evidencia que el modelo KINEROS provee información de indicadores de afectación a unidades productoras, donde algunas pueden permitir la cuantificación de los costos evitados.
- Los datos de sensoramiento remoto resultan ser eficientes para complementar los resultados de la modelación hidráulica, teniendo en cuenta un evento extraordinario dado en la cuenca de análisis. Pero es necesario reconocer que los registros de las plataformas SIGRID y SINPAD tienen dificultades para identificar su ubicación espacial exacta, dado que muchos están en base a distritos.
- Del análisis de la información provista, se precisa una carencia de información homogénea entre los modelos hidrológicos e hidráulico, mientras que en el modelo hidrológico de eventos se genera para valores máximos predominantes en la estación Pacarán. Para el modelo hidráulico, se realiza la simulación para un tiempo de retorno de cien (100) años.
- Se debe contemplar que el modelo KINEROS solo presenta la simulación del impacto potencial en la cuenca por efecto de inundaciones, más no del desastre de movimientos de masa.
- Se revela que es necesario comparar los datos estimados a través del modelo hidrológico Kineros con la afectación real reportada por INDECI en el evento de El Niño costero del 2017, dado que existe una brecha significativa en algunos casos. Por ejemplo, en la estimación de puentes afectados, de acuerdo con el modelo hidrológico, no hay afectación, pero el Sistema de Información Nacional para Respuesta y Rehabilitación de INDECI proporciona el dato de diecinueve (19) unidades, seis (6) afectadas y trece (13) colapsadas.
- Se ha presentado un marco teórico específico para la evaluación económica social de proyectos de IN a implementarse en ecosistemas degradados de cuenca alta, enfocado en la gestión de riesgos de desastres, donde los beneficios sociales directos son los costos evitados. Los beneficios sociales indirectos están determinados por la mejora de los servicios ecosistémicos, y se cuenta con externalidades positivas de la intervención.
- Se cuenta con una propuesta de pasos metodológicos, tanto para la estimación de los beneficios sociales directos, como los indirectos y externalidades positivas; donde se realiza la vinculación de la fase física y la fase económica, para su respectiva cuantificación.
- Los beneficios sociales directos para la tipología de inversiones de IN implementada en la cuenca alta del río Cañete, donde su objetivo es la reducción de las afectaciones a las áreas, poblaciones y unidades productoras por efectos de peligros de inundaciones y movimientos de masa, son los respectivos costos evitados. En esos términos, los resultados cuantitativos iniciales ascienden a S/ 561 052 272,7.
- Asimismo, los beneficios sociales indirectos estimados corresponden a la mejora de los servicios ecosistémicos por la intervención de medidas de IN en los ecosistemas de pajonal de puna húmeda y matorral andino de la cuenca del río de Cañete, resultando en S/ 15 247 868,53. Con respecto a las externalidades positivas, representado por la mejora del servicio de regulación de captura de carbono es de S/ 1 290 181,07.
- Para una estimación más puntual de los beneficios sociales atribuidos al proyecto "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima", sería adecuado determinar los indicadores de afectación a las unidades de producción en toda la cuenca del río Cañete, donde el modelo KINEROS contempla sólo las medidas de IN a ser implementadas en los dos (2) ecosistemas degradados de la cuenca alta.

- Los costos de inversión y fase post inversión del proyecto "Recuperación del ecosistema degradado por los factores condicionantes de inundación y movimientos de masas en las subcuencas Huancaya, Miraflores, Laraos, Huantán y Yauyos en los distritos de la provincia de Yauyos - Departamento de Lima" fueron estimados en precios privados en S/ 91 167 677,53 y en precios sociales a S/ 56 428 740,48.
- El Valor Actual Neto Social (VANS) es de S/ 1245 013 987,55, lo cual revela que los beneficios para la sociedad son muy considerables, resultado de incluir los costos evitados de incidentes de peligros asociados a inundaciones y movimientos de masas, así como las mejoras en los servicios ecosistémicos atribuidos a las medidas de IN. Asimismo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la implementación del proyecto alcanza un 133 %, la cual supera ampliamente a la tasa social de descuento de 8 %, por lo que el proyecto es muy rentable.



Foto: Forest Trends

Bibliografía

Anusha, N; Bharathi, B. 2019. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. Flood detection and flood mapping using multi-temporal synthetic aperture radar and optical data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.01.001>.

Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R., Haney, E. B., Neitsch, S. L. (2012). Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Version 2012. Texas Water Resources Institute TR-439.

Beven, K. J., Kirkby, M. J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Sciences (Bulletin) des Sciences Hydrologiques*, 24, 1.

BID. (2016). Análisis costo-beneficio de medidas de adaptación.

Buytaert, W., Beven, K. J. (2010). Models as multiple working hypotheses: hydrological simulation of tropical alpine wetlands. *Hydrological Processes*. 25, 1784–1799.

DEFRA (2007) An introductory guide to valuing ecosystem services. Department for Environment, Food and Rural Affairs-DEFRA, London, UK, 2007.

Fleming, M. J., Doan, J. H. (2000). Geospatial Hydrologic Modeling Extension (HEC-GeoHMS). U.S. Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources – Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC). CPD-77.

MEA (2005) Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington D. C. 2005.

MEF. (2010). Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático. Una estimación de los costos y los beneficios de implementar medidas de reducción del riesgo.

MINAM (2015a) Guía Nacional de Valoración Económica del Patrimonio Natural. Ministerio del Ambiente. Lima – Perú.

MINAM (2015b) Manual de Valoración Económica del Patrimonio Natural. Ministerio del Ambiente. Lima – Perú.

Scharffenberg, B., Bartles, M., Brauer, T., Fleming, M., Karlovits, G. (2016). Hydrologic modeling system HEC-HMS user's manual. U.S. Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources – Hydrologic Engineering Center (CEIWR-HEC). CPD-74A.

Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático. Una estimación de los costos y los beneficios de implementar medidas de reducción del riesgo. (2010).

Woolhiser, D. A., Smith, R. E., Goodrich, D. C. (1990). KINEROS, a kinematic runoff and erosion model: documentation and user manual. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-77.



Foto: Carlos Palacios Núñez

www.infraestructuranatural.pe

El proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica promueve la conservación, restauración y recuperación de los ecosistemas a nivel nacional, formando alianzas con organizaciones públicas y privadas para reducir los riesgos hídricos como sequías, inundaciones y contaminación del agua.

El proyecto es promovido y financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá y liderado por Forest Trends, junto a sus socios CONDESAN, la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), e investigadores del Imperial College London.



<https://www.forest-trends.org/publications/serie-guias-IN-para-GRD>

