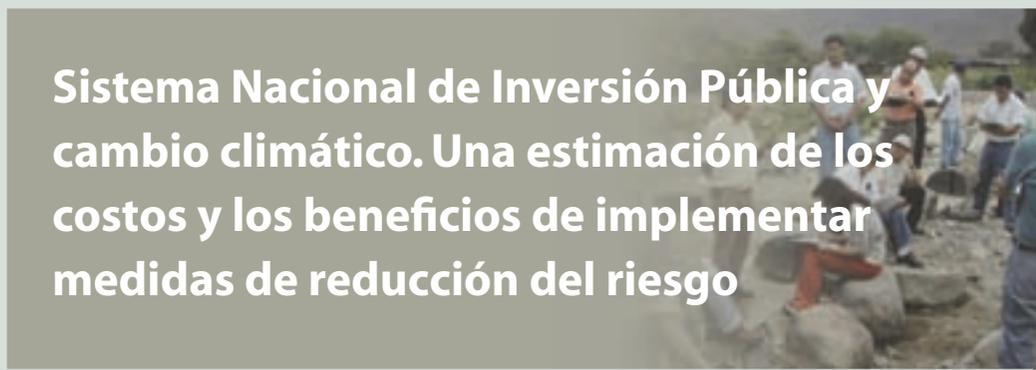


SERIE: SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA Y LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

5

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



PERÚ

Ministerio
de Economía y Finanzas

Esta es una publicación de la Dirección General de Programación Multianual del Ministerio de Economía y Finanzas, con el apoyo del Programa Desarrollo Rural Sostenible de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (cooperación técnica alemana).



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

CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| Presentación | 8 |
| SECCIÓN 1: INTRODUCCIÓN | 10 |
| SECCIÓN 2: MARCO CONCEPTUAL | 14 |
| 2.1 Cambio climático y vulnerabilidad | 14 |
| 2.2 El cambio climático, el riesgo y los proyectos de inversión pública | 16 |
| 2.3 El análisis costo-beneficio, indicadores e incertidumbre | 18 |
| 2.3.1 La evaluación social de proyectos: a propósito del excedente del productor y del consumidor | 18 |
| 2.4 Método de cálculo de beneficios: costo evitado | 19 |
| SECCIÓN 3: EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS | 26 |
| 3.1. Supuestos | 26 |
| 3.2. Sector agricultura | 29 |
| 3.2.1. Dique con enrocado del río Chicama, sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa | 29 |
| 3.2.2. Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas | 38 |
| 3.3. Sector energía | 48 |
| 3.3.1. Proyecto Integral del embalse Tablachaca | 48 |
| 3.3.2. Proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y del sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro | 61 |
| 3.4. Sector saneamiento | 68 |
| 3.4.1. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el eje Paita-Talara | 68 |
| 3.4.2. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara | 80 |
| 3.4.3. Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en la Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua | 91 |
| 3.5. Sector transportes | 102 |
| 3.5.1. Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos | 102 |
| SECCIÓN 4: SISTEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA | 112 |
| 4.1. Metodología para cuantificar los beneficios (costos evitados) de las medidas de reducción del riesgo en los cuatro sectores priorizados | 112 |
| 4.1.1. Costo evitado de reconstrucción o rehabilitación | 113 |
| 4.1.2. Costo evitado de pérdida de vidas humanas y empeoramiento de las condiciones sociales | 116 |
| 4.1.3. Costo evitado de salud pública (menos casos de enfermedades) | 120 |
| 4.1.4. Costo evitado de atender la emergencia | 120 |
| 4.1.5. Beneficios directos por no interrumpir la actividad del proyecto (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto) | 122 |
| 4.1.6. Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto) | 124 |
| 4.1.7. Beneficios por optimización de recursos frente a variaciones climáticas | 127 |
| 4.2. Fuentes de información para la estimación de los costos evitados | 128 |
| 4.2.1. Costo evitado de la reconstrucción o la rehabilitación | 128 |



| | |
|---|------------|
| 4.2.2. Costo evitado de pérdida de vidas humanas y empeoramiento de las condiciones sociales | 129 |
| 4.2.3. Costo evitado por gasto en salud pública (menos casos de enfermedades) | 130 |
| 4.2.5. Beneficios directos por no interrumpir la actividad del proyecto (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto) | 131 |
| 4.2.6. Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto) | 131 |
| 4.2.7. Beneficios por optimización de recursos frente a variaciones climáticas | 132 |

| | |
|---------------------|------------|
| BIBLIOGRAFÍA | 136 |
|---------------------|------------|

| | |
|--|------------|
| Principales siglas, abreviaturas y conceptos | 140 |
|--|------------|

| | |
|---------------|------------|
| ANEXOS | 142 |
|---------------|------------|

| | |
|---------------------------------------|------------|
| Anexo 1 Flujos netos de los proyectos | 142 |
| Anexo 2 Información sobre peligros | 165 |

Índice de cuadros y gráficos

CUADROS

INTRODUCCIÓN

| | | |
|-----------|---------------------------------------|----|
| Cuadro 1. | Proyectos seleccionados en el estudio | 11 |
|-----------|---------------------------------------|----|

EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS

| | | |
|-----------|---|----|
| Cuadro 2. | Escenarios considerados en los proyectos seleccionados | 28 |
| Cuadro 3 | Fenómenos naturales registrados en el distrito de Chicama, provincia de Ascope, región La Libertad, 1970-2003 | 30 |
| Cuadro 4 | Dique con enrocado del río Chicama: costo de la MRR | 32 |
| Cuadro 5 | Dique con enrocado del río Chicama: costo de operación y mantenimiento de la MRR | 33 |
| Cuadro 6 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de reconstrucción de la infraestructura hidráulica | 33 |
| Cuadro 7 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de reconstrucción de la infraestructura vial | 34 |
| Cuadro 8 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de pérdida temporal de empleo | 34 |
| Cuadro 9 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de pérdida definitiva de empleo | 34 |
| Cuadro 10 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de pérdida de empleo | 35 |
| Cuadro 11 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de atención de la emergencia | 35 |
| Cuadro 12 | Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de daños previsibles | 36 |
| Cuadro 13 | Dique con enrocado del río Chicama: pérdida definitiva de terrenos agrícolas | 36 |
| Cuadro 14 | Dique con enrocado del río Chicama: costo de operación y mantenimiento de la MRR | 37 |
| Cuadro 15 | Dique con enrocado del río Chicama: indicadores de evaluación social | 38 |
| Cuadro 16 | Fenómenos naturales registrados en el distrito La Tinguiña, provincia de Ica, región Ica, 1970-2003 | 40 |
| Cuadro 17 | Dique con enrocado del río Chicama: costo de operación y mantenimiento de la MRR | 41 |
| Cuadro 18 | Fenómenos naturales registrados en el distrito La Tinguiña, provincia de Ica, región Ica, 1970-2003 | 44 |
| Cuadro 19 | Diques en la quebrada de Cansas: costo evitado de remodelación de la bocatoma La Achirana | 45 |
| Cuadro 20 | Diques en la quebrada de Cansas: indicadores de evaluación económica | 46 |
| Cuadro 21 | Diques en la quebrada de Cansas: indicadores de evaluación social | 46 |
| Cuadro 22 | Diques en la quebrada de Cansas: costo evitado de daños previsibles y de pérdida definitiva de terrenos agrícolas | 47 |
| Cuadro 23 | Embalse Tablachaca: costo del proyecto integral | 52 |
| Cuadro 24 | Embalse Tablachaca: costo de la medida de reducción del riesgo | 54 |
| Cuadro 25 | Embalse Tablachaca: costo de operación y mantenimiento de las MRR | 55 |
| Cuadro 26 | Embalse Tablachaca: costo evitado de reparación de daños en las estructuras ante un deslizamiento | 56 |
| Cuadro 27 | Embalse Tablachaca: costo evitado de eliminación de escombros (material deslizado) | 56 |
| Cuadro 28 | Embalse Tablachaca: costo de compra de energía y potencia para atender obligaciones | 57 |
| Cuadro 29 | Embalse Tablachaca: ingresos por venta de energía durante paralización | 57 |
| Cuadro 30 | Embalse Tablachaca: costo evitado de atención de la emergencia | 58 |



| | | |
|-----------|---|------------|
| Cuadro 31 | Embalse Tablachaca: costo evitado de lucro cesante por no interrumpir la actividad del complejo | 58 |
| Cuadro 32 | Embalse Tablachaca: indicadores de evaluación económica | 59 |
| Cuadro 33 | Embalse Tablachaca: costo social evitado por producción no interrumpida | 60 |
| Cuadro 34 | Embalse Tablachaca: indicadores de evaluación social | 60 |
| Cuadro 35 | Cuenca del Mantaro: costo de la MRR | 64 |
| Cuadro 36 | Cuenca del Mantaro: costo de operación y mantenimiento de la MRR | 65 |
| Cuadro 37 | Cuenca del Mantaro: cálculo del valor actual neto de optimización del uso del recurso hídrico | 66 |
| Cuadro 38 | Cuenca del Mantaro: indicadores de evaluación económica | 67 |
| Cuadro 39 | Cuenca del Mantaro: indicadores de evaluación social | 68 |
| Cuadro 40 | Eje Paita-Talara: costos totales del proyecto | 72 |
| Cuadro 41 | Eje Paita-Talara: costo de la MRR | 72 |
| Cuadro 42 | Eje Paita-Talara: costo evitado de reconstrucción | 73 |
| Cuadro 43 | Tratamiento de la malaria por P. Falciparum | 74 |
| Cuadro 44 | Eje Paita-Talara: costo evitado de reconstrucción | 75 |
| Cuadro 45 | Eje Paita-Talara: costo evitado de salud pública | 77 |
| Cuadro 46 | Eje Paita-Talara: costo evitado de mortalidad | 78 |
| Cuadro 47 | Eje Paita-Talara: costo evitado de aumento del gasto anual en agua | 79 |
| Cuadro 48 | Eje Paita-Talara: indicadores de evaluación económica | 80 |
| Cuadro 49 | Eje Paita-Talara: indicadores de evaluación social | 81 |
| Cuadro 50 | Fenómenos naturales registrados en la provincia de Talara, región Piura, 1970-2003 | 82 |
| Cuadro 51 | Fenómenos naturales registrados en la provincia de Talara, región Piura, 1970-2003 | 84 |
| Cuadro 52 | Ciudad de Talara: costo de las MRR | 86 |
| Cuadro 53 | Eje Paita-Talara: costo evitado de mortalidad | 87 |
| Cuadro 54 | Ciudad de Talara: costo evitado de mortalidad | 88 |
| Cuadro 55 | Eje Paita-Talara: costo evitado de mortalidad | 89 |
| Cuadro 56 | Ciudad de Talara: indicadores de evaluación económica | 89 |
| Cuadro 57 | Ciudad de Talara: indicadores de evaluación social | 90 |
| Cuadro 58 | Pampa Inalámbrica: costos totales del proyecto | 94 |
| Cuadro 59 | Pampa Inalámbrica: costo de las MRR | 96 |
| Cuadro 60 | Pampa Inalámbrica: costos de operación y mantenimiento de las MRR a precios privados | 96 |
| Cuadro 61 | Pampa Inalámbrica: costos de operación y mantenimiento de las MRR a precios sociales | 97 |
| Cuadro 62 | Distrito de Ilo: costo evitado de gasto en salud pública | 98 |
| Cuadro 63 | Distrito de Ilo: costo evitado de mortalidad | 99 |
| Cuadro 64 | Pampa Inalámbrica: costo evitado de aumento del gasto en agua | 100 |
| Cuadro 65 | Indicadores de evaluación económica | 100 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Cuadro 66 | Pampa Inalámbrica: indicadores de evaluación social | 101 |
| Cuadro 67 | Fenómenos naturales registrados en los distritos de Amotape y El Arenal, provincia de Paita, región Piura, 1970-2003 | 102 |
| Cuadro 68 | Puente Simón Rodríguez: costos totales del proyecto | 105 |
| Cuadro 69 | Puente Simón Rodríguez: costo de la MRR | 105 |
| Cuadro 70 | Puente Simón Rodríguez: costo de operación y mantenimiento de las MRR | 106 |
| Cuadro 71 | Puente Simón Rodríguez: costo evitado de gasto adicional en transporte | 107 |
| Cuadro 72 | Puente Simón Rodríguez: costo evitado de atención de la emergencia | 108 |
| Cuadro 73 | Puente Simón Rodríguez: indicadores de evaluación económica | 109 |
| Cuadro 74 | Puente Simón Rodríguez: indicadores de evaluación social | 110 |

SISTEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA

| | | |
|-----------|---|-----|
| Cuadro 75 | Resultados de los proyectos del sector agricultura: ratio B/C | 133 |
| Cuadro 76 | Resultados de los proyectos del sector energía: ratio B/C | 133 |
| Cuadro 77 | Resultados de los proyectos del sector saneamiento: ratio B/C | 134 |
| Cuadro 78 | Resultados de los proyectos del sector transportes: ratio B/C | 134 |

GRÁFICOS

INTRODUCCIÓN

| | | |
|-----------|--|----|
| Gráfico 1 | Ubicación de los proyectos seleccionados | 12 |
|-----------|--|----|

MARCO CONCEPTUAL

| | | |
|-----------|------------------------------------|----|
| Gráfico 2 | Nivel de oferta de un bien público | 18 |
| Gráfico 3 | Situación sin MRR | 20 |
| Gráfico 4 | Situación con MRR | 20 |
| Gráfico 5 | Costos y beneficios de MRR | 21 |

EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS

| | | |
|------------|--|----|
| Gráfico 6a | Escenario 1 | 28 |
| Gráfico 6b | Escenario 2 | 28 |
| Gráfico 7 | Dique con enrocado del río Chicama: AdR del proyecto | 31 |
| Gráfico 8 | Distrito La Tinguíña y quebrada de Cansas | 39 |
| Gráfico 9 | Diques en la quebrada de Cansas: AdR | 43 |
| Gráfico 10 | Diques en la quebrada de Cansas: AdR | 51 |
| Gráfico 11 | Cuenca del Mantaro: AdR | 63 |



| | | |
|------------|--|------------|
| Gráfico 12 | Eje Paita-Talara: AdR del proyecto | 71 |
| Gráfico 13 | Ciudad de Talara: AdR del proyecto | 85 |
| Gráfico 14 | Pampa Inalámbrica: AdR del proyecto | 93 |
| Gráfico 15 | Puente Simón Rodríguez: AdR del proyecto | 104 |

SISTEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA

| | | |
|------------|---|------------|
| Gráfico 16 | Metodología de cálculo del costo evitado de la reconstrucción o la rehabilitación de la infraestructura hidráulica o vial | 114 |
| Gráfico 17 | Metodología de cálculo del costo evitado de reconstrucción de puentes | 115 |
| Gráfico 18 | Metodología de cálculo del costo indirecto evitado de salud pública | 117 |
| Gráfico 19 | Metodología de cálculo del costo evitado de pérdida de vidas humanas | 118 |
| Gráfico 20 | Metodología de cálculo del costo evitado del tiempo adicional de viaje | 119 |
| Gráfico 21 | Metodología de cálculo del costo evitado del gasto adicional en pasajes | 119 |
| Gráfico 22 | Metodología de cálculo del costo evitado de salud pública | 120 |
| Gráfico 23 | Metodología de cálculo del costo evitado de compra de energía y potencia para atender obligaciones | 121 |
| Gráfico 24 | Metodología de cálculo del lucro cesante evitado | 122 |
| Gráfico 25 | Metodología de cálculo del costo evitado del gasto en agua | 123 |
| Gráfico 26 | Metodología de cálculo del costo evitado de daño a la producción agrícola | 124 |
| Gráfico 27 | Metodología de cálculo del costo evitado de la pérdida de terrenos agrícolas | 125 |
| Gráfico 28 | Metodología de cálculo del costo evitado de aumento del gasto de operación vehicular | 126 |
| Gráfico 29 | Metodología de cálculo del beneficio de optimización de uso del recurso hídrico | 127 |

FOTOS

MARCO CONCEPTUAL

| | | |
|--------|--|-----------|
| Foto 1 | Pozo Nuñez – Morropón, Piura. Rehabilitación de pozos de agua en áreas de sequía | 24 |
|--------|--|-----------|

EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS

| | | |
|--------|--|------------|
| Foto 2 | Embalse Tablachaca: presa | 48 |
| Foto 3 | Embalse Tablachaca: Derrumbe 5 (febrero de 1982) | 50 |
| Foto 4 | Embalse Tablachaca: contrafuerte enrocado del Derrumbe 5 (febrero de 1982) | 50 |
| Foto 5 | Cuenca del río Mantaro: estación de medición y control en laguna regulada | 61 |
| Foto 6 | Eje Paita-Talara: tubería de conducción | 69 |
| Foto 7 | Puente Simón Rodríguez: dique de tierra | 108 |

SISTEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA

| | | |
|--------|--|------------|
| Foto 8 | Costo evitado de pérdida definitiva de empleo por inundación | 116 |
|--------|--|------------|

Presentación

Desde la década pasada, los efectos generados por el cambio climático (CC) y el riesgo de desastre dominan una parte importante de la agenda del desarrollo internacional. Los científicos finalmente han logrado un consenso básico sobre la inminencia de estos efectos y acerca de su desigual impacto en el planeta. Mientras existen zonas que se podrán beneficiar, un conjunto importante de poblaciones se verán obligadas a desplazarse de sus territorios, cambiar de actividad productiva o pagar un elevado costo de oportunidad por la cada vez más escasa agua potable. Y los efectos negativos serán mayores cuanto más pobres sean las poblaciones, debido a que no contarán con los recursos necesarios para adaptarse a las nuevas condiciones. En vista de este problema, la utilización cada vez más eficiente de los escasos recursos públicos se convierte en una obligación.

En nuestro país, el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) es el sistema administrativo del Estado que, a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas, certifica la calidad de los proyectos de inversión pública (PIP). Con ello se busca lograr la eficiencia en la utilización de los recursos de inversión mediante un mayor impacto socioeconómico,

es decir, un mayor bienestar para la población. Asimismo, este sistema pretende contribuir a la sostenibilidad de los servicios públicos intervenidos por los proyectos y a que estos se orienten a la mejora de la calidad o la ampliación de la provisión de dichos servicios¹.

En este contexto, para el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), ente rector del SNIP, la inversión pública debe estar orientada a mejorar la capacidad de prestar servicios públicos del Estado de forma tal que estos se brinden a los ciudadanos de manera oportuna y eficaz. La mejora de la calidad de la inversión debe lograr que los recursos invertidos produzcan el mayor bienestar social. Esto se consigue con proyectos sostenibles, que operen con eficacia y brinden servicios a la comunidad de manera ininterrumpida².

Considerando los efectos de los fenómenos globales mencionados, y con el propósito de mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de los PIP, el MEF ha incorporado en su evaluación económica los escenarios de posibles impactos del CC. Por ello, desde el año 2004 impulsa un proceso de fortalecimiento de capacidades para la aplicación del análisis del riesgo (AdR) y la implementación de medidas de reducción de este. Con este fin ha realizado las siguientes acciones:

¹ Información de <http://www.mef.gob.pe/DGPM/acerca_snip.php>, 11 de marzo de 2008.

² Ib.

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



- Ha publicado los documentos Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastre en la planificación e inversión para el desarrollo (DGPM-MEF 2007a) y Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastre en proyectos de inversión pública (DGPM-MEF 2007b), este último como instrumento de metodología referencial.³
- Ha publicado el documento Evaluación de la rentabilidad social de las medidas de reducción del riesgo de desastre en los proyectos de inversión pública (DGPM 2010).⁴
- Ha explicitado la necesidad de inclusión de esos conceptos y pautas en los contenidos mínimos de los estudios de preinversión en los tres niveles de estudios y en el Protocolo de Evaluación.
- Realiza acciones de capacitación e investigación.

Igualmente, conociendo que el CC puede afectar la disponibilidad de recursos como el agua e incrementar la severidad de los fenómenos climáticos extremos, puso el tema en su agenda del 2007, al suscribir, el 16 de julio de ese año, un Convenio de Cooperación Interinstitucional con el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), luego asumido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), en el marco de la preparación de la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que está en concordancia con la Estrategia Nacional del Perú sobre Cambio Climático.

El presente estudio forma parte del primer componente del subproyecto «Propuesta para la incorporación de la variabilidad climática y de las variables de cambio climático en los modelos macroeconómicos, proceso de asignación del presupuesto público y Sistema Nacional de Inversión Pública» de dicho convenio y representa un aporte en la línea de trabajo expuesta.

César Tapia Gamarra

Director General de
Programación Multianual del Sector Público
Ministerio de Economía y Finanzas

³ Disponibles en <http://www.mef.gob.pe/DGPM/docs/estudios_documentos/documentos/ConceptosDesastres.pdf> y <http://www.mef.gob.pe/DGPM/docs/instrumentos_metod/PautasRiesgos.pdf>.

⁴ Disponibles en: <http://www.mef.gob.pe/DGPM/docs/estudios_documentos/documentos/Evaluacion_de_la_rentabilidad_social_MEF_4_.pdf>.

Sección 1

INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio fue realizar una evaluación de los impactos de la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos en ocho PIP seleccionados de cuatro sectores priorizados —agricultura, energía, saneamiento y transportes—. Sobre esa base se evaluó la rentabilidad de las medidas de reducción del riesgo de desastre que se implementaron. Esta evaluación adquiere mayor importancia frente al fenómeno del CC, pues se espera que debido a este aumenten la frecuencia y la intensidad de fenómenos similares que afectaron a los PIP analizados en este estudio. Queda ratificada así la importancia de incorporar el AdR en la evaluación de la inversión pública.

Las predicciones sobre el curso del clima mundial no son exactas, tanto en un sentido catastrófico como moderado. En este contexto, se resalta la importancia del tratamiento de la incertidumbre en los análisis sobre sus efectos. Junto a este consenso científico se constata el hecho que, a la fecha, no se cuenta con adecuados instrumentos de predicción, a pesar de que aumentará la incertidumbre sobre los futuros efectos de estos fenómenos.

Los objetivos específicos del estudio fueron:

- Estimación monetaria (general y, de ser posible, específica) de los daños y las pérdidas generados por eventos originados por el CC en los PIP de los sectores priorizados: agricultura, energía, saneamiento y transportes.
- Identificación de la metodología y la estimación monetaria de los beneficios y los costos relacionados con las medidas de reducción del riesgo que se pueden incorporar en los PIP para evitar las pérdidas generadas por eventos ocasionados por el CC.

Los PIP evaluados corresponden a dos grandes tipos: aquellos que en sí mismos constituyen medidas de reducción del riesgo (MRR), como diques de contención o sistemas de información y aquellas obras de infraestructura nueva o de reconstrucción, como puentes o sistemas de saneamiento, que han considerado en su ejecución medidas específicas para reducir su vulnerabilidad.

Los criterios utilizados para la selección de los PIP analizados fueron: pertenencia a los sectores priorizados, afectación por fenómenos naturales climáticos, escala del proyecto, representatividad y disponibilidad de información. La variable clave para la selección fue esta última, debido a que las instituciones públicas todavía no cuentan con bases de datos organizadas sobre los proyectos realizados, situación que confirma una falta de memoria institucional en los sectores de la administración pública. A pesar de estas dificultades, es preciso reconocer la disposición de los funcionarios responsables, lo que permitió contar con expedientes completos para los ocho proyectos analizados cuya relación y ubicación se presenta en el cuadro 1 y el gráfico 1, respectivamente.

¹ Disponible en <www.unisdr.org/eng/hfa/docs/final-report-wcdr-spanish.pdf>.

² Véase <www.caf.com>.

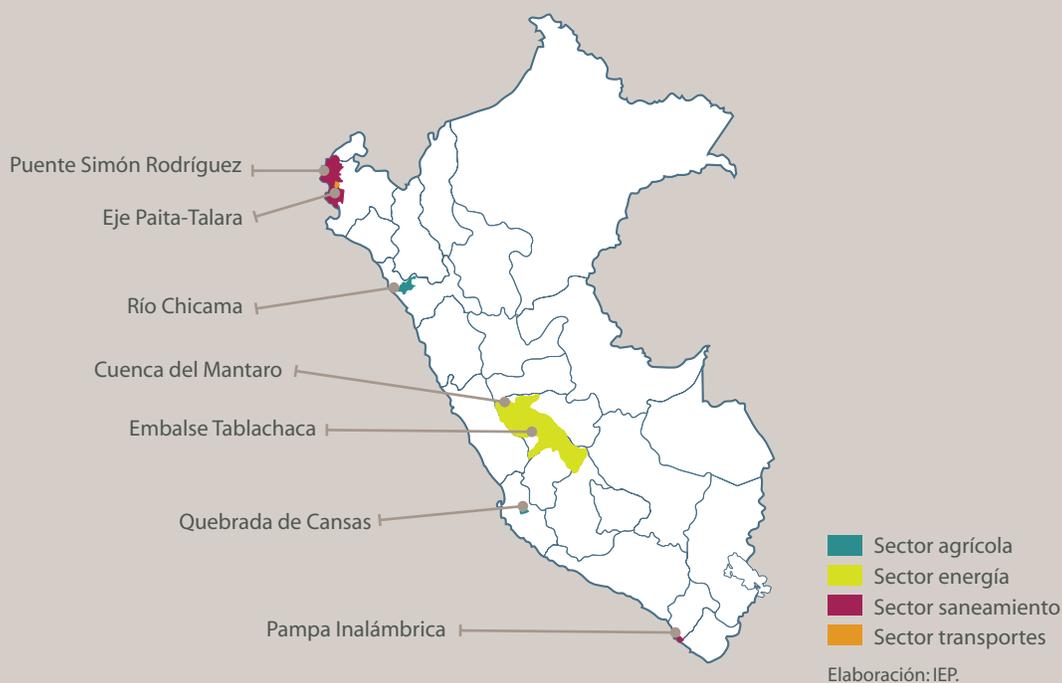
Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático. Una estimación de los costos y los beneficios de implementar medidas de reducción del riesgo



Cuadro 1. Proyectos seleccionados en el estudio

| Sector / Proyecto | Institución ejecutante | Región | Evento(s) que lo afectó(aron) | Tipo de proyecto | Monto total (miles de soles de 2007) |
|---|--|---------------------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Agricultura | | | | | |
| Dique con enrocado del río Chicama, sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa | Ministerio de Agricultura (Administración Central y Dirección Regional Agraria de La Libertad) | La Libertad | Inundación por desborde del río Chicama asociada al Fenómeno El Niño | El proyecto es una MRR: protección de áreas agrícolas e infraestructura de riego | 300 |
| Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas | Ministerio de Agricultura (Dirección Regional Agraria de Ica) | Ica | Inundación por desborde del río Ica asociada al Fenómeno El Niño | El proyecto es una MRR: protección de la población, las áreas agrícolas y la infraestructura de servicios | 1.250 |
| Energía | | | | | |
| Proyecto integral del embalse Tablachaca | Electroperú S. A. | Huancavelica | Derrumbes activados por lluvias intensas del Fenómeno El Niño | El proyecto mejorará la presa de regulación, incluye MRR | 69.095 |
| Proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y el sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro | Electroperú S. A. | Junín, Pasco, Huancavelica y Ayacucho | Lluvias intensas o sequías debidas a los fenómenos El Niño o La Niña | El proyecto es una MRR: conocimiento sobre los fenómenos hidrometeorológicos | 23.943 |
| Saneamiento | | | | | |
| Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el eje Paita-Talara | Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (Pronap) | Piura | Deslizamientos, erosión e inundaciones asociados al Fenómeno El Niño | Reconstrucción de la línea de conducción de agua potable del sistema Paita-Talara, incluye MRR | 6.065 |
| Reconstrucción de los caños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara | Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (Pronap) | Piura | Inundaciones por desbordes de quebradas asociadas al Fenómeno El Niño | Reposición de redes de agua y alcantarillado, incluye MRR | 3.081 |
| Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en la Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, Región Moquegua | Gobierno Regional Moquegua | Moquegua | Lluvias y crecidas del caudal del río Osmore | Mejoramiento del servicio de agua potable, incluye MRR | 23.352 |
| Transportes | | | | | |
| Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos | Provías Departamental | Piura | Crecida del caudal del río y socavación de las riberas | Reposición del puente, incluye MRR | 14.712 |

Gráfico 1. Ubicación de los proyectos seleccionados



El contenido del estudio se presenta en tres partes. En la primera se expone el marco conceptual y metodológico que ha orientado el análisis costo-beneficio (ACB) de las MRR frente a los peligros climáticos. Se revisan temas como vulnerabilidad, riesgo e indicadores de incertidumbre en asociación con el CC.

En la segunda parte se evalúa la rentabilidad social de las MRR frente a peligros climáticos, u otros generados por estos, incluidas en PIP que corresponden a los sectores priorizados: dos de agricultura, dos de energía, tres de saneamiento y uno de transportes, algunos proyectos son medidas de reducción del riesgo y la mayoría de reconstrucción.

Inicialmente se explican los supuestos generales asumidos y las limitaciones a tenerse en cuenta y, luego, en cada proyecto, tras una breve descripción de este, el AdR, las MRR que se implementaron, los costos de inversión, operación y mantenimiento del proyecto y de las medidas, se establecen los beneficios o los costos evitados y los indicadores de rentabilidad económica y social. Una de las principales limitaciones fue la disponibilidad de información, pese a esto se ha efectuado el ACB, asumiendo escenarios de riesgo basados en experiencias pasadas, especialmente aquellas que dieron lugar al proyecto de reconstrucción.

En la tercera parte se elabora una sistematización de los resultados encontrados en los casos analizados y se presentan propuestas metodológicas de estimación de los costos evitados para cada uno de los sectores analizados.

Finalmente, se plantean las conclusiones y las recomendaciones.



Sección 2

MARCO CONCEPTUAL

Para ubicar el análisis de los PIP seleccionados y derivar recomendaciones que permitan enriquecer los documentos preparados por el MEF es necesario revisar los temas que motivan y sustentan este estudio. Se inicia con una breve presentación del SNIP seguida de una discusión sobre los alcances del CC. Los temas económicos se introducen al discutir los siguientes tres tópicos: el cambio climático y el análisis del riesgo, los criterios centrales del análisis costo-beneficio y las metodologías para introducir el costo y los beneficios de las medidas de mitigación del riesgo.

2.1 CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD

El CC es un proceso en avance. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) siguen incrementándose de modo que sus concentraciones en la atmósfera son cada vez mayores, lo que ha elevado la temperatura del planeta (PNUMA 2002). Así, desde comienzos de la era industrial la temperatura promedio se ha incrementado en 0,7 °C y la tasa de aumento es creciente.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha proyectado distintos escenarios de incremento de la temperatura que van desde 1 hasta más de 5 °C de temperatura promedio del planeta para el siglo XXI. Este hecho trae como consecuencia un cambio en el clima mundial. El complejo sistema climático irá cambiando y se volverá aún menos predecible. Este es uno de los aspectos más complicados del CC, ya que aumentará la incertidumbre.

La vulnerabilidad ante el CC está altamente correlacionada con la pobreza. Los países más pobres, que tienen menores capacidades y recursos para adaptarse a los cambios, se verán seriamente perjudicados. Según se enfatiza en el último Informe sobre Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los cambios en los volúmenes de precipitación, la temperatura y la disponibilidad del agua impactarán sobre la producción agrícola, la seguridad alimentaria y la salud humana, sobre todo en los países

⁴ Ver Conam 2005a, 2005b, 2005c, 2005d, 2005e y 2005f.

⁵ Según un estudio de la Corporación Andina de Fomento (CAF 2000), el FEN 1997-1998 fue un evento atípico para el Perú, ya que rompió con patrones atmosféricos y oceánicos establecidos y produjo un comportamiento climático muy variado, tanto en espacio como en tiempo, no observado con anterioridad. Este evento desarrolló una gran intensidad en el Perú, siendo considerado como uno de los más fuertes ocurridos sobre el Pacífico Ecuatorial Central y Oriental en el último siglo (CAF 2000).



en desarrollo. Además, los efectos sobre los ecosistemas y la diversidad, el incremento en la frecuencia y la intensidad de los eventos meteorológicos contribuirán a este escenario.

El Perú, un país cuyo aparato productivo está concentrado en la costa, y que depende en gran medida del sistema climático, en especial del sistema hidrológico, puede sufrir graves consecuencias ante variaciones abruptas e impredecibles del clima. Sobre estos aspectos, el Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Calidad del Aire (Proclim) ha realizado estudios de diagnóstico climático, escenarios de cambio climático y de vulnerabilidad y adaptación en las cuencas de los ríos Mantaro, Piura y Santa.⁴

La cuenca del río Piura es una de las más vulnerables del Pacífico ante los eventos climáticos extremos debido a las anomalías océano-atmosféricas que se presentan en el Pacífico Ecuatorial Central y Occidental, donde se genera el Fenómeno El Niño (Conam 2005a). Con el Fenómeno El Niño (FEN) de 1997-1998⁵, en 1998 Piura exportó 23,5 millones de dólares menos de lo que exportó el año anterior. Asimismo, se reportaron afectaciones a la infraestructura de riego⁶ y vial⁷ (Conam 2005a). En la región Piura, 83% de los registros de desastres están ligados al clima, en el caso de la cuenca del río Piura este porcentaje es 87%. Los eventos predominantes son lluvias inusuales, inundaciones, epidemias y sequías.

En la cuenca del río Mantaro (Conam 2005c) se ha encontrado un incremento de la temperatura máxima de aproximadamente 1,3 °C en los últimos 50 años (0,24 °C por década). Igualmente, la frecuencia de las heladas presenta un aumento durante los últimos 40 años. En esta zona, uno de los principales problemas asociados al CC es la reducción de la disponibilidad de agua debido a la disminución de las precipitaciones. La producción de energía eléctrica se vería afectada por esta circunstancia, en particular se proyecta que en la zona del lago Junín, el principal reservorio, las precipitaciones disminuirán en 10%.

De otro lado, el estudio de la cuenca del río Santa (Conam 2005f) indica que, aunque en los próximos 50 años la disponibilidad del recurso hídrico será creciente por la mayor tasa de desglaciación de la cordillera, más adelante habrá una menor disponibilidad de agua, precisamente, debido a la reducción de las masas glaciares que actúan como reservorios naturales de agua. En ese momento se dependerá solo de las precipitaciones, que serán cada vez más impredecibles.⁸

En este contexto de cambios de las condiciones climáticas, la necesidad de adaptación de los países se presenta como inminente. Como indicaba Nordhaus (1993), la adaptación al CC más importante es la que realizarán los

⁶ Por ejemplo, el Consejo Transitorio de Administración Regional (CTAR) Piura reportó a Proclim daños en la infraestructura de riego de San Lorenzo por un monto de 4.026.726 dólares.

⁷ En Piura y Tumbes, la variabilidad climática asociada al FEN afectó las redes de vías de comunicación nacional, departamental y vecinal por montos de 158,5, 76,9 y 56,3 millones de nuevos soles, respectivamente. Asimismo, los daños en puentes alcanzaron los 88,2 millones de soles (A lo largo de todo el libro, para evitar su distorsión y permitir comparaciones válidas, se expresan los precios en soles constantes de 2007).

⁸ En este sentido, el uso de escenarios como los propuestos aquí u otros que consideran la variabilidad de otros elementos asociados a los proyectos (demanda, disponibilidad de recursos, etc.) contribuye a tener una mejor visión de la rentabilidad del proyecto.

agentes privados, respondiendo al cambio en los precios relativos, los ingresos relativos de la economía y las condiciones ambientales. La adaptación humana pasará por procesos descentralizados de reasignación de recursos: migraciones, reasignación del capital, modificación en el uso de la tierra, transformaciones tecnológicas, etc.

Sin embargo, existe un importante papel que el Estado debe cumplir en el proceso de adaptación frente a los posibles efectos que tendrá el CC. La reasignación de recursos también traerá consigo una redistribución del ingreso (Diamond 1993), por ello es fundamental que las políticas económicas tomen en consideración estos efectos. Invertir en medidas de reducción del riesgo (MRR) contribuye a salvaguardar los ingresos reales, sobre todo de los más pobres que carecen de activos que puedan ayudarlos a sobrellevar los efectos nocivos del CC que se manifiestan en desastres relacionados con peligros naturales como los considerados en este estudio.

Si bien los efectos del CC son inicialmente físicos, sus efectos finales son financieros y políticos. La presión social y política por protección frente a los efectos de los cambios en el clima puede ser inmanejable una vez que estos ocurren. Por ello las políticas de adaptación tomadas con antelación, en un momento en el cual las presiones políticas son menores, pueden contribuir al manejo del riesgo frente al CC, y así resguardar los ingresos reales y la gobernabilidad.

2.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO, EL RIESGO Y LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA

Con el desarrollo del SNIP se ha dado un paso adelante en el Perú para un uso eficiente de los recursos de todos los ciudadanos. El MEF es el responsable de su administración y ha desarrollado un conjunto de instrumentos y metodologías de evaluación de proyectos de inversión cuyo cumplimiento es exigido a quienes los diseñan y son responsables de su ejecución. La evaluación de proyectos se realiza asumiendo que tanto los costos como los beneficios tienen valores determinados. De ahí que se efectúe un análisis de sensibilidad que permite evaluar cómo varía la rentabilidad ante cambios en costos y beneficios.

Sin embargo, las actividades económicas se desarrollan en contextos de incertidumbre. No sabemos realmente cuál será la inflación el próximo año ni si surgirá un nuevo producto que reemplace totalmente nuestras necesidades de inversión. La incertidumbre puede ser incorporada en el análisis de la rentabilidad de un PIP a través del AdR que este puede enfrentar. En la actualidad, el MEF se encuentra en el proceso de adaptar los manuales para evaluación de los PIP con ese propósito.

Un PIP no solo enfrenta riesgos asociados al CC. Heladas, inundaciones y sequías son eventos de la naturaleza que pueden, o no, estar asociados a este. ¿Cómo pueden afectar los eventos naturales el proceso de decisión de la inversión pública? El tema es sencillo y complicado a la vez. De un lado, el principio básico de la economía que sostiene que todo beneficio implica un costo, coloquialmente conocido como «no hay lonche gratis», indica que frente a la diversidad de fines posibles y deseables los recursos deben dedicarse a los usos más rentables. De aquí surge la necesidad de evaluar los PIP que, al utilizar recursos públicos, es decir, de todos, deben justificar su pertinencia frente al resto de posibles destinos. Por lo tanto, no hay duda de que los proyectos deben evaluarse. Este es el aspecto sencillo.

De otro lado, el CC tiene ciertas características que es necesario tener en cuenta en el proceso de inversión pública, entre ellas la incertidumbre es la principal para efectos del análisis. En otras palabras, ni quien formula el proyecto ni quien lo evalúa saben cuándo un evento de la naturaleza, como una lluvia, una helada o una sequía, puede afectar una obra ni la intensidad probable de esa afectación. Se puede establecer la probabilidad de ocu-

rrencia de un evento sobre la base de información histórica y mediante la estadística. Este es el aspecto complicado.

La complejidad surge por varios motivos, aquí solamente se enfatizarán dos. Primero, el tema de la causalidad. ¿Son las lluvias de este año resultado del CC o son parte del proceso climático normal, sea este cual sea? ¿Es la reducción de la disponibilidad de agua en una determinada cuenca resultado de la reducción de lluvias de los últimos años o de la sequía de este? Segundo, el tema de la incertidumbre sobre el evento mismo. Ignoremos por un momento las probables causas y atribuyamos al CC el origen de las perturbaciones de cualquier evento natural asociado al clima —lo que excluiría los terremotos—. Todavía la ciencia no tiene certeza sobre la dirección del cambio en cada zona, aun cuando se conocen las tendencias generales. ¿Cómo se puede saber en qué punto del ciclo el proyecto y la obra pública se verán afectados por un evento climático?

La teoría económica sobre la cual se construye el proceso de evaluación de proyectos de inversión tiene algo que decir sobre cómo introducir la incertidumbre en las decisiones económicas. De hecho, cualquier decisión que se toma tiene resultados inciertos. No solo la información que se utilizó para tomar la decisión puede ser incompleta o estar equivocada —a pesar de todos los esfuerzos de los evaluadores— sino que inclusive con información actual completa puede ocurrir cualquier evento en fecha incierta y afectar los costos y los beneficios del proyecto.

Por ello existen situaciones en las cuales el análisis económico recomienda esperar para tomar decisiones. Si esperar antes de ejecutar el proyecto brindará más información que permita reducir el riesgo, la decisión económica eficiente será hacerlo. Sin embargo, la magnitud de las necesidades de la población exige evaluar hoy y ejecutar cuanto antes proyectos de inversión que contribuirán a elevar el bienestar de las personas. ¿Cómo se hace la evaluación de proyectos en este contexto? ¿Cómo se introduce el riesgo?

Es importante distinguir en el análisis cuánto afecta los costos y cuánto afecta los beneficios del proyecto. En primer lugar, se debe considerar los costos: a los costos de la obra y la gestión se les tiene que agregar el denominado «valor esperado» de los costos de demora en la terminación de la obra.⁹ Se habla de valor esperado porque es un costo que solo se realizará si ocurre un evento negativo durante la construcción que obligue a demorar la culminación de la obra. Junto a estos costos, se encuentran los costos de reconstrucción, en caso el evento negativo ocurra cuando la construcción ya ha terminado y la obra está en fase de utilización. Nuevamente, se tiene que considerar el valor esperado del costo de reconstrucción debido a que es un evento incierto, pero probable, que la obra deba reconstruirse.

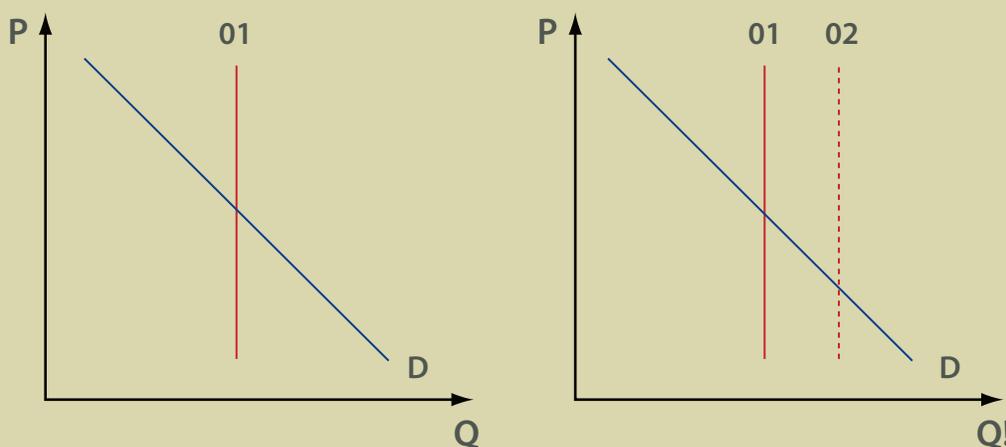
El otro componente de la evaluación de proyectos es la determinación de beneficios. De manera similar a los costos, si la obra no se concluye, los beneficios no se podrán realizar; si el evento negativo ocurre durante la fase de utilización, la pérdida de actividades económicas que el proyecto ayuda a realizar será contada como costo del proyecto, y ya no como beneficio.

Todas estas consideraciones pueden ser introducidas de manera sistemática y formal en la evaluación de proyectos a través del AdR de desastre. Este exige identificar el riesgo que un proyecto puede enfrentar e introducir en el análisis de rentabilidad los valores esperados de costos y beneficios inciertos. Para introducir el riesgo es necesario tener un registro de eventos y calcular las probabilidades de ocurrencia, de manera similar a cómo se calcula la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento que dependa del azar.

Tanto los PIP de reducción del riesgo como cualquier componente de reducción de este que forma parte de un PIP más amplio incrementan el nivel de seguridad ante eventos catastróficos climáticos o hidrometeorológicos. Otra manera de examinar el problema del ACB de las medidas de mitigación frente al riesgo es concebir el nivel de seguridad frente al riesgo como un bien público. Así, un incremento del nivel de seguridad frente al riesgo

ocurrirá de manera discreta y será inelástico al precio. Es aquel que formula la política pública quien toma la decisión sobre el nivel de seguridad frente al riesgo para un determinado servicio u obra. Esta idea puede apreciarse en el gráfico 2, con el incremento de oferta de seguridad frente al riesgo mostrado por el desplazamiento de la oferta desde O1 hasta O2. El nivel de oferta de seguridad es definido por la autoridad.

Gráfico 2. Nivel de oferta de un bien público



Elaboración: IEP.

2.3. EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO, INDICADORES E INCERTIDUMBRE

2.3.1. La evaluación social de proyectos: a propósito del excedente del productor y del consumidor

En el marco de la teoría del bienestar existe la figura del planificador social cuyo objetivo es maximizar el bienestar económico de todos los miembros de la sociedad. La medida que se utiliza para ello es el excedente total, definido como la suma del excedente del consumidor y del productor (Mankiw 2007). Asimismo, dentro de los postulados de la economía del bienestar presentados por Harberger (1971) encontramos que «... los costos y beneficios económicos se consideran sin importar quiénes son los beneficiados o perjudicados».¹⁰ El ACB se fundamenta en el test de compensación potencial: un proyecto se justifica si los beneficiarios pueden compensar a quienes incurren en pérdidas, aun cuando de hecho la compensación no ocurra.

Fontaine (1999) indica: «... la evaluación social de proyectos consiste en comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implican para la sociedad; es decir, consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad». Los factores por los que la evaluación social puede diferir de la privada son varios. El primero se relaciona con la diferencia entre los precios y los costos sociales de capital y sus correspondientes valores privados. Además, la evaluación social incluye, a diferencia de la evaluación privada, los beneficios y los costos sociales indirectos y los beneficios y los costos intangibles relacionados con el proyecto. Se indica además que la evaluación privada de proyectos subestima su valor social pues no considera los recursos liberados, o ahorrados, tanto para los consumidores —excedente del consumidor— como para los productores —excedente del productor— (Fontaine 1999). En este estudio se consideran los costos y los beneficios de consumidores y productores.

¹⁰ Harberger 1971, citado en Beltrán y Cueva 2007.

En el marco del SNIP, la evaluación social de los PIP indica que para la realización de la evaluación social de las alternativas de un proyecto se deben incluir sus flujos de ingresos, costos y costos de operación y mantenimiento. Además, se establece que inicialmente se realice la evaluación económica a precios de mercado para, posteriormente, realizar la evaluación de costos netos a precios sociales. La conversión de los flujos económicos a precios de mercado en flujos a precios sociales se realiza mediante el uso de los factores de corrección correspondientes para los diferentes tipos de bienes y servicios considerados (MEF 2003 y 2006).

La evaluación de las MRR ha sido realizada utilizando la metodología del ACB que consiste en el análisis de la rentabilidad social del proyecto sobre la base de la comparación del valor actual de sus costos sociales y sus beneficios para el conjunto de la sociedad. Para ello es necesario monetizar los costos y los beneficios relevantes del proyecto de modo que se puedan introducir en el flujo de caja (Beltrán y Cueva 1999). A partir de los costos y los beneficios cuantificados se construye los flujos generados por la existencia de las MRR. En el caso de los ingresos, o los beneficios, se trata de los costos evitados que surgen por la existencia de los proyectos.¹¹

2.4. MÉTODO DE CÁLCULO DE BENEFICIOS: COSTO EVITADO

En la literatura sobre el ACB 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 (Dixon 1994). Así, los costos evitados por la inclusión de las MRR en los PIP mencionados líneas arriba son los beneficios de la inversión en reducción del riesgo. Dada la naturaleza de los proyectos estudiados en este trabajo, se han identificado los siguientes tipos de beneficios (DGPM 2007b):

- Costo evitado de la reconstrucción o la rehabilitación.
- Costo evitado de la pérdida de vidas humanas y el empeoramiento de las condiciones sociales.
- Costo evitado por gastos en enfermedades (menos casos de enfermedades).
- Costo evitado de atender la emergencia.
- Beneficios directos por no interrumpir la actividad de proyecto (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto).
- Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto).
- Beneficios por optimización de recursos frente a variaciones climáticas.

Desde el punto de vista teórico, el tipo de bien que se provee con las inversiones para reducir el riesgo es la protección a la economía, es decir, a los agentes económicos (familias, empresas, sector público) contra eventos hidrometeorológicos que tienen consecuencias adversas sobre la salud, la producción, la productividad, la distribución del ingreso, etc. Así, la inversión en MRR provee mayores niveles de un bien público que llamaremos «seguridad».

Este bien público, que genera externalidades positivas sobre los agentes económicos, no tiene un mercado que revele su precio y cuánto están dispuestos a pagar los agentes económicos por él. Por esta razón, es necesario recurrir a los métodos de valoración económica para bienes sin mercado. El que un bien público no tenga mercado no quiere decir que no esté relacionado con bienes que sí lo tienen (Azqueta 1994).

Los enfoques objetivos de valoración están basados en relaciones físicas que describen las relaciones causa-efecto y proveen medidas objetivas de los daños (Dixon et al. 1994) resultantes de la ocurrencia de eventos hi-

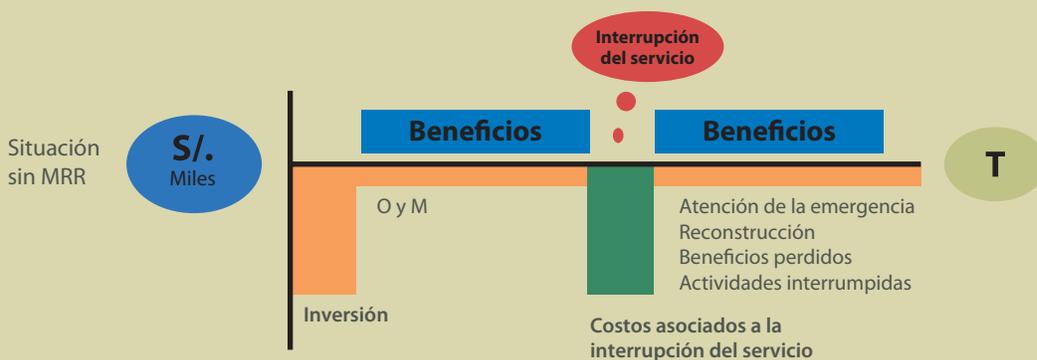
¹¹ Se asume que los proyectos de reducción del riesgo logran cumplir con éxito los objetivos que se indican en cada caso, es decir, que el diseño de ingeniería es adecuado. Ver en el siguiente acápite los tipos de beneficios que se consideran.

drometeorológicos con consecuencias dañinas. A partir de funciones de daño físico a la infraestructura o la salud que relacionan el evento catastrófico y sus consecuencias, se valoran los costos evitados.

En este caso, el método de costo evitado asume que el bien «seguridad» forma parte de la función de producción del PIP como un insumo.¹² Así, de incluirse y realizarse la MRR, el proyecto de inversión pública queda protegido. En los PIP, los bienes y los servicios públicos provistos tendrían en su función de producción este insumo que, a su vez, debe ser provisto por el Estado, precisamente por su carácter de bien público.

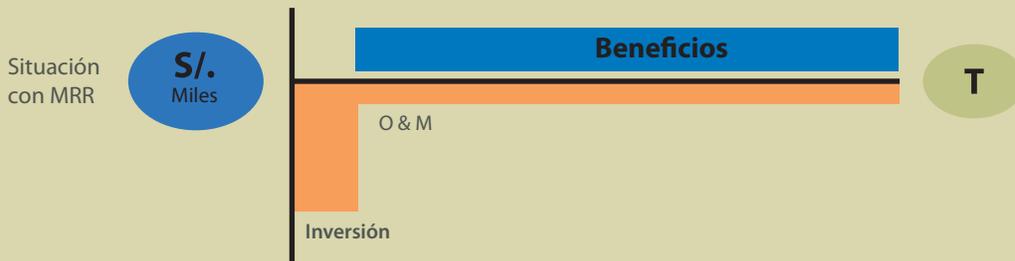
Para ilustrar el proceso de identificación de los beneficios asociados a las MRR se presentan los gráficos 3, 4 y 5.¹³

Gráfico 3. Situación sin MRR



En el gráfico se considera como escenario la situación que se originaría de no incluirse las MRR, asumiendo que la probabilidad de que impacte un peligro sea mayor que 0. Se observa que se deja de generar los servicios y, por tanto, los usuarios dejan de percibir los beneficios, además, mientras dura la interrupción del servicio se incurrir en costos para atender la emergencia y, posteriormente, en costos de rehabilitación o reconstrucción.

Gráfico 4. Situación con MRR

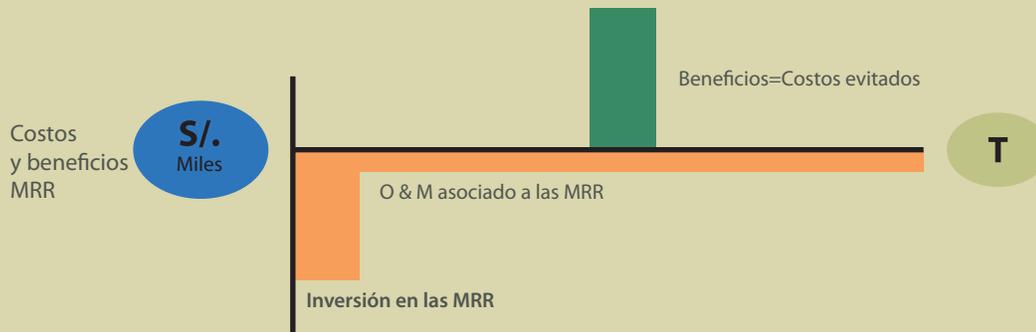


En el gráfico se ilustra la situación que ocurre al incluirse las MRR, pese a que el peligro ocurra, este no afectará al proyecto y los beneficios son sostenibles, pero se incurrirá en mayores costos de inversión, operación y mantenimiento de estas medidas.

¹² Adaptado y particularizado para este trabajo sobre la base de la definición general de Azqueta 1994.

¹³ Aplicación del análisis beneficio-costos de las medidas de reducción del riesgo (presentación PPT del PDRS-GTZ), Taller «Análisis del riesgo de desastre en los proyectos de inversión pública con énfasis en los fenómenos relacionados con el cambio climático», Lima, diciembre de 2008.

Gráfico 5. Costos y beneficios de MRR



El gráfico ilustra los resultados de comparar las dos situaciones anteriores: el escenario de ocurrencia del desastre porque no se han aplicado las MRR¹⁴ y el escenario de aplicación de las MRR. Se observa que los flujos incluyen los costos de inversión, operación y mantenimiento asociados a las MRR, mientras que los beneficios están constituidos por los costos evitados.

Indicadores de rentabilidad

Para determinar la rentabilidad de la medida de reducción del riesgo se utiliza el valor actual neto (VAN), que es el valor presente de los beneficios netos que genera el proyecto, indicador que considera el valor del dinero en el tiempo. La tasa de descuento utilizada (11%)¹⁵ corresponde a la tasa social de descuento indicada en los parámetros de evaluación del SNIP (Anexo SNIP 09). Esta tasa «castiga los costos y beneficios futuros debido al tiempo que tiene que transcurrir para que se hagan efectivos» (Beltrán y Cueva 2007). La interpretación del VAN varía dependiendo del valor que tome:

| | |
|---------|---|
| VAN > 0 | La MRR es rentable respecto de los costos requeridos para su implementación. Su implementación es conveniente para la sociedad. |
| VAN = 0 | Los costos y los beneficios de las MRR son iguales. La decisión es implementarlas o asumir la ocurrencia del desastre pero mejorando la capacidad de respuesta y recuperación (la resiliencia). |
| VAN < 0 | Los beneficios asociados a las MRR son menores que sus costos, por lo que no son rentables. Las MRR no se aplican pero, si el PIP es rentable socialmente pese al daño esperado, es imprescindible la aplicación de medidas que incrementen la resiliencia del PIP. |

¹⁴ En la misma lógica del SNIP, comparación de la situación sin proyecto y la situación con proyecto.

¹⁵ Aplicable a la evaluación social.

Para medir la rentabilidad promedio anual de las MRR se utiliza la tasa interna de retorno (TIR). En este caso, los intervalos relevantes para su análisis son:

| | |
|-------------------------|--|
| TIR > tasa de descuento | Al ser la TIR mayor que el costo de oportunidad de los recursos invertidos, el rendimiento es positivo y por tanto se debe aplicar las MRR. |
| TIR = tasa de descuento | Al ser ambas tasas iguales, es indiferente la elección entre realizar la inversión o utilizar los recursos en otras alternativas. De no aplicar las MRR se debe mejorar la resiliencia del PIP. |
| TIR < tasa de descuento | Al ser la tasa menor al costo de oportunidad de los recursos, es más conveniente utilizar los recursos en otras alternativas de inversión. Nuevamente se señala que de ejecutarse el PIP, debe mejorarse su resiliencia. |

El ratio beneficio/costo (B/C) muestra la relación entre el valor actual de los ingresos y los costos que genera el proyecto. Es el cociente que resulta de dividir los valores actuales de los beneficios y los costos. Los intervalos de interpretación son:

| | |
|----------|---|
| B/C > 1 | Corresponde a una situación en la que el valor presente de los ingresos es mayor al valor presente de los costos. Esta situación es equivalente a obtener un VAN mayor que cero o una TIR mayor que la tasa de descuento utilizada. |
| B/C = 1: | Los valores actuales de los costos y los beneficios son iguales, por lo que es indiferente realizar la inversión. Situación equivalente a VAN igual a cero o TIR igual a la tasa de descuento. |
| B/C < 1: | El ratio beneficio/costo es menor a 1 cuando el valor actual de los beneficios es menor al de los costos. Situación equivalente a VAN negativo o TIR menor a la tasa de descuento. |

Con el objetivo de eliminar el efecto de la inflación en el análisis de las medidas de reducción del riesgo, los datos sobre costos y beneficios han sido deflatados y expresados en soles de 2007, siguiendo la metodología para la elaboración del índice de precios al consumidor publicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI s. f.). La fórmula utilizada para ello es:

$$\text{Valor_real}_{2007} = \frac{\text{Valor_nominal}}{\frac{\text{IPC}_t}{\text{IPC}_{2007}}}$$

La incertidumbre

La inclusión de la incertidumbre en el ABC puede realizarse introduciendo un componente estocástico que requiere conocer la función de distribución del evento aleatorio; lo que demanda información muy precisa de larga data y difícil de conseguir (Encuentro Hemisférico 2007). Debido a la reducida información histórica con que se cuenta y a la especificidad que se demandaría en términos geográficos, la incorporación de la incertidumbre se hace a partir de escenarios y distintas probabilidades de ocurrencia de los eventos y diversos niveles de efectividad de las MRR para proteger las inversiones públicas de los eventos hidrometeorológicos. Si bien las MRR se diseñan para ser efectivas ante un determinado nivel de peligro, se utilizan los escenarios relacio-

nados con su nivel de efectividad para probar la sensibilidad de los resultados ante la ocurrencia de eventos de mayor intensidad a la tomada en cuenta para el diseño de las medidas.¹⁶

Las MRR funcionan como un seguro, pues cambian la función de distribución de los pagos haciéndola más homogénea. Las MRR serán económicamente rentables si, considerando el valor del dinero en el tiempo, sus costos de implementación, operación y mantenimiento son menores que los beneficios que brindan (costos evitados básicamente), tal como se observa en la siguiente ecuación:¹⁷

$$CM + \sum_t \frac{(O \& M)_t}{(1+i)_t} \leq \sum_t \frac{p_t * (CERR + CEAT + CEVC + CET + BNP)_t}{(1+i)_t}$$

Donde:

| | |
|-------|---|
| CM | Costo de la MRR |
| O & M | Costo de operación y mantenimiento de la MRR |
| i | Tasa social de descuento |
| p | Probabilidad de ocurrencia del evento |
| t | Periodo |
| CERR | Costo evitado de reconstrucción y rehabilitación |
| CEAT | Costo evitado de atención de la emergencia |
| CEVC | Costo evitado de pérdida de vidas humanas y condiciones sociales |
| CET | Costo evitado de tratamiento de enfermedades |
| BNP | Beneficios no perdidos por no interrumpir la actividad del proyecto |

Tal como se puede observar en la ecuación, conforme aumente la probabilidad de ocurrencia de los eventos aumentarán también los beneficios de las MRR.

Las probabilidades de ocurrencia del evento definen los valores esperados de los beneficios futuros.¹⁸ Asimismo, las probabilidades de éxito de las MRR ponderan los beneficios. Cuando la probabilidad de éxito no es total (no es 100%) la ganancia en beneficios tampoco lo es y se tiene un beneficio esperado correspondiente a la efectividad de la medida.

Se ha mencionado el AdR en los PIP como un elemento importante en la evaluación del riesgo. Según las pautas metodológicas en uso (DGPM 2007b), la determinación del nivel del riesgo que enfrenta un PIP requiere que previamente se determine distintos escenarios de peligro y su grado de vulnerabilidad.

En el primer caso, la determinación de los escenarios de peligro requiere información que permita establecer la frecuencia y la severidad de los eventos adversos que podrían ocurrir en el horizonte de vida útil del PIP. Como se verá en el análisis por proyecto en la segunda parte de este documento, una de las bases de datos más importantes con que se cuenta¹⁹ es una fuente de información cuyo nivel más desagregado de información se presenta por distrito. Esto no permite identificar claramente la frecuencia ni la severidad de los eventos en algunas localidades más pequeñas que el distrito. Además, la estimación de la severidad del peligro requiere información sobre la probable intensidad, duración y área de impacto del peligro. No ha sido posible encontrar este tipo de información en esa base de datos, ni en la información proporcionada por los sectores ni en las entrevistas realizadas.

¹⁶ Debido a que se espera que el cambio climático aumente la frecuencia y la intensidad de los fenómenos hidrometeorológicos se considera que es importante evaluar las MRR en este tipo de escenarios (Ver también nota 1).

¹⁷ Sobre la base de DGPM-MEF (2010).

¹⁸ Al tratarse de los costos evitados que hubiera ocasionado la ocurrencia de un fenómeno natural, estos se hacen efectivos ante la ocurrencia de dicho fenómeno.

¹⁹ Base de datos de desastre DesInventar elaborada por la ONG ITDG (International Technology Development Group) Soluciones Prácticas.

Asimismo, la vulnerabilidad de un PIP se explica por tres tipos de factores (DGPM-MEF 2007a y 2007b):

- Exposición: está en función de la ubicación del PIP o de algunos de sus componentes en el área del probable impacto de un peligro, es decir de su localización.
- Fragilidad: referida a las condiciones con las que se enfrentaría el peligro, la susceptibilidad a sufrir daños ante su impacto o el grado de resistencia frente a este. Está asociada con las tecnologías constructivas y de operación, principalmente con la pertinencia del diseño y los materiales utilizados.
- Resiliencia: está en función de la capacidad para asimilar el impacto del peligro, la atención de la emergencia y la recuperación de la producción. Se relaciona con la organización y la gestión del PIP.

Todos estos elementos requieren de una calidad de información que no ha sido posible conseguir para el estudio, ya sea porque la memoria institucional del proyecto ha sido corta, porque hubiera sido necesario hacer trabajo de campo o entrevistas in situ, los proyectos son muy antiguos o la información no existe. Por estos motivos no se ha incorporado todo el proceso de AdR que enfrentan los PIP estudiados, habiéndose planteado supuestos y escenarios sobre la base del entorno que les dio origen. En la medida que se requiere establecer recomendaciones de contenido práctico para los evaluadores se puede justificar esta opción.

Foto 1. Pozo Nuñez – Morropón, Piura. Rehabilitación de pozos de agua en áreas de sequía.





Sección 3

EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS

3.1. SUPUESTOS

Respecto del grado de atribución de los fenómenos hidrometeorológicos relacionados con los proyectos analizados al CC, el estudio se ha realizado con el supuesto de que este afectará la intensidad y la frecuencia de dichos fenómenos.

El AdR de los proyectos, por restricciones en la disponibilidad de información, se limita a la identificación de los peligros y sus causas, así como de los factores que explicarían la vulnerabilidad preexistente que dio origen al desastre y podría volverse a generar en la ejecución del proyecto si no se adoptan medidas correctivas. Se usó la información de los estudios y los expedientes técnicos a los que se tuvo acceso y la proveniente de entrevistas a los responsables del sector pertinente.

Los daños y las pérdidas probables, el riesgo de desastre en los proyectos y las correspondientes medidas de reducción de estos se identificaron de manera amplia, aun cuando en el estudio no se estimaron todos los costos que se generarían por el desastre futuro y los proyectos no implementaron todas las posibles medidas.

Los costos de inversión de las MRR se estimaron sobre la base de los desagregados de los costos de inversión del PIP disponibles en los estudios o las estimaciones basadas en la opinión de especialistas consultados. En los casos en los cuales no se contó con información sobre los costos de operación y mantenimiento se atribuyó a estos rubros el 10% del monto total de inversión correspondiente a las MRR.

Los beneficios de estas medidas se calcularon por el método del costo evitado sobre la base de la estimación del riesgo, es decir del valor de los daños y las pérdidas probables si el peligro impactase sobre el PIP o algunos elementos de este. Como se señaló en el marco conceptual, este método establece una equivalencia entre beneficios y costos evitados, de tal modo que cualquier costo que se evita como consecuencia de ejecutar medidas mitigadoras del riesgo se convierte en un beneficio. Así, las pérdidas evitadas al ejecutar las medidas de 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 los costos involucrados en suministrar el servicio económico mientras el proyecto esté paralizado se consideran como un beneficio atribuible a la medida de mitigación. De no realizarse esta medida, no se podrían evitar estos costos causados por el impacto del evento hidrometeorológico.

La estimación del riesgo (daños y pérdidas probables), que es la base para determinar los costos evitados, se hace ante el escenario de que un nuevo evento impacte al proyecto de manera similar a lo que ocurrió en el pasado (proyectos de reconstrucción o protección) o tomando como referencia casos similares y la opinión de los profesionales consultados a propósito de este estudio.

Las variables con mayor incertidumbre son la probabilidad de que ocurra un peligro durante el horizonte de evaluación, el periodo en el que impactaría y la severidad de este (del que depende la magnitud de los daños y las pérdidas); por lo cual es necesario considerar distintos escenarios para la evaluación de las MRR.

La inclusión de la incertidumbre respecto de la ocurrencia de los eventos responde al objetivo de introducir el valor de los recursos invertidos en las MRR en el análisis, pues el ubicar los beneficios en años posteriores a la inversión permite que, a través de la tasa de descuento que representa el costo de oportunidad de los recursos en el tiempo, estos se vean reducidos.

Para la evaluación de la rentabilidad social se ha considerado seis escenarios definidos por la probabilidad de la ocurrencia y la efectividad de las MRR (cuadro 2).

En el primer escenario se asume que el evento ocurrirá en el año 5. En el segundo escenario, si bien se desconoce con certeza cuándo ocurrirá el evento, se espera que sea dentro de los primeros 5 años, por lo que se asigna la probabilidad de ocurrencia del evento de 20% a cada uno de los años 1 a 5. En estos dos escenarios se plantea que la medida de mitigación evita por completo los efectos nocivos de los eventos. Los escenarios tercero y cuarto introducen como diferencia que la efectividad de las MRR se reduce a 80%.²⁰

Finalmente, se plantean dos escenarios adicionales que se vinculan con la probabilidad de ocurrencia del peligro en el último año de un horizonte de evaluación más amplio (año 10) con variantes en la efectividad de las medidas.

²⁰ Se decidió asignar al año 5 para la ocurrencia de los eventos en los escenarios 1 y 3 para obtener resultados comparables a los de DGPM-MEF (2010). Pero de existir información histórica detallada sobre la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos (o predicciones sobre su frecuencia en los próximos años) podrían plantearse periodos de tiempo distintos con el fin de construir escenarios más realistas para la evaluación.

Cuadro 2. Escenarios considerados en los proyectos seleccionados

| Escenario | Probabilidad de ocurrencia | Efectividad de la medida de reducción del riesgo | Observaciones |
|-------------|----------------------------|--|---|
| Escenario 1 | 100%, año 5 | 100% | |
| Escenario 2 | 20%, años 1 a 5 | 100% | El evento tiene la probabilidad de ocurrencia de 20% en cada uno de los años considerados |
| Escenario 3 | 100%, año 5 | 80% | |
| Escenario 4 | 20%, años 1 a 5 | 80% | El evento tiene la probabilidad de ocurrencia de 20% en cada uno de los años considerados |
| Escenario 5 | 100%, año 10 | 100% | |
| Escenario 6 | 100%, año 10 | 80% | El evento tiene la probabilidad de ocurrencia de 20% en cada uno de los años considerados |

Elaboración: IEP.

Los gráficos 6a y 6b muestran dos de los escenarios planteados.

Gráfico 6a. Escenario 1

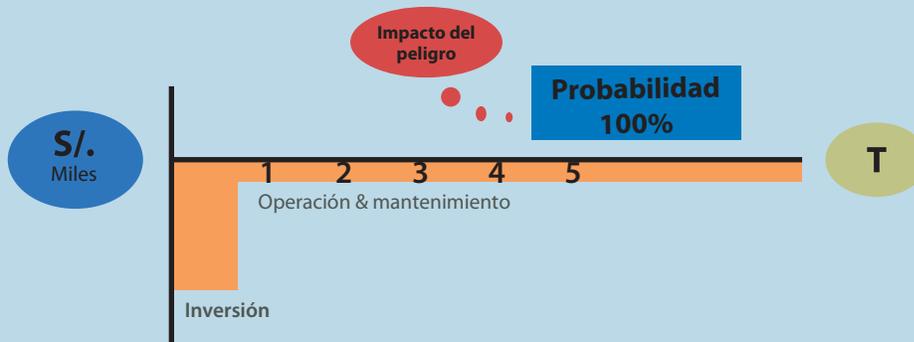
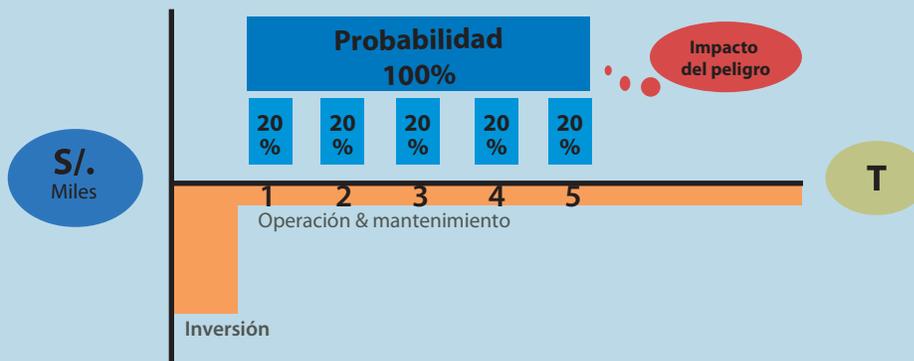


Gráfico 6b. Escenario 2



En todos los proyectos analizados se utiliza un horizonte de evaluación de 11 periodos: inversión en el año 0 y 10 periodos de costos de mantenimiento y beneficios, de este modo se sigue la metodología establecida por el MEF para la evaluación de los PIP. Este horizonte de evaluación se mantiene en los distintos escenarios analizados pues lo que se busca es comparar los resultados.

La evaluación de la rentabilidad económica de las MRR fue realizada utilizando los indicadores conocidos de evaluación de proyectos de inversión: valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y ratio beneficio/costo. Se construyeron cuatro escenarios que varían tanto por el momento de ocurrencia del evento negativo como por la efectividad de las medidas de mitigación.²¹

Se ha procedido, de acuerdo con este marco conceptual, a efectuar la evaluación económica y la evaluación social del proyecto,²² el segundo caso considera las normas del SNIP que establecen que la declaración de viabilidad de un PIP se basa en la rentabilidad social, la sostenibilidad y la consistencia con las políticas. En el anexo 1 se presenta los flujos netos de cada uno de los proyectos.

Finalmente, otra forma de abordar la incertidumbre ha sido estimar la probabilidad de ocurrencia del peligro en el año 10 por debajo de la cual la implementación de las MRR no sería rentable socialmente o el nivel de costos evitados daría ese mismo resultado. Esto lleva a señalar que es posible que el costo de la implementación de estas medidas no se vea compensado por los costos evitados; en este caso, si el proyecto es de reducción del riesgo no debería ejecutarse y si incluye medidas de mitigación se ejecutaría si es rentable socialmente a pesar de los daños y las pérdidas que se generarán de ocurrir el desastre. En ambos casos, se deberá incluir medidas que mejoren la resiliencia, es decir, la capacidad de respuesta a la emergencia, asimilación del impacto y la rápida recuperación de la capacidad operativa.

3.2. SECTOR AGRICULTURA

3.2.1. Dique con enrocado del río Chicama, sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa

Esta obra de protección de áreas agrícolas e infraestructura de riego consiste en trabajos de defensa ribereña —dique de 660 metros— en el distrito de Chicama, provincia de Ascope, región La Libertad. El objetivo es reducir el alto riesgo de pérdidas por inundación y erosión de la superficie agrícola e infraestructura de riego en la margen izquierda del río Chicama, sector Toma Chiclín-Cartavio. Las causas del alto riesgo se deben a la erosión de los suelos en la parte alta de la cuenca por malas prácticas agrícolas que originan la colmatación del cauce del río Chicama y la ubicación de los terrenos agrícolas y la infraestructura de riego expuesta a desbordes e inundaciones en la margen izquierda del río.

La obra permite la protección de 117,14 hectáreas de terreno agrícola, además de la protección de la infraestructura de riego (toma Cartavio y canal Chiclín) que incluye 12.677,5 hectáreas. La población directamente beneficiada con el proyecto es de 380 personas pertenecientes a 95 familias de agricultores de la Comisión de Regantes Santiago de Cao, parte de la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chicama.

Esta obra es ejecutada por la Administración Central del Ministerio de Agricultura (MINAG) a través de la Dirección Regional Agraria La Libertad. El MINAG aporta 240 mil soles mientras que los usuarios proveen 60 mil soles, es decir, la inversión total es de 300 mil soles.

²¹ La determinación del riesgo requiere especificar previamente el nivel de vulnerabilidad y el grado de peligro; sin embargo, al no ser posible la determinación del grado de vulnerabilidad y la severidad del peligro, se pretende reflejar la incertidumbre en el grado de efectividad de la MRR.

²² Para la evaluación de la rentabilidad social de las medidas se ha contado con el apoyo del PDRS-GTZ.

Análisis del riesgo

Como ya se mencionó en los supuestos del ACB no se pudo disponer de información que permitiese conocer la severidad del peligro y el grado de vulnerabilidad; por esta razón, solo se identifican los factores de riesgo existentes «sin proyecto». Así, se ha identificado como peligro el desborde del río Chicama que afectaría áreas agrícolas y la infraestructura de riego, así como las probables causas que lo generan. Las crecidas del río son recurrentes en la zona por la topología y la morfología del valle, la ubicación y las propiedades morfológicas del cauce del río Chicama y sus regímenes hidrológico e hidráulico.

Según el cuadro 3, elaborado a partir de la base de datos DesInventar,²³ se conoce que el distrito de Chicama ha sido afectado por lluvias e inundaciones, especialmente las ocasionadas por el FEN en el periodo 1983-1998. Estos eventos afectan principalmente la actividad agrícola y el transporte.

Cuadro 3. Fenómenos naturales registrados en el distrito de Chicama, provincia de Ascope, región La Libertad, 1970-2003

| Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|-------------------------|-----------------|-----|---|------------|--|
| 1977 | 4 | 7 | 1 | Inundación | Lluvias |
| 1983 | 4 | 1 | 1 | Inundación | FEN |
| 1996 | 5 | 28 | 2 | Marejada | Perturbaciones tropicales atmosféricas |
| (Pacífico Sur Oriental) | 20%, años 1 a 5 | 80% | El evento tiene la probabilidad de ocurrencia de 20% en cada uno de los años considerados | | |
| 1997 | 12 | 10 | 0 | Lluvias | FEN |
| 1998 | 1 | 13 | 0 | Lluvias | FEN |
| 1998 | 2 | 10 | 1 | Inundación | FEN |
| 1998 | 2 | 23 | 0 | Inundación | FEN |
| 1998 | 2 | 25 | 0 | Inundación | FEN |
| 1998 | 3 | 11 | 1 | Inundación | FEN |
| 1998 | 3 | 17 | 1 | Inundación | FEN |
| 2000 | 10 | 23 | 30 | Sequía | Falta de lluvias |

Fuente: DesInventar.
Elaboración: IEP.

Respecto de la vulnerabilidad, se identifican los factores que incidirían en esta. La vulnerabilidad se genera en la exposición de las tierras agrícolas y la infraestructura en la zona de la margen izquierda del tramo Toma Chiclín-Cartavio a socavación e inundaciones por desbordes del río debido al incremento de su caudal en épocas de avenidas. De acuerdo con la información recabada se asume que la infraestructura de riego (estructura de captación, línea de conducción) ubicada en la zona no posee condiciones (diseño, materiales, etc.) que la hagan resistente a los peligros mencionados; igualmente la aplicación de prácticas y tecnologías inadecuadas para el uso de suelos y el manejo de cultivos hacen vulnerable la actividad agrícola.

Los daños y las pérdidas probables que se generarían por el impacto del peligro sobre las unidades expuestas se identifican sobre la base del desastre ocurrido previamente, tomando como base la información proporcio-

²³ Disponible en <www.desinventar.org/sp/usuarios/suramerica/pe.html>, la base de datos tiene registros desde 1970 hasta 2003.

nada por funcionarios del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación (Perpec) que fueron consultados. En el gráfico 6b se señalan los probables daños y pérdidas de ocurrir un evento similar al de 1997-1998 asociado al FEN.

Sobre la base del AdR se plantea las MRR, considerando los factores de peligro y vulnerabilidad. En relación al peligro es posible intervenir en las causas que generan el desborde del río y que se relacionan no solo con las lluvias intensas (fenómeno natural) que incrementan el caudal, sino también con las causas que contribuyen con la disminución del tirante del cauce.

En relación con la vulnerabilidad, las medidas deben orientarse a reducir la exposición de las áreas agrícolas, incrementar la resistencia de las unidades expuestas y reducir la probabilidad de inundación construyendo estructuras de protección y organizando y gestionando en forma adecuada a los beneficiarios y el servicio de riego, lo que permitirá mejorar la resiliencia y dar sostenibilidad a las MRR (por ejemplo, el mantenimiento de la estructura de protección).

El gráfico 7 sistematiza el análisis precedente.

Gráfico 7. Dique con enrocado del río Chicama: AdR del proyecto

Medidas de reducción del riesgo

Peligro: desbordes del río

- Malas prácticas agrícolas en cuenca alta y media generan erosión de suelos y material de arrastre que colmata el cauce y disminuye el tirante.
- Lluvias intensas generan desborde del río.

Vulnerabilidad

- Exposición: áreas agrícolas, infraestructura de riego, ubicadas en el área inundable.
- Fragilidad: prácticas y tecnologías inadecuadas para el uso de suelos y manejo de cultivos. Inadecuado diseño de la infraestructura hace susceptible a sufrir daños por desborde.
- Resiliencia: débil organización y desarticulación entre actores de la parte baja y alta de la cuenca; productores con baja capacidad de recuperar suelos y capital de trabajo. Junta de regantes no dispone de planes de contingencia y emergencia, escasos recursos financieros por falta de pago de tarifa.

Daños y pérdidas probables (riesgo)

- Inundación de áreas agrícolas
- Pérdidas de producción de caña de azúcar y maíz amiláceo.
 - Pérdidas de suelos.

Daños en la infraestructura de riego

- Destrucción de la estructura de captación.
- Colmatación del tramo de línea de conducción.
- Destrucción de caminos de acceso.

Interrupción del servicio.

- Pérdidas en producción en áreas irrigadas.
- Pérdida de empleo e ingresos.
- De pago de tarifa.

Peligro: desbordes del río

- Mejorar prácticas agrícolas en cuenca alta y media para reducir erosión y material de arrastre.
- Recuperación de cobertura vegetal (forestación, mejor manejo de pasturas, etc.).
- Limpieza y descolmatación periódica del cauce del río.

Vulnerabilidad

- Regulación de la ocupación de áreas inundables (franja marginal).
- Construcción de infraestructura de protección.
- Reforzamiento de la estructura de captación y línea de conducción para disminuir fragilidad.
- Organización de productores asentados en margen izquierda del río.
- Planes de contingencia y emergencia para el servicio de riego.
- Fortalecimiento de Junta de Regantes.
- Generación de un fondo para emergencias.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

La MRR planteada es la construcción de un dique que impida que se produzca la inundación de tierras y el daño a la infraestructura ante un eventual desborde del río. Esta medida se explica por la cercanía de las tierras agrícolas al río y la imposibilidad de cambiarlas a una ubicación menos expuesta. El proyecto es en sí mismo una MRR, gestión del riesgo correctiva²⁴ destinada a solucionar el problema de pérdida de capacidad productiva si ocurriese una inundación para el tramo identificado en que esta podría suceder.

²⁴ La gestión correctiva se realiza cuando existe vulnerabilidad para reducirla; por el contrario, la gestión prospectiva se realiza con el objetivo de impedir la aparición de condiciones de vulnerabilidad (DGPM-MEF 2007b).

²⁵ Como se indicó, en este y todos los proyectos los montos están expresados en soles constantes de 2007, con el objetivo de hacerlos comparables.

El dique enrocado, fabricado con materiales de la zona, fue complementado con trabajos de descolmatación de cauces y forestación a cargo de los beneficiarios. Estos trabajos complementarios son fundamentales para la reducción efectiva del riesgo. Según los reportes oficiales del proyecto no se ha encontrado ninguna alternativa técnica que sustituya la descolmatación.

Costos de inversión, operación y mantenimiento

A continuación se presentan los costos del proyecto: el de inversión, que viene a ser el costo de la MRR, así como el costo de operación y mantenimiento de esta (cuadros 4 y 5). Se observa que la MRR tiene un costo total de 300 mil soles, aproximadamente el 86% son costos directos y el restante 14%, costos indirectos. Por otro lado, los costos de operación y mantenimiento a lo largo de la vida del proyecto oscilan entre 15 mil soles, en el año 1, y 13,8 mil soles en el año 10.²⁵

Cuadro 4. Dique con enrocado del río Chicama: costo de la MRR

| Rubro | Soles (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| Costos directos | 260.870 |
| Combustibles y lubricantes | 98.622 |
| Material explosivo y municiones | 11.810 |
| Servicios no personales | 6.600 |
| Bienes de consumo | 36.555 |
| Otros servicios de terceros | 82.354 |
| Alquiler de bienes muebles | 24.928 |
| Costos indirectos | 39.130 |
| Viáticos y asignaciones | 80 |
| Combustibles y lubricantes | 3.210 |
| Servicios no personales | 30.100 |
| Bienes de consumo | 500 |
| Pasajes y gastos de transporte | 150 |
| Seguro obligatorio contra accidentes de tránsito | 250 |
| Otros servicios de terceros | 2.690 |
| Material de escritorio | 600 |
| Servicios de telefonía móvil y fija | 800 |
| Arbitrios | 450 |
| Correo y servicio de mensajería | 300 |
| TOTAL | 300.000 |

Fuente: Perpec La Libertad 2007b.

Cuadro 5. Dique con enrocado del río Chicama: costo de operación y mantenimiento de la MRR (soles)

| Año | Operación | Mantenimiento | Costo total |
|--------|-----------|---------------|-------------|
| Año 1 | 4.500 | 10.500 | 15.000 |
| Año 2 | 4.410 | 10.290 | 14.700 |
| Año 3 | 4.320 | 10.080 | 14.400 |
| Año 4 | 4.230 | 9.870 | 14.100 |
| Año 5 | 4.140 | 9.660 | 13.800 |
| Año 6 | 4.140 | 9.660 | 13.800 |
| Año 7 | 4.140 | 9.660 | 13.800 |
| Año 8 | 4.140 | 9.660 | 13.800 |
| Año 9 | 4.140 | 9.660 | 13.800 |
| Año 10 | 4.140 | 9.660 | 13.800 |

Fuente: Base de datos del SNIP, Proyecto N.º 48824, (<<http://of.mef.gob.pe/bp/ConsultarPIP/frmConsultarPIP.asp?accion=consultar>>) y Perpec La Libertad 2007b.

Beneficios

Los beneficios de la implementación de las MRR se basan en la estimación del riesgo, es decir, los probables daños y pérdidas que se generarían si no se implementasen las medidas, en este caso en la situación «sin proyecto».

Desde la perspectiva de la sociedad se considera como beneficios sociales la liberación de recursos (costos evitados de reconstrucción y atención de la emergencia) y el excedente del productor (pérdidas evitadas de producción y suelos agrícolas).

1. COSTO EVITADO DE LA RECONSTRUCCIÓN

Al ser una zona agrícola, entre los beneficios de la MRR se encuentra la protección de la infraestructura hidráulica y vial cercana al cauce del río Chicama.

En el caso de la protección de la infraestructura hidráulica se trata específicamente de proteger la toma y los canales de derivación Chiclín y Cartavio, incluyendo las obras de arte que los forman (un medidor y 5 compuertas), que en el caso de una inundación se verían destruidos, como se detalló al realizar el AdR. El costo evitado de reconstrucción ha sido calculado considerando los costos de reconstrucción de cada uno de los diferentes elementos. Así se obtiene un costo evitado por este concepto ascendiente a 95 mil soles (cuadro 6).

Cuadro 6. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de reconstrucción de la infraestructura hidráulica

| Obras a reconstruir | Soles (precios privados) |
|---|-----------------------------|
| Tomas (2) | 25.000 |
| Obras de arte (5 compuertas, 1 medidor) | 30.000 |
| Canales de tierra (2) | 40.000 |
| Total | 95.000 |

Fuente: Perpec La Libertad. 2007b.

En el caso de la infraestructura vial, el proyecto protege 4 kilómetros de caminos de vigilancia de los canales Chiclín y Cartavio, los cuales están clasificados como caminos rurales. Según los datos del proyecto, el costo de reconstrucción por kilómetro de vía es de 5 mil soles, llegándose así a estimar un costo evitado de reconstrucción de la infraestructura vial de 20 mil soles (cuadro 7).

Cuadro 7. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de reconstrucción de la infraestructura vial

| Obras a reconstruir | Soles (precios privados) |
|------------------------|--------------------------|
| Caminos rurales (4 km) | 20.000 |

Fuente: Perpec La Libertad 2007b.

²⁶ Si bien se realizaron los cálculos de los costos evitados sobre el empleo que a continuación se describen, no se incluyeron en el ACB debido a que, por definición, están considerados dentro de los costos evitados sobre la producción agrícola, para evitar la duplicación de beneficios.

2. COSTO EVITADO DEL EMPEORAMIENTO DE LAS CONDICIONES SOCIALES

Respecto de los efectos sobre las condiciones sociales del área afectada por el proyecto, se ha identificado impactos relacionados con el empleo en el sector agropecuario.²⁶ El primero de ellos es el costo evitado de los jornales que se perderían si el área bajo riesgo se viera inundada. Considerando una pérdida de 100 jornales por hectárea, se calcula (con base en los datos de campo reportados en la información del proyecto) que con la MRR se evita una pérdida de 175,7 mil soles por este concepto (cuadro 8).

Cuadro 8. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de pérdida temporal de empleo

| Superficie con riesgo de inundación (hectáreas) | Pérdida de empleo por hectárea (jornales) | Pérdida temporal de empleo de la superficie con riesgo (jornales) | Salario (soles por jornal) | Monto total (soles) |
|---|---|---|----------------------------|---------------------|
| 117,14 | 100 | 11.714 | 15,00 | 175.710 |

Fuente: Perpec 2007b.

Además, considerando una pérdida permanente de terreno correspondiente a 10% del área bajo riesgo de inundación, se calculó en 18 mil soles el valor anual de los jornales definitivamente perdidos en dicha área. A partir de ello, el valor actual de la perpetuidad correspondiente a los jornales que no se podrían realizar por la pérdida de estas hectáreas se estimó en 163,6 mil soles (cuadro 9).

Cuadro 9. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de pérdida definitiva de empleo

| Superficie con riesgo de inundación (hectáreas) | Pérdida de empleo por hectárea (jornales) | Pérdida definitiva de empleo (jornales) | Salario (soles por jornal) | Monto total (soles) | Monto actual del valor de la perpetuidad (soles) |
|---|---|---|----------------------------|---------------------|--|
| 12 | 100 | 1.200 | 15,00 | 18.000 | 163.636 |

Fuente: Perpec 2007b.
Elaboración: IEP.

Sumando pérdidas temporales y definitivas, el costo evitado total de la pérdida de empleo asciende a 339.346 soles (cuadro 10).

Cuadro 10. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de pérdida de empleo

| Soles (precios privados) | |
|-----------------------------|----------------|
| Pérdida temporal | 175.710 |
| Pérdida definitiva | 163.636 |
| Total | 339.346 |

Fuente: Perpec 2007b.
Elaboración: IEP.

3. COSTO EVITADO DE ATENDER LA EMERGENCIA ²⁷

En una situación sin proyecto de reducción del riesgo la ocurrencia de un evento tendría efectos directos (inundación) e indirectos (daño de infraestructura). Por la naturaleza de la actividad agrícola y su necesidad del recurso hídrico, un daño a la infraestructura debido a un evento hidrometeorológico debe ser reparado en el menor plazo posible para reestablecer la provisión de agua, es decir, se debe incurrir en costos para atender la emergencia. Para este estudio se ha calculado los costos correspondientes a la limpieza del canal que permita restablecer la circulación de agua, asumiendo la destrucción de la infraestructura de riego y la obstrucción del canal, situaciones observadas en la zona del proyecto cuando ocurre una inundación. Se ha considerado una semana de trabajos aproximadamente, tomando en cuenta los costos por hora tanto de la maquinaria como del combustible.²⁸ En el cuadro 11 se observa que el resultado arroja 16,5 mil soles de costo de atención de la emergencia.

Cuadro 11. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de atención de la emergencia

| Obra | Tiempo de trabajo para atención de la emergencia (horas) | Costo de maquinaria (soles por hora) | Costo de combustible (soles por hora) | Soles (precios privados) |
|----------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Limpieza de canal de riego | 50 | 209 | 120 | 16.450 |

Fuente: Entrevista al ingeniero Pedro Valencia de Perpec La Libertad (29 de enero de 2008).
Elaboración: IEP.

4. BENEFICIOS INDIRECTOS POR NO INTERRUMPIR LOS SERVICIOS DEL PROYECTO (COSTO EVITADO POR LA INTERRUPCIÓN DE LOS SERVICIOS DEL PROYECTO)

Además de los costos evitados presentados anteriormente, la ocurrencia de un evento hidrometeorológico causaría pérdidas en la producción agrícola y pérdidas de terrenos agrícolas. Se entiende que en este caso el servicio del proyecto es la protección de la infraestructura de riego y de las tierras agrícolas (y por tanto también de la producción) del área de influencia del proyecto.

Los efectos sobre la producción agrícola han sido calculados considerando los cultivos principales (caña de azúcar y maíz amiláceo), suponiendo que la pérdida de la producción corresponde a 30% de su valor neto.²⁹ Se utiliza el valor neto y no el bruto pues los costos de producción son gastos en los que el agricultor debe incurrir.

²⁷ Si bien los costos de reconstrucción corresponden a las medidas destinadas a restablecer los beneficios del proyecto a la situación previa a la ocurrencia de los daños, las obras de reconstrucción pueden demorar días, meses e incluso años, mientras que los servicios que brinda la infraestructura afectada no pueden interrumpirse hasta que se lleven a cabo dichas obras. En tales casos es necesario incurrir en costos para atender la situación de emergencia de manera provisional hasta que sea posible realizar las actividades de reconstrucción.

²⁸ Sobre la base de entrevista al ingeniero Pedro Valencia del Perpec del Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inrena), quien proporcionó información sobre los costos en la zona del proyecto.

²⁹ El cálculo se ha realizado bajo el supuesto de que ya se incurrió en los costos (ya se realizó el cultivo). Si se supusiera lo contrario nos encontraríamos en una situación de liberación de recursos.

Este dato corresponde a la proporción utilizada en el Expediente Técnico del proyecto. Dado que la inundación de terrenos agrícolas por la crecida del río Chicama es un fenómeno recurrente, este dato fue calculado a partir de la información histórica existente en la Administración Técnica del Distrito de Riego (ATDR).

Cuadro 12. Dique con enrocado del río Chicama: costo evitado de daños previsible

| Rubro | Caña de azúcar | Maíz amiláceo | Soles (precios privados) |
|---|----------------|---------------|--------------------------|
| Superficie con riesgo de inundación (hectáreas) | 87,20 | 29,94 | |
| Parámetros agronómicos | | | |
| Rendimiento (toneladas por hectárea) | 120 | 8 | |
| Volumen de producción (toneladas) | 10.464 | 240 | |
| Precio (soles por tonelada) | 160 | 750 | |
| Costo de producción por hectárea (soles) | 10.000 | 3.000 | |
| Valor bruto de producción (soles) | 1.674.240 | 179.640 | 1.853.880 |
| Costos de producción (soles) | 872.000 | 89.820 | 961.820 |
| Valor neto de producción (soles) | 802.240 | 89.820 | 892.060 |
| Daño previsible (soles) | 240.670 | 26.950 | 267.620 |

Fuente: Perpec La Libertad 2007b.

El cuadro 12 muestra los resultados de este cálculo para una superficie de 117,14 hectáreas, sembradas con caña de azúcar y maíz amiláceo, cuyos parámetros agronómicos son los promedio de la zona. El valor bruto de producción resultante de multiplicar el volumen por el precio menos los costos de producción arroja un valor neto de 892.060 soles para los dos cultivos; por lo cual el daño previsible (30% del valor neto de producción) evitado es de 267.620 soles.

³⁰ Estimación realizada por el Perpec sobre la base de información de la ATDR Chicama.

De otro lado, en este rubro se debe considerar también la pérdida definitiva de terrenos agrícolas, la cual ha sido calculada bajo el supuesto que corresponde a 10% de la superficie bajo riesgo de inundación.³⁰ A partir de la estimación del valor anual neto por hectárea de la producción se calcula el valor neto perpetuo del área afectada y se estima la pérdida total. Así, este valor asciende a 810,9 mil soles. (cuadro 13)

Cuadro 13. Dique con enrocado del río Chicama: pérdida definitiva de terrenos agrícolas

| Superficie afectada (hectáreas) ¹ | Superficie perdida (hectáreas) | Valor neto de la producción (soles por hectárea) ² | Valor neto de la producción total (soles) | Monto actual del valor a perpetuidad ³ |
|--|--------------------------------|---|---|---|
| 117,14 | 12 | 7.615 | 89.202 | 810.928 |

1. Superficie afectada por inundación, flujo de lodo y piedras, interrupción prolongada del riego, etc.

2. Valor neto de producción agrícola promedio por hectárea/año, más 15% por cultivos de segunda campaña.

3. Valor actual del valor neto de producción asumido como renta perpetua y descontado a la tasa social (11%).

Fuente: Perpec 2007b. Elaboración: IEP.

Es necesario notar que el cálculo del daño a la producción agrícola y la pérdida de terrenos agrícolas se refieren a los daños en el producto final (que incluye el empleo), mientras que los costos evitados relacionados con el empleo solo consideran este factor de producción, por lo que la inclusión de ambos en el ACB debe excluir uno de ellos para no duplicar los costos evitados relacionados con la producción agrícola. Por ello, los costos evitados de la pérdida temporal de mano de obra y la pérdida de puestos de trabajo no serán considerados en el ACB que se presenta a continuación.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Los costos de la MRR, junto con los beneficios identificados y cuantificados en el presente informe, forman los insumos necesarios para realizar el análisis costo-beneficio de la MRR.³¹

Como se mencionó en la primera parte, este análisis consiste en proyectar los resultados en escenarios con distintas combinaciones de probabilidad de ocurrencia del evento hidrometeorológico y efectividad de la MRR. En nuestro caso, como el plazo del proyecto es de 5 años, existen cuatro escenarios que se muestran en el cuadro 2.13. En todos ellos, la MRR presenta un VAN positivo y un ratio beneficio/costo mayor o cercano a 1,5, lo que significa que los beneficios del proyecto exceden sus costos. Además, el proyecto es recomendable, pues la TIR en los cuatro escenarios es mayor a la tasa social de descuento utilizada. Los resultados muestran que en todos los escenarios el VAN es positivo, la TIR se encuentra entre 22 y 70% y el ratio beneficio/costo está en el rango de 1,5 a 2,3.

³¹ Los flujos netos se muestran en los cuadros 2. y 3 del anexo 1.

³² Particularmente el impuesto general a las ventas (IGV).

Cuadro 14. Dique con enrocado del río Chicama: costo de operación y mantenimiento de la MRR (soles)

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5 con 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% efectividad de la MRR |
|---|---|---|---|---|
| Valor actual de costos: VAC (soles) | 345.693 | 345.693 | 345.693 | 345.693 |
| Valor actual de beneficios: VAB (soles) | 646.914 | 805.771 | 517.532 | 644.617 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 301.221 | 460.078 | 171.839 | 298.924 |
| TIR | 29% | 70% | 22% | 52% |
| Ratio beneficio/costo | 1,87 | 2,33 | 1,50 | 1,86 |

Elaboración: EIP

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la evaluación social se ha efectuado los ajustes a los costos de inversión, operación y mantenimiento en función de la desagregación disponible, identificando de manera global los bienes transables y no transables, y los impuestos.³² En el caso de los beneficios se analizó la pertinencia de los estimados para la evaluación económica. Se asume que las pérdidas por producción de caña de azúcar y maíz amiláceo implican una mayor

importación de estos en caso de perderse los cultivos (en una campaña o a perpetuidad), en ese sentido, el recurso que la sociedad pierde son divisas y así se ajustó este rubro de beneficios.

En la evaluación social también se ha contemplado cuatro escenarios a efectos de reducir la incertidumbre de la rentabilidad de las MRR. Se asume que el peligro ocurra en el año 5 con un 100% o en los años 1 a 5 con 20% de probabilidad, con 100 y 80% de efectividad de las medidas. Se ha evaluado también otros escenarios con 100% de probabilidad de ocurrencia del peligro en el año 10, con 100 y 80% de efectividad de la MRR.

Los resultados se presentan en el cuadro 15, apreciándose por los indicadores que el proyecto, o la MRR, es rentable socialmente en todos los casos, pero dejaría de serlo en el extremo (año 10) si la probabilidad de ocurrencia fuese menor de 76%.

Cuadro 15. Dique con enrocado del río Chicama: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 6: Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|---|--|--|
| VAC (soles) | 305.774 | 305.774 | 305.774 | 305.774 | 305.774 | 305.774 |
| VAB (soles) | 682.584 | 850.199 | 546.067 | 680.159 | 405080 | 324.064 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 376.810 | 544.425 | 240.293 | 374.385 | 99.306 | 18.290 |
| TIR | 34% | 90% | 28% | 68% | 15% | 12% |
| Ratio beneficio/costo | 2,2 | 2,8 | 1,8 | 2,2 | 1,3 | 1,1 |

Elaboración: PDRS-GTZ.

3.2.2. Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas

Esta obra tiene el objetivo de proteger de las inundaciones y los huaicos (flujos de lodo) a poblados y áreas de cultivo de La Tinguiña y Parcona y la zona urbana y rural de Ica, mediante la construcción de diques. Las obras del proyecto están ubicadas en el distrito de La Tinguiña, provincia de Ica, región Ica.

Gráfico 8. Distrito La Tinguiña y quebrada de Cansas



Según el expediente técnico del proyecto:

... de no construirse los diques transversales en la quebrada de Cansas están en riesgo directamente los distritos de La Tinguiña, Parcona y centros poblados aledaños, e indirectamente la población de Ica en general que hacen un total de 39,153 habitantes los cuales fueron afectados en el año 1998, y más de 13,659 viviendas entre material noble y de construcciones de adobe, en el aspecto agrícola están en riesgo más de 10,000 hectáreas de terreno de producción agroexportadora. (Perpec Ica 2006)

La institución ejecutora de este proyecto es la Dirección Regional Agraria Ica. La obra es financiada por el MINAG en 97% y la Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE) en 3%, con una inversión total de 1,25 millones de soles.

Análisis del riesgo

En el caso de la quebrada de Cansas, debido a la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias y la existencia de material de arrastre en las partes altas, se generan flujos de lodos que discurren por la quebrada y desembocan en el río Ica y pueden ocasionar su desborde.

Se puede apreciar que hay un efecto de encadenamiento de peligros, como ejemplo debe considerarse lo ocurrido el 29 de enero de 1998 cuando:

... una lluvia torrencial de tres horas de duración produjo avalanchas de lodo de enorme magnitud que cayeron por las quebradas Tuaxu y Tortoletas, afectando al pueblo Trapiche Yesera, arrasando al pueblo San José de los Molinos y Cansas, y causando daños a las localidades de Chanchajalla y Tinguíña. Los flujos de lodo, después de destruir asentamientos localizados a lo largo de su cauce, desembocaron en el río Ica, contribuyendo a producir una crecida extraordinaria que se calcula en 600 m³, produciéndose luego el desborde e inundación de la ciudad por ambas márgenes. (CAF 2000)

Según el diagnóstico realizado a propósito de este evento, la quebrada de Cansas, tributaria del río Ica, es una zona «... propensa a la problemática de inundaciones debido a la intensa actividad de transporte de sedimentos» (CAF 2000), lo que se agrava debido a que «... no existen barreras vivas que ayuden a contener volúmenes extraordinarios» (CAF 2000). Ante precipitaciones extraordinarias en la quebrada de Cansas como las que ocurren durante la presencia del FEN, esta descarga caudales altos sobre el río Ica, lo que incrementa la importancia de las MRR debido a que «... si repasamos los hechos ocurridos en la inundación de Ica del año 1998, varios especialistas han concordado en que la activación de la quebrada de Cansas y su aporte en volumen al río Ica fue la causa principal de la inundación» (CAF 2000). Estos factores indican que el peligro aparece debido a la ubicación y las propiedades morfológicas del cauce de la quebrada de Cansas.

El cuadro 16, elaborado a partir de la base de datos DesInventar, señala que el distrito de La Tinguíña ha sido afectado en el periodo 1970-2003 por aluviones e inundaciones, atribuidas o en fechas coincidentes con el FEN.

Cuadro 16. Fenómenos naturales registrados en el distrito La Tinguíña, provincia de Ica, región Ica, 1970-2003

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|-------------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| Ica | Ica | La Tinguíña | 1983 | 2 | 11 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Ica | Ica | La Tinguíña | 1998 | 1 | 29 | 1 | Aluvión | FEN |
| Ica | Ica | La Tinguíña | 1998 | 1 | 29 | 0 | Inundación | FEN |

Fuente: DesInventar.
Elaboración: IEP.

Si se amplía el ámbito de análisis a la provincia de Ica se puede observar que esta se ha visto constantemente afectada por eventos de origen hidrometeorológico (Cuadro 17). Los registros indican que estos eventos afectan sobre todo la actividad agrícola (cultivos e infraestructura), las viviendas y las vías de comunicación.

Tanto los asentamientos humanos ubicados en la quebrada de Cansas (La Tinguíña, Parcona, Chanchajalla y La Máquina, entre otros) como la infraestructura de riego La Achirana y la ciudad de Ica son vulnerables a los flujos de lodos e inundaciones por su localización cercana al cauce de la quebrada, en la confluencia de esta con el río Ica y en la franja marginal de este.

Cuadro 17. Dique con enrocado del río Chicama: costo de operación y mantenimiento de la MRR (soles)

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (Días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|-------------------------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| Ica | Ica | Salas | 1972 | 2 | 15 | 7 | Aluvión | Otra causa |
| Ica | Ica | Parcona | 1972 | 3 | 9 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Santiago | 1972 | 3 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Tate | 1972 | 3 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Yauca del Rosario | 1973 | 1 | 13 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Ica | Ica | Ica | 1974 | 2 | 23 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Ica | Ica | Ica | 1976 | 1 | 30 | 4 | Lluvias | Otra causa |
| Ica | Ica | Subtanjalla | 1976 | 1 | 30 | 4 | Lluvias | Otra causa |
| Ica | Ica | Salas | 1976 | 1 | 30 | 4 | Lluvias | Otra causa |
| Ica | Ica | | 1981 | 3 | 12 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Ica | Ica | La Tinguiña | 1983 | 2 | 11 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Ica | Ica | Ica | 1990 | 1 | 1 | 120 | Sequía | Otra causa |
| Ica | Ica | Parcona | 1994 | 1 | 31 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Ocucaje | 1994 | 2 | 9 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Santiago | 1994 | 2 | 10 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | San Juan Bautista | 1994 | 2 | 16 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Ica | Ica | | 1994 | 2 | 17 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | | 1994 | 3 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Ocucaje | 1995 | 3 | 14 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | San Juan Bautista | 1995 | 3 | 14 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Ica | 1995 | 3 | 16 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ica | Ica | Ica | 1995 | 3 | 30 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Ica | Ica | San Juan Bautista | 1997 | 12 | 23 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | Ica | 1998 | 1 | 23 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | Salas | 1998 | 1 | 25 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | Ica | 1998 | 1 | 29 | 1 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | Ocucaje | 1998 | 1 | 29 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | San Jose de los Molinos | 1998 | 1 | 29 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | Santiago | 1998 | 1 | 29 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | La Tinguiña | 1998 | 1 | 29 | 1 | Aluvión | FEN |
| Ica | Ica | La Tinguiña | 1998 | 1 | 29 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | San Juan Bautista | 1998 | 2 | 16 | 0 | Inundación | FEN |
| Ica | Ica | Ocucaje | 1998 | 2 | 19 | 0 | Avenida | FEN |
| Ica | Ica | Ica | 1999 | 3 | 2 | 0 | Inundación | Otra causa |

Fuente: DesInventar.
Elaboración: IEP.

Se asume que las viviendas y la infraestructura de riego son frágiles por los daños que sufrieron en eventos pasados, su diseño y materiales de construcción inadecuados en relación con el entorno, lo que incide en su probabilidad de sufrir daños frente a los peligros identificados. Los probables daños y pérdidas que se generarían en el escenario de no implementarse la MRR, en este caso que no se ejecute el proyecto, se darán en función al área de impacto de los peligros identificados y el grado de vulnerabilidad de las unidades expuestas (viviendas, población, áreas agrícolas, infraestructura productiva y social).

Si se considera los flujos de lodos de la quebrada, de acuerdo con la información de lo ocurrido en 1998, los daños fueron la destrucción de viviendas, cultivos, suelos agrícolas e infraestructura de riego (La Achirana) en los distritos ubicados cerca al cauce de la quebrada. A su vez, la irrupción del flujo de lodos de la quebrada en el río Ica ocasionó el desborde de este y afectó viviendas e infraestructura de servicios (alcantarillado, energía eléctrica, agua, etc.). Más allá de los efectos directos de impacto de los peligros, se observa también la generación de problemas de salud en la población como consecuencia de la escasa disponibilidad de agua potable, el encharcamiento de las aguas y la proliferación de vectores. En un escenario similar se puede asumir que esos serán los daños y las pérdidas que volverían a ocurrir.

Las MRR se plantean en función a los factores que generan el riesgo. En este sentido, para reducir la severidad del peligro, si el huaico en la quebrada se genera como consecuencia del fuerte caudal y la presencia de sedimentos, se propone estructuras de retención del caudal en la parte alta y la forestación en la quebrada, lo que disminuirá los flujos de lodo y el probable desborde del río Ica. Complementariamente, se debe instalar sistemas de monitoreo para facilitar el funcionamiento de mecanismos de alerta temprana a la población.

En una visión integral de la GdR se deberá intervenir sobre las causas que generan la vulnerabilidad. Así, las regulaciones para evitar que la nueva población ocupe las zonas de probable impacto de los flujos de lodo o los desbordamientos del río son medidas prospectivas para evitar la exposición; la reubicación de la población expuesta es una medida correctiva; el diseño de las viviendas y la infraestructura, así como los materiales empleados, deben adecuarse a las condiciones del medio para permitir su resistencia frente a los peligros; finalmente, la implementación de sistemas de evacuación de las aguas pluviales contribuirá a evitar la colmatación de los colectores del sistema de alcantarillado.

Los planes de contingencia y emergencia en los servicios mejorarán la capacidad de atender adecuadamente la emergencia y recuperar la capacidad de producción. La organización y la preparación de la población van en la misma línea.

En el gráfico 9 se presenta una síntesis del AdR.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

La rehabilitación y la construcción de diques en la quebrada de Cansas está destinada a reducir el riesgo frente a huaicos e inundaciones mediante la creación de barreras que permitan contener volúmenes extraordinarios de aguas y sedimentos en caso ocurran precipitaciones extraordinarias. La obra en sí misma es una MRR de inundación de los poblados cercanos y la ciudad de Ica, y consiste en la construcción de cuatro diques transversales³³; la rehabilitación, la descolmatación y la limpieza de los diques existentes, y la construcción en estos de aliviaderos de descarga.³⁴

Finalmente, el proyecto incluye también un componente de forestación en la quebrada de Cansas.

Costos de inversión, operación y mantenimiento

El total de los costos de inversión del proyecto corresponde a los costos de las MRR y asciende a 1.249.877 soles (cuadro 18).

³³ Las longitudes de los diques son: 125,0 metros (dique A-1), 623,7 metros (dique 4), 633,7 metros (dique 5) y 663,0 metros (dique 6).

³⁴ Estructura que sirve para eliminar las aguas sobrantes de un embalse, canal o depósito, con el objetivo de evitar su desborde.

Gráfico 9. Diques en la quebrada de Cansas: AdR

Medidas de reducción del riesgo

Peligros:
huaicos y desbordes del río

Escasa cobertura vegetal y características de suelos en la parte alta que propician intensa actividad de transporte de sedimentos arrastrados en épocas de lluvia que generan flujos de lodo por la quebrada y el desborde del río Ica por los aportes de la quebrada.

Vulnerabilidad

- Exposición: áreas agrícolas, infraestructura de riego y población, ubicada cerca al cauce de la quebrada y en área inundable del río Ica.
- Fragilidad: viviendas construidas con diseños y materiales inadecuados, cultivos e infraestructura desarrolladas con tecnologías inadecuadas que los hacen susceptibles a sufrir daños por flujos de lodos y desborde del río.
- Resiliencia: baja organización de población y insuficiente capacidades institucionales para la respuesta y recuperación.

Daños y pérdidas probables (riesgo)

Inundación áreas agrícolas

- Pérdidas de producción, principalmente algodón
- Pérdidas de suelos productivos

Daños en la infraestructura de riego

- Destrucción de la bocatoma del canal La Achirana.
- Corte y arenamiento del canal La Achirana
- Destrucción de canales secundarios
- Interrupción del servicio

Localidades

- Viviendas afectadas y destruidas
- Pérdida de enseres
- Colapso de colectores de alcantarillado por colmatación

Población

- Heridos por el colapso de viviendas
- Enfermedades por interrupción de los servicios de agua y alcantarillado, y la proliferación de vectores
- Daños psicológicos.
- Gastos en tratamientos de salud
- Pérdidas de días laborados

Peligros:
huaicos y desbordes del río

- Incremento de cobertura vegetal (forestación en la quebrada).
- Estructuras de retención de avenidas extraordinarias en la parte alta de la quebrada.
- Plan de manejo de la cuenca.
- Mecanismos de monitoreo de la quebrada.

Vulnerabilidad

- Regulación de la ocupación de áreas cercanas a la quebrada y la franja marginal del río Ica.
- Incremento de la resistencia de la infraestructura de riego frente a los flujos de lodo y desbordes.
- Organización y preparación de la población.
- Sistemas de alerta temprana.
- Implementación de mecanismos eficientes de evacuación de aguas pluviales.
- Planes de contingencia y emergencia para el servicio de riego y el de alcantarillado.
- Generación de un fondo para emergencias en la Junta de Regantes.

Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

Cuadro 18. Fenómenos naturales registrados en el distrito La Tinguña, provincia de Ica, región Ica, 1970-2003

| Rubro | Soles (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| Construcción de diques, aliviaderos y tapas de cárcavas | 989.374 |
| Trabajos preliminares | 54.980 |
| Movimiento de tierras | 368.077 |
| Obras de enrocado | 566.316 |
| Rehabilitación de diques existentes | 84.370 |
| Movimiento de tierras | 14.327 |
| Obras de enrocado | 70.043 |
| Forestación de laderas | 23.270 |
| Costos directos | 1.097.013 |
| Costos indirectos | 152.864 |
| Total | 1.249.877 |

Fuente: Perpec Ica 2006.
Elaboración: IEP.

Debido a que no se contaba con información, los costos de operación y mantenimiento de la MRR se han estimado utilizando el supuesto de que ascienden a 10% del costo total del proyecto, es decir, 124.987 soles.

Beneficios

Los beneficios del proyecto están relacionados con los costos que se evitarían en caso de ocurrir un evento hidrometeorológico similar a los de 1998. Debido a que dentro de la información del proyecto no se especificaba los beneficios de este, se utilizaron fuentes de información secundaria. Las cifras de población afectada por el FEN de 1998 varían en función de la fuente. El Censo de Población Damnificada-Fenómeno El Niño 1998, elaborado por el INEI, considera que la población afectada fue de 60.843 personas y las viviendas destruidas, 4.300 de forma total y 11.500 de forma parcial. Sin embargo, el Centro de Estudios de Prevención de Desastres (Predes) estimaba poco después de la inundación de la ciudad en 115.715 las personas damnificadas (solo en la ciudad de Ica), 5.048 viviendas destruidas y 15.597 viviendas parcialmente dañadas (Ferradas 2000).

Los daños al sector agropecuario en Ica asociados al el FEN de 1998 por el Predes fueron (Ferradas 2000):

- Pérdida de 943 hectáreas de suelos por arrasamiento y erosión.
- Pérdida definitiva de 1.268 hectáreas de cultivos, principalmente algodón.
- Daños parciales a 1.927 hectáreas de cultivos por inundación.
- Destrucción de la bocatoma del canal La Achirana.
- Corte y arenamiento del canal La Achirana.
- Destrucción de canales secundarios por efectos de las inundaciones y los huacos.

Por otra parte, la CAF (2000) reporta como efecto de ese fenómeno:

- Colmatación de colectores de alcantarillado al inundarse la ciudad de Ica.
- Daño en la infraestructura eléctrica (afectación de las subestaciones y las redes de distribución primaria y secundaria).
- Pérdida de 652 hectáreas de suelos.
- Afectación de 2.309 hectáreas de cultivos.

Si bien se han identificado diversos efectos de los peligros asociados al FEN, como se puede apreciar en el gráfico 7, para efectos de la evaluación de beneficios se considerará solo aquellos relacionados con costos de reconstrucción o rehabilitación. Esto se debe a la poca disponibilidad de información para valorar los daños y las pérdidas; en consecuencia, se asume que un evento similar al del 29 de enero de 1998 generaría daños en la infraestructura de riego por el flujo de lodos en la quebrada de Casans y que el desborde del río Ica asociado a la quebrada afectaría la infraestructura de alcantarillado.

En el caso de la infraestructura de riego el costo evitado es el de la remodelación de la bocatoma La Achirana. El costo total de este proyecto, elaborado por el Comité Ejecutivo de Reconstrucción El Niño (Ceren), se compone de los costos de estudios y obras y sus respectivas supervisiones.³⁵ El costo evitado de la remodelación de la bocatoma es de 6,7 millones de soles (cuadro 19).

Cuadro 19. Diques en la quebrada de Casans: costo evitado de remodelación de la bocatoma La Achirana

| Rubro | Soles (precios privados) |
|-------------------------|-----------------------------|
| Estudios | 841.286 |
| Supervisión de estudios | 9.360 |
| Obras | 5.430.097 |
| Supervisión de obras | 442.942 |
| Total | 6.723.685 |

Fuente: Remodelación de bocatoma La Achirana (estudios definitivos) (008 Inade 104, Paquete N.º 10 RECO Inade) en Ceren 2001. Elaboración: IEP.

En el caso de la infraestructura de alcantarillado de Ica puede asumirse que los costos de rehabilitación son los mismos que los ocasionados por los efectos de la inundación de la ciudad³⁶ en el evento del 29 de enero de 1998, los cuales ascendieron a 1.492.921 soles.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En todos los escenarios, la MRR presenta un VAN positivo (siempre mayor a 1,7 millones de soles) y un ratio beneficio/costo mayor o cercano a 2, lo que significa que los beneficios del proyecto exceden sus costos. Además, el proyecto es recomendable pues la TIR en los cuatro escenarios evaluados (entre 33 y 119%) es mayor a la tasa social de descuento utilizada (cuadro 20).

Cuadro 20. Diques en la quebrada de Casnas: indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|---|
| VAC (soles) | 1.789.151 | 1.789.151 | 1.789.151 | 1.789.151 |
| VAB (soles) | 4.392.933 | 5.471.663 | 3.514.346 | 4.377.330 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 2.603.781 | 3.682.511 | 1.725.195 | 2.588.179 |
| TIR | 40% | 119% | 33% | 91% |
| Ratio beneficio/costo | 2,46 | 3,06 | 1,96 | 2,45 |

Elaboración: IEP.

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la evaluación social se ajustaron los costos de inversión, operación y mantenimiento a precios sociales. Respecto de los costos evitados se considera los mismos de la evaluación económica, pero se efectúan los ajustes para valorizarlos a precios sociales, en la medida que el desagregado lo permitió, empleando una estructura de costos aproximada sobre la base de consultas a profesionales (cuadro 21).

Cuadro 21. Diques en la quebrada de Casnas: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 6: Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% efectividad de la MRR |
|--------------------------|---|--|--|---|--|---|
| VAC (soles) | 1.503.489 | 1.503.489 | 1.503.489 | 1.503.489 | 1.503.489 | 1.503.489 |
| VAB (soles) | 3.928.619 | 4.893.331 | 3.142.895 | 3.914.665 | 1.968.450 | 1.865.155 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 2.425.130 | 3.389.842 | 1.639.406 | 2.411.176 | 464.961 | 361.666 |
| TIR | 41% | 128% | 34% | 98% | 15% | 14% |
| Ratio beneficio/costo | 2,6 | 3,3 | 2,1 | 2,6 | 1,3 | 1,2 |

Elaboración: PDRS-GTZ.

Respecto de las probabilidades de ocurrencia de un desastre similar y la rentabilidad social de la MRR, se ha estimado en el extremo (año 10) que si la probabilidad fuese menor a 70% el proyecto no sería rentable; sin embargo, es importante resaltar que no se ha considerado el valor de otros costos evitados, como los daños y las pérdidas que afectan a las personas y sus medios de vida.

Los costos de reparación y reconstrucción de viviendas y reposición de enseres, pese a que son asumidos por los afectados, son costos para la sociedad porque significan uso de bienes y servicios; en el mismo sentido se considera los costos asociados con la salud física y mental.

Igualmente, las pérdidas totales o parciales tanto de producción como de terrenos agrícolas (por arrasamiento y erosión), significan la reducción del excedente del productor o de divisas para el país: los gastos en recuperación de suelos implican recursos empleados. Si se considera las estimaciones de los costos evitados en el proyecto precedente, podemos tener una aproximación de los costos evitados solo como referencia porque los cultivos no son los mismos (cuadro 22); perspectiva que al incorporarse al análisis rentabiliza enormemente la MRR.

Cuadro 22. Diques en la quebrada de Cansas: costo evitado de daños previsible y de pérdida definitiva de terrenos agrícolas

| Rubros | Superficie afectada (hectáreas) ¹ | Valor neto de producción por hectárea ² (soles) | Soles (precios privados) |
|-------------------------------|--|--|--------------------------|
| Pérdida total de producción | 1.268 | 7.624 | 9.667.796 |
| Pérdida de terrenos agrícolas | 943 | 67.577 | 63.725.504 |
| Pérdida parcial de producción | 1.927 | 2.287 | 4.407.691 |
| Total | | | 77.800.991 |

1. Ferradas 2000.

2. Estimaciones en proyecto de dique enrocado del río Chicama.

Elaboración: PDRS-GTZ.

3.3. SECTOR ENERGÍA

3.3.1. Proyecto integral del embalse Tablachaca

El embalse Tablachaca, ubicado en el distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja, región Huancavelica, inició sus operaciones en 1973, junto con la primera etapa de la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo.

Foto 2. Embalse Tablachaca: presa



Este embalse, que permite regular el caudal del río Mantaro, tuvo en su etapa inicial una capacidad de alrededor de 17 millones de metros cúbicos (MMC). Actualmente, debido a su colmatación, esta es de aproximadamente 7 MMC y para mantenerlo es necesario realizar purgas de los sedimentos transportados por el río en épocas de avenida. Efectuar estas purgas requiere que el caudal del río se encuentre por encima de los 400 m³ por segundo.

El proyecto integral tiene por objetivo atender los problemas operativos del embalse Tablachaca que se generan durante las épocas de purga. Los principales son (Consortio Ingetec-SVS 2007a):

- Arrastre de basura: en especial plásticos que impiden realizar purgas eficientes por la obstrucción de las rejillas de captación (pretoma y toma).
- Presencia de sedimentos en el embalse: se trata de la formación de una barra de sedimentos alta y cercana a la presa que puede taponar los aliviaderos en caso de fallas súbitas.
- Pérdidas de carga del túnel de aducción: se estima que ha habido un incremento de las pérdidas de carga a lo largo de los 30 años de operación del túnel, asociado a las sedimentaciones ocurridas dentro y en el portal del túnel, que producen una reducción de la sección útil. Además, la entrada brusca al túnel de rejillas de la pretoma y toma por su falla ante la obstrucción por plásticos acumulados durante las purgas de los años 1975 y 1979 (que se recuperaron parcialmente); ruidos cuando se opera a niveles bajos en la chimenea de equilibrio; y posible colapso parcial (o al menos deterioro) del revestimiento de concreto en el sector comprendido entre el K12 y el K13 (en el cual se atravesaron calizas, yesos y anhidritas).

- Deslizamientos en el contorno del embalse: las variaciones del nivel del embalse durante las purgas y la filtración de aguas en la superficie de las laderas durante los periodos de lluvia reactivan las zonas de derrumbe ubicadas en los contornos del embalse. El derrumbe más crítico es el 5, llamado en forma abreviada D 5. En 1982 se aceleraron los movimientos de este derrumbe debido principalmente al frío invierno, lo que generó la ejecución de obras de estabilización de emergencia, un conjunto de investigaciones geotécnicas y la instalación de un sistema de instrumentación para su control. Entre 1995 y 1997 se evaluó el sistema geológico y la estabilidad del D 5 y se instalaron instrumentos adicionales para su control. Sin embargo, en los años posteriores se han hecho mediciones sucesivas con la instrumentación que presentan imprecisiones. Recientemente, se evaluó el D 10, situado sobre la ladera localizada detrás del edificio de control, del desarenador y la toma del embalse Tablachaca que presenta superficies de falla. El resto de derrumbes: 1 a 4 y 6 a 9, han sido estudiados y monitoreados aunque no representan un peligro importante para el embalse.
- Presa y obras conexas: en 1982 se mejoró parcialmente el sistema de limpiarrejas, se reparó el alivio 4 de la presa y se rehabilitaron las estructuras erosionadas aguas abajo de la presa. Sin embargo, se requiere analizar el estado de estos sectores y evaluar la necesidad de trabajos adicionales en ellos.

Este proyecto también tiene dentro de sus objetivos reducir la vulnerabilidad de la instalación frente a posibles derrumbes, con el objetivo de asegurar el funcionamiento de las centrales hidroeléctricas. Con este fin se plantea ejecutar las siguientes obras:

- Evaluación hidráulica y rehabilitación de las estructuras civiles de la presa y el contrafuerte
- Rehabilitación de las estructuras civiles de la presa y obras asociadas
- Obras de protección del contrafuerte Tablachaca
- Evaluación de deslizamientos, reposición, instalación y modernización del sistema de instrumentación geotécnica e implementación de las obras de estabilización de los deslizamientos del embalse Tablachaca (MRR)
- Rehabilitación y/o complementación de las obras del D 5
- Rehabilitación y/o complementación de las obras de los otros deslizamientos
- Instrumentación del D 5 y otros derrumbes
- Evaluación, instalación e implementación del sistema de monitoreo de pérdidas de la carga del túnel de aducción
- Instrumentación del túnel de aducción

Las MRR consideradas tienen el objetivo de rehabilitar los contrafuertes que dan estabilidad frente a los derrumbes y la mejora del sistema de monitoreo de estos. Se trata de la gestión correctiva del riesgo existente.

Análisis del riesgo

Si bien el embalse Tablachaca está situado en el distrito de Colcabamba en Huancavelica, se ve afectado por los eventos que ocurren en toda la cuenca del río Mantaro aguas arriba. Por ello, para evaluar la historia de afectación climática del embalse se ha considerado a todas las provincias de la cuenca. En el anexo 2 se presenta la información sobre los eventos hidrometeorológicos que ocurren en esta zona y que han sido registrados por DesInventar para el periodo 1970-2003. Los eventos que se producen en la zona son: aludes, aluviones, avenidas, deslizamientos, granizadas, heladas, inundaciones, lluvias, nevadas, olas de frío, sequías y tempestades. En otras palabras, esta es una zona expuesta a peligros de origen hidrometeorológico.

El peligro al que está expuesto el embalse Tablachaca es el de derrumbes causados por excesivas precipitaciones o por las purgas efectuadas en éste que desestabilizan los taludes. En la foto 3 puede apreciarse las huellas de anteriores derrumbes.

Foto 3. Embalse Tablachaca: Derrumbe 5 (febrero de 1982)



El más importante de estos es el Derrumbe 5 (D 5). Dado que esta masa no es estable, se ha construido un contrafuerte enrocado para darle estabilidad, lo que se puede apreciar al comparar la foto 3 del mes de febrero de 1982, en el cual se puede notar el área en desplazamiento, y la foto 4, donde se observa el contrafuerte en la falda del cerro. Sin embargo, cuando se realizan las purgas de sedimentos el contrafuerte se ve afectado.

Foto 4. Embalse Tablachaca: contrafuerte enrocado del Derrumbe 5 (febrero de 1982)



Como se puede apreciar también en los gráficos 11 y 12, el embalse está localizado en un área de continuos derrumbes y técnicamente es frágil porque el contrafuerte (muro) ha sido construido sin tener en cuenta el probable deslizamiento de materiales, los cuales ingresarán directamente al embalse reduciendo su capacidad de almacenamiento, dañando las obras y generando probables inundaciones aguas abajo.

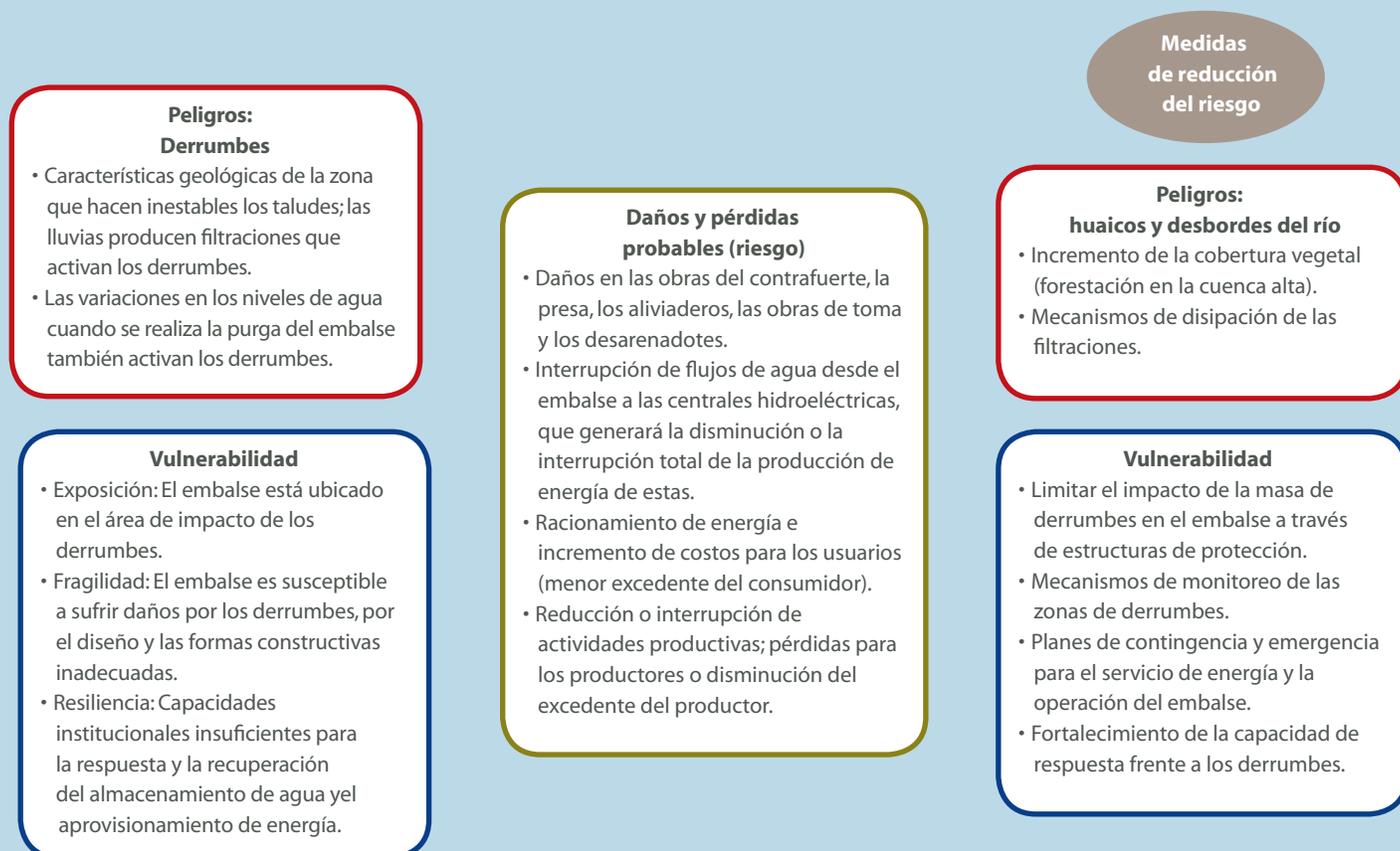
En cuanto a la resiliencia, si nos referimos al servicio de electricidad, dada la interconexión de los distintos sistemas de generación y distribución, la emergencia sería fácilmente superada si es que la capacidad de producción no está plenamente utilizada. Por otra parte, se supone que la empresa, con los antecedentes de anteriores desastres, posee recursos técnicos y financieros para recuperar la capacidad operativa del embalse en el menor tiempo posible.

En caso se active el D 5 y no se haya realizado la reparación del contrafuerte se afectaría la capacidad de almacenamiento de agua y las centrales hidroeléctricas Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución podrían dejar de funcionar. Se estima que el tiempo de reparación sería de 6 meses, aproximadamente. Según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), el complejo del Mantaro produce aproximadamente 30% de la electricidad del país,³⁸ por lo que, en caso dejara de funcionar, el costo de esta aumentaría³⁹ y afectaría a los consumidores de todo el país. El AdR del proyecto se presenta en el gráfico 10.

³⁸ Según la estadística eléctrica 2005-2006 del MINEM, las centrales hidroeléctricas Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución, que forman el complejo del Mantaro, representaron en esos años el 26,6% de la producción. Consulta realizada el 15 de enero de 2008 en <http://www.minem.gob.pe/archivos/dge/estadisticas/genera2005_2006.pdf>.

³⁹ Se refiere al costo marginal de la energía, y el incremento sería en el largo plazo, como se verá más adelante, debido a los distintos tipos de contratos que manejan las generadoras de energía (clientes libres y clientes regulados).

Gráfico 10. Diques en la quebrada de Cansas: AdR



Medidas de reducción del riesgo implementadas

Como se ha indicado, el proyecto pretende atender los problemas operativos del embalse Tablachaca sin afectar la capacidad de generación del complejo hidroeléctrico Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución, con el fin de darle mayor confiabilidad y seguridad de operación. Sin embargo, no todos sus componentes están ligados a la MRR; por ejemplo, el problema de acumulación de basura no proviene de un riesgo asociado a un fenómeno natural.

Asimismo, se requiere la implementación de obras de estabilización de los derrumbes del embalse Tablachaca mediante drenajes que disminuyan el nivel del acuífero dentro del derrumbe y la rehabilitación de las estructuras de la presa y el contrafuerte. Además, se realizará la reposición, la instalación y la modernización del sistema de instrumentación geotécnica con el propósito de monitorear el estado y la evolución de los derrumbes.

Costos de inversión, operación y mantenimiento

El costo total estimado del proyecto asciende a 69 millones de soles a precios privados y a 41,8 millones a precios sociales (cuadro 23). En el cuadro también se identifican los elementos de la obra que son actividades conducentes a la reducción del riesgo, debido a que no todos los componentes de este proyecto están relacionados con su mitigación.

Cuadro 23. Embalse Tablachaca: costo del proyecto integral

| Rubro | Precios privados | | Precios sociales | Reducción del riesgo |
|---|------------------|------------|------------------|----------------------|
| | Dólares | Soles | Soles | |
| 1.0. Intangibles | | | | |
| 1.1. Gestión del proyecto | 1.770.138 | 5.664.441 | 6.042.759 | No |
| 1.1.1. Estudio definitivo | 322.390 | 1.031.648 | 1.080.635 | No |
| 1.1.2. Administración del contrato | 341.535 | 1.092.913 | 1.261.034 | No |
| 1.1.3. Supervisión de obras | 1.106.212 | 3.539.879 | 3.701.090 | No |
| 1.2. Gastos generales, utilidades e imprevistos | 697.777 | 2.232.888 | | No |
| 1.2.1. Gastos generales y utilidades | 375.875 | 1.202.801 | | No |
| 1.2.2. Imprevistos (15%) | 321.902 | 1.030.086 | | No |
| Subtotal intangibles sin IGV (1.1 + 1.2) | 2.467.915 | 7.897.328 | 6.042.759 | No |
| IGV | 468.904 | 1.500.492 | 0 | No |
| TOTAL INTANGIBLES | 2.936.819 | 9.397.821 | 6.042.759 | |
| 2.0. Obras | | | | |
| 2.1. Evaluación hidráulica y rehabilitación de estructuras civiles presa y contrafuerte | 5.932.730 | 18.984.735 | 20.284.121 | No |
| 2.1.1. Rehabilitación de las estructuras civiles presa y obras asociadas | 3.515.278 | 11.248.889 | 12.419.504 | No |
| 2.1.1.1. Rehabilitación de las estructuras aguas arriba | 83.218 | 266.297 | 300.925 | No |
| 2.1.1.2. Rehabilitación de las estructuras aguas abajo | 1.161.258 | 3.716.025 | 4.054.830 | No |
| 2.1.1.3. Reposición de rejas de preobra y obra de toma | 226.007 | 723.221 | 587.639 | No |
| 2.1.1.4. Implementación de limpiarrejas continuo | 1.775.581 | 5.681.858 | 6.442.655 | No |

| Rubro | Precios privados | | Precios sociales | Reducción del riesgo |
|--|------------------|------------|------------------|----------------------|
| | Dólares | Soles | Soles | |
| 2.1.1.5. Rehabilitación de los equipos mecánicos de la presa Tablachaca | 73.292 | 234.535 | 281.940 | No |
| 2.1.1.6. Rehabilitación estructural de las ventanas 3 y 4 del túnel de aducción | 21.054 | 67.373 | 97.506 | No |
| 2.1.1.7. Rehabilitación de los sistemas de purga y aireación de las ventanas 3 y 4 de túnel de aducción | 121.325 | 388.239 | 457.113 | No |
| 2.1.1.8. Adecuación y modernización de la instrumentación de la presa | 53.543 | 171.339 | 196.895 | |
| 2.1.2. Obras de protección del contrafuerte Tablachaca | 2.417.452 | 7.735.846 | 7.864.617 | Sí |
| 2.1.2.1. Obras de protección del contrafuerte | 2.417.452 | 7.735.846 | 7.864.617 | Sí |
| 2.2. Evaluación de deslizamientos, reposición, instalación y modernización del sistema de instrumentación geotécnica e implementación obras de estabilización de deslizamientos embalse Tablachaca | 4.581.741 | 14.661.570 | 13.365.220 | Sí |
| 2.2.1. Rehabilitación y/o complementación de las obras del Derrumbe 5 | 1.994.653 | 6.382.891 | 6.206.523 | Sí |
| 2.2.1.1. Obras complementarias de estabilización del Derrumbe 5 | 1.782.137 | 5.702.839 | 5.567.206 | Sí |
| 2.2.1.2. Mantenimiento de 400 tendones de anclaje | 212.516 | 680.052 | 639.317 | Sí |
| 2.2.2. Rehabilitación y/o complementación de las obras de los otros deslizamientos | 1.651.598 | 5.285.115 | 5.531.279 | Sí |
| 2.2.2.1. Obras para la estabilización de otros deslizamientos | 1.033.958 | 3.308.665 | 3.650.822 | Sí |
| 2.2.2.2. Obras de estabilización del Derrumbe 10 | 617.641 | 1.978.450 | 1.880.457 | Sí |
| 2.2.3. Instrumentación del Derrumbe 5 y otros derrumbes | 935.489 | 2.993.565 | 1.627.418 | Sí |
| 2.2.3.1. Instrumentación complementaria en zonas inestables | 935.489 | 2.993.565 | 1.627.418 | Sí |
| 2.3. Evaluación, instalación e implementación del sistema de monitoreo de pérdidas de la carga del túnel de aducción | 432.639 | 1.384.443 | 1.627.418 | No |
| 2.3.1. Instrumentación del túnel de aducción | 432.639 | 1.384.443 | 1.627.418 | No |
| 2.3.1.1. Instrumentación del sistema de monitoreo de pérdidas de carga en el túnel de aducción | 432.639 | 1.384.443 | 1.627.418 | No |
| 2.4. Mitigación e impacto ambiental | 115.014 | 368.045 | 482.970 | No |
| 2.4.1. Riesgo y vulnerabilidad e impacto ambiental | 115.014 | 368.045 | 482.970 | No |
| 2.4.1.1. Mitigación impacto ambiental | 115.014 | 368.045 | 482.970 | No |
| 2.5. Gastos generales, utilidades e imprevistos | 4.614.726 | 14.767.123 | | No |
| 2.5.1. Gastos generales y utilidades | 2.569.919 | 8.223.742 | | No |
| 2.5.2. Imprevistos (15%) | 2.044.806 | 6.543.380 | | No |

Sección 3

EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS SELECCIONADOS

| Rubro | Precios privados | | Precios sociales | Reducción del riesgo |
|---|------------------|------------|------------------|----------------------|
| | Dólares | Soles | Soles | |
| Subtotal obras sin IGV (2.1 + 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5) | 15.676.849 | 50.165.916 | 35.759.729 | No |
| IGV | 2.978.801 | 9.531.524 | 0 | No |
| TOTAL OBRAS | 18.655.450 | 59.697.440 | 35.759.729 | |
| TOTAL INTANGIBLES Y OBRAS | 21.592.269 | 69.095.261 | 41.802.487 | |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.
Elaboración: IEP.

Los costos de la MRR ascienden a 44,2 millones de soles (cuadro 24). Por otra parte, los costos anuales de operación y mantenimiento de estas obras de reducción del riesgo son de aproximadamente 225 mil soles (cuadro 25).

Cuadro 24. Embalse Tablachaca: costo de la medida de reducción del riesgo

| Porcentaje de MRR en el total de costos | 63,94% | 63,94% | 60,18% |
|---|------------------|------------|------------------|
| | Precios privados | | Precios sociales |
| | Dólares | Soles | Soles |
| Intangibles ¹ | 1.877.698 | 6.008.633 | 3.636.581 |
| Obras | 6.999.193 | 22.397.417 | 21.229.837 |
| 2.1. Evaluación hidráulica y rehabilitación de estructuras civiles presa y contrafuerte | 2.417.452 | 7.735.846 | 7.864.617 |
| 2.2. Evaluación deslizamientos, reposición, instalación y modernización del sistema de instrumentación geotécnica e implementación de obras de estabilización deslizamientos embalse Tablachaca | 4.581.741 | 14.661.570 | 13.365.220 |
| 2.3. Evaluación, instalación e implementación del sistema de monitoreo de pérdidas de la carga del túnel de aducción | 0 | 0 | 0 |
| 2.4. Mitigación e impacto ambiental (monto correspondiente a mitigación) ¹ | 73.536 | 235.315 | 290.655 |
| 2.5. Gastos generales, utilidades e imprevistos | 2.950.492 | 9.441.574 | 0 |
| IGV | 1.904.540 | 6.094.118 | 0 |
| TOTAL | 13.805.458 | 44.177.056 | 25.157.073 |

1. Se asume que la importancia relativa en los costos directos se mantiene para los estudios, los costos indirectos, los impuestos y los costos ambientales.
Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.
Elaboración: IEP.

Cuadro 25. Embalse Tablachaca: costo de operación y mantenimiento de las MRR (soles)

| Año | Precios privados | Precios sociales |
|--------|------------------|------------------|
| Año 1 | 129.112 | 102.124 |
| Año 2 | 193.726 | 132.789 |
| Año 3 | 225.255 | 147.752 |
| Año 4 | 225.255 | 147.752 |
| Año 5 | 225.255 | 147.752 |
| Año 6 | 225.255 | 147.752 |
| Año 7 | 225.255 | 147.752 |
| Año 8 | 225.255 | 147.752 |
| Año 9 | 225.255 | 147.752 |
| Año 10 | 225.255 | 147.752 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.
Elaboración: IEP.

Beneficios

1. COSTO EVITADO DE LA RECONSTRUCCIÓN O LA REHABILITACIÓN

En el caso del embalse Tablachaca, la ocurrencia de lluvias de gran intensidad podría causar el deslizamiento de diferentes masas de los derrumbes circundantes a la presa. Por ello, para el cálculo del costo evitado de reconstrucción se ha considerado los deslizamientos de las masas A, C y D del D 5 y el deslizamiento del D 10.⁴⁰ En ese caso, los costos de rehabilitación del embalse se relacionan tanto con la reparación del daño sufrido por la estructura del embalse como con el costo de la eliminación de los escombros en el embalse, es decir, al dragado del material deslizado.

El cuadro 26 indica el costo de reposición de la infraestructura que se vería afectada por cada uno de los deslizamientos. En el caso de la masa A del D 5, se trata de la afectación de las obras del contrafuerte, la presa y los aliviaderos; para la masa C (del mismo derrumbe) los daños se darían sobre la presa y los aliviaderos; y las estructuras afectadas en el caso del deslizamiento de la masa D son el contrafuerte, la presa, los aliviaderos, las obras de toma y los desarenadores. Además, las estructuras que se dañarían ante el deslizamiento del D 10 son el edificio de control, las obras de toma y los desarenadores.

⁴⁰ Sobre la base de Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

Cuadro 26. Embalse Tablachaca: costo evitado de reparación de daños en las estructuras ante un deslizamiento

| Obras | Soles (precios privados) |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Deslizamiento de la masa A del D 5 | 31.020.932 |
| Deslizamiento de la masa C del D 5 | 290.851.174 |
| Deslizamiento de la masa D del D 5 | 589.198.162 |
| Deslizamiento del D 10 | 285.663.805 |
| Total | 1.196.734.073 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

El costo de la eliminación de escombros se calcula como el producto del costo unitario de eliminación por metro cúbico de material deslizado por el volumen total deslizado. Además, la información sobre el rendimiento de material deslizado por día permite calcular, sobre la base del volumen total deslizado, el tiempo de paralización aproximado de 60 días.

Cuadro 27. Embalse Tablachaca: costo evitado de eliminación de escombros (material deslizado)

| Costo de eliminación del material | Cantidad | Soles (precios privados) |
|--|-----------|-----------------------------|
| Volumen deslizado (m3) | 3.306.458 | |
| Rendimiento (m3/día) | 55.385 | |
| Tiempo de paralización aproximada (días) | 60 | |
| Costo unitario por m3 | | 50 |
| Total | | 164.978.367 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

Así, el costo evitado de la reconstrucción llega a 1.361,7 millones de soles.

2. COSTO EVITADO DE ATENDER LA EMERGENCIA

Debido a que Electroperú tiene compromisos de venta de energía, ante una interrupción de la generación en el complejo del Mantaro sería necesario para la empresa comprar energía para poder cumplir con sus obligaciones. Al hacerlo, la empresa tendría ingresos por la venta de energía, por lo que el costo de la atención de la emergencia consiste en el costo neto de la compra de energía para atender sus obligaciones. Del total de energía que vende Electroperú, 80% se comercia en el mercado regulado a través de contratos con las distribuidoras. El restante 20% se comercia en el mercado libre con contratos con los llamados clientes libres, principalmente empresas mineras (Consorcio Ingetec-SVS 2007b).

De ocurrir un evento hidrometeorológico que active los derrumbes del embalse Tablachaca se produciría un corte en la generación de energía por 60 días que obligaría a la empresa a comprar energía y potencia para cumplir

con sus obligaciones contractuales en ese lapso. El precio al que tendría que comprar Electroperú en el mercado spot administrado por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC) depende de si se compra en hora punta o no. El cálculo de los costos evitados se realiza estimando el diferencial entre lo que costaría el megavatio hora (MWh) en el mercado spot y lo que costaría en una situación sin evento meteorológico. En el cuadro 28 se presentan los costos de compra en el mercado spot de energía, en horas punta y fuera de ellas. El costo en hora punta es el de la energía requerida por el costo marginal de racionamiento (214,7 millones de soles) y el costo fuera de hora punta es el de la energía requerida por el costo marginal a Diésel 2 (582,2 millones de soles) lo que arroja un total de 797,0 millones. El costo de compra de potencia es de 31,2 millones. Así, se obtiene un costo estimado por compra de energía de 828 millones de soles.

Cuadro 28. Embalse Tablachaca: costo de compra de energía y potencia para atender obligaciones

| Rubros | Parámetros | Soles (precios privados) |
|---|------------|-----------------------------|
| Costo marginal de racionamiento (S./MWh) | 688 | |
| Costo marginal a Diésel 2 (S./MWh) | 403 | |
| Energía en hora punta (MWh) | 312.218 | |
| Energía fuera de hora punta (MWh) | 1.446.315 | |
| Energía total para atender a clientes (MWh) | 1.758.533 | |
| Costo en hora punta | | 214.771.640 |
| Costo fuera de hora punta | | 582.271.956 |
| Costo de compra de energía | | 797.043.596 |
| Costo de compra de potencia | | 31.261.488 |
| Total | | 828.305.083 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

El cuadro 29 muestra los ingresos si no existiese la paralización, con un costo marginal ponderado de 33 dólares por MWh (Consorcio Ingetec-SVS 2007b).

Cuadro 29. Embalse Tablachaca: ingresos por venta de energía durante paralización

| Rubros | Soles (precios privados) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Venta de energía a clientes | 183.961.858 |
| Venta de potencia | 32.803.239 |
| Total | 216.765.098 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

Si a los costos del mercado spot (cuadro 28) se les resta los ingresos obtenidos por la empresa al cumplir con sus obligaciones (cuadro 29), se obtiene el costo neto evitado de atención de la emergencia (cuadro 30), que asciende a 611,5 millones de soles.

Cuadro 30. Embalse Tablachaca: costo evitado de atención de la emergencia

| Rubro | Soles (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| Costo de compra de energía y potencia | 828.305.083 |
| Ingresos por venta de energía y potencia | 216.765.098 |
| TOTAL | 611.539.986 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

3. BENEFICIOS DIRECTOS POR NO INTERRUMPIR LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto)

El beneficio directo de las MRR sobre la actividad del proyecto es mantener operativa la generación en el complejo del Mantaro, lo que significa que no se interrumpen los ingresos de la empresa ni el suministro de energía eléctrica. Para calcular estos ingresos se ha utilizado la capacidad de generación media diaria y el costo marginal promedio ponderado. Este beneficio es el llamado lucro cesante, que se estima en 148 millones de soles. Se debe señalar que en el cálculo de los costos evitados de atención de la emergencia se incluyen los ingresos resultantes de los compromisos de la empresa, mientras que, en este caso, nos referimos a los ingresos relacionados con la venta de energía en el mercado spot.

Cuadro 31. Embalse Tablachaca: costo evitado de lucro cesante por no interrumpir la actividad del complejo

| Rubros | Parámetros | Soles (precios privados) |
|--|------------|-----------------------------|
| Generación media diaria (MWh) | 20.671 | |
| Costo marginal promedio ponderado de la energía (S./MWh) | 105 | |
| Ingresos no percibidos por energía | | 129.096.037 |
| Potencia firme no remunerada | | 12.065.007 |
| Ingresos no percibidos por potencia generada | | 7.110.240 |
| Ingresos no percibidos por potencia | | 19.175.248 |
| TOTAL | | 148.271.285 |

Fuente: Consorcio Ingetec-SVS 2007b.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Los resultados del ACB para los cuatro escenarios planteados muestran VAN positivos y muy altos (por encima de los 850 millones de soles), puesto que los costos de la MRR son bastante menores respecto de los beneficios, lo que se puede apreciar al observar los valores que alcanza el ratio beneficio/costo (siempre mayor a 22). Asimismo, en todos los casos las TIR son muy altas, lo que guarda relación con la magnitud de los beneficios en comparación con los costos de las medidas de mitigación analizadas. En todos los casos, las TIR son mayores a 100%, llegando a 960% en el Escenario 2; en este caso, por el mayor valor actual alcanzado por los beneficios esperados al ocurrir los beneficios desde el año 1, se tiene un menor descuento.

Cuadro 32. Embalse Tablachaca: indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|---|---|--|--|
| VAC (soles) | 40.893.178 | 40.893.178 | 40.893.178 | 40.893.178 |
| VAB (soles) | 1.134.253.210 | 1.412.780.749 | 907.402.568 | 1.130.224.599 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 1.093.360.032 | 1.371.887.570 | 866.509.390 | 1.089.331.421 |
| TIR | 117% | 960% | 107% | 768% |
| Ratio beneficio/costo | 27,74 | 34,55 | 22,19 | 27,64 |

Elaboración: EIP

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la evaluación social se estiman los precios sociales de los costos de inversión, operación y mantenimiento mostrados en los cuadros 24 y el 25. Para estimar los beneficios sociales se asume que, al interrumpirse la producción de energía en el complejo Mantaro, en el sistema interconectado se producirá energía adicional a Diésel 2 para abastecer la demanda y que la empresa adquirirá para cumplir con sus obligaciones frente a los usuarios. A tal efecto, se utiliza la información sobre el costo marginal a Diésel 2 del cuadro 28 y el costo marginal de la unidad productiva del cuadro 31; lo que nos permite establecer un costo social por producción no interrumpida de 369,5 millones de soles (cuadro 33)

Cuadro 33. Embalse Tablachaca: costo social evitado por producción no interrumpida

| Rubros | Unidad | Soles |
|---|------------------|-------------|
| Generación media diaria | MWh | 20.671 |
| Costo marginal promedio ponderado de la energía | Soles por MWh | 105 |
| Costo marginal a Diésel 2 | Soles por MWh | 403 |
| Incremento del costo marginal de generación | Soles por MWh | 298 |
| Generación en el sistema a Diésel 2 durante la emergencia (60 días) | MWh | 1.240.260 |
| Costo marginal adicional | Soles constantes | 369.572.675 |

Los indicadores de la evaluación social se presentan en el cuadro 34, evidenciándose la rentabilidad de la MRR en todos los escenarios.

Cuadro 34. Embalse Tablachaca: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 6: Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|--|---|---|
| VAC (soles) | 23.399.972 | 23.399.972 | 23.399.972 | 23.399.972 | 23.399.972 | 23.399.972 |
| VAB (soles) | 925.615.721 | 1.152.910.179 | 740.492.577 | 922.328.143 | 549.307.879 | 439.446.303 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 902.215.749 | 1.129.510.207 | 717.092.605 | 898.928.171 | 525.907.907 | 416.046.331 |
| TIR | 133% | 1376% | 123% | 1101% | 53% | 49% |
| Ratio beneficio/costo | 39,6 | 49,3 | 31,7 | 39,4 | 23,5 | 18,8 |

Elaboración: PDRS-GTZ.

⁴¹ Con mayor información sobre la probabilidad de ocurrencia de los deslizamientos, de manera simultánea o independiente, se podría haber efectuado el análisis de sensibilidad respecto de los daños probables y, por consiguiente, de los costos evitados de reparaciones y limpieza de escombros.

Además de los escenarios evaluados, con la finalidad de reducir la incertidumbre en la decisión de implementar las MRR, se analizó la probabilidad de ocurrencia del peligro que las haría no rentables socialmente, encontrándose que estaba por debajo de 5%.

Se debe precisar la alta incidencia en la rentabilidad social de los beneficios por los costos evitados de la reparación de daños y limpieza de escombros, ya que, en el escenario 5, si no se considera los beneficios de la no interrupción de la producción, seguiría siendo rentable socialmente (VAN de 84,6 millones de soles y TIR de 30%).⁴¹

Finalmente, se estimó que con la probabilidad de ocurrencia del peligro del 5% en el año 10, la implementación de las MRR no sería rentable socialmente si el costo de reparaciones estuviese por debajo de un 20% del valor estimado.

3.3.2. Proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y del sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro

El río Mantaro es uno de los más importantes de la sierra central del Perú, tanto por la extensión de su cuenca como por su relevancia para la economía de la región, y constituye la fuente del recurso hídrico utilizado en las centrales hidroeléctricas Santiago Antúnez de Manolo y Restitución, ambas de propiedad de Electroperú.⁴² La cuenca del río Mantaro tiene una longitud total de 735 kilómetros. Hasta la localidad de Tablachaca, donde se ubica la bocatoma de captación de las centrales de Electroperú, el río ha recorrido 377 kilómetros y el área de la cuenca hasta ese punto es de 18.290 kilómetros cuadrados.

La red hidrometeorológica del río Mantaro fue instalada en su mayor parte en el año 1962, habiéndose colocado otras estaciones a lo largo de los años. El sistema cuenta con el embalse natural del lago Junín que tiene una capacidad útil de 440 MMC. Este lago cuenta con la presa Upamayo, cuyos gastos de operación y mantenimiento son compartidos por Electroperú y Electroandes S. A. El COES-SINAC indica las descargas que puede hacerse en la presa sobre la base de la información que le entrega el Ministerio de Agricultura, responsable de regular las descargas del volumen de agua.

Foto 5. Cuenca del río Mantaro: estación de medición y control en laguna regulada



Fuente: Electroperú S. A.

Con el objetivo de reducir la vulnerabilidad del sistema de modo que no se afecte la capacidad de generación eléctrica, entre los años 1994 y 2001 se realizaron 16 obras de afianzamiento hídrico en las subcuencas Pachacayo-Cochas, Pachacayo-Piñascocha, Vilca-Moya, Quillón y Sur Oeste Lago Junín, almacenando agua durante los meses de diciembre a abril-mayo con una capacidad útil de 200,3 MMC, que se puede utilizar en los meses de mayo a noviembre, aproximadamente.

⁴² Esta somera descripción de la cuenca y el proyecto está basada en Harza Engineering Company International L. P. S. P. 2001.

Sin embargo, esta regulación producto del afianzamiento hídrico no reduce completamente el riesgo por eventos de origen hidrometeorológicos. Por ello, Electroperú ha decidido implementar el «Proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y del sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro», de modo que se pueda optimizar el uso del recurso hídrico captado por el afianzamiento hídrico. Este proyecto tiene el objetivo de mejorar la medición y el manejo de la información hidrometeorológica, lo que permitirá prever situaciones de sequía, inundaciones y daños a la infraestructura. El proyecto se orienta a realizar el monitoreo integral de la cuenca, de modo de contar con predicciones sobre la situación de los siguientes tres días y mejorar la gestión del recurso hídrico.⁴³ Esto es posible mediante la mejora del modelo de pronóstico hidrológico y de reglas de operación, para lo que se requiere de información en tiempo real (o cuasi real) y un sistema de comunicación con las lagunas y los embalses que permita transmitir las órdenes de operación que se determinen como resultado del modelo.

El proyecto comprende tres aspectos básicos: la modernización de la red hidrometeorológica de la cuenca del río Mantaro, la automatización y el telecontrol del sistema de operación de las lagunas reguladas y el planteamiento de un sistema integral de optimización de la operación de los recursos hídricos en la cuenca. En otras palabras, este proyecto en sí mismo constituye una MRR, estando enmarcado en una gestión del riesgo correctiva.

Análisis del riesgo

El sistema hidroenergético del complejo del Mantaro es un sistema vulnerable al comportamiento cada vez menos predecible del ciclo hidrológico (Conam 2005d y 2005e). Por un lado, el comportamiento errático del FEN, que puede traer lluvias excesivas o sequías, y por otro lado La Niña, que acorta los periodos de lluvia (los cuales bajan de 5 a 3 meses, por ejemplo). Asimismo, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el caudal natural del río Mantaro depende de sus afluentes (que se ven afectados por los fenómenos mencionados) y de los afloramientos y los deshielos. La frecuencia, el periodo y la intensidad de las lluvias afectan las fuentes de caudal del río y el almacenamiento de agua de las lagunas ubicadas en las alturas de la cuenca (IGP 2005).

Por lo tanto, la generación de energía en la cuenca del río Mantaro está expuesta a peligros naturales tales como sequía y lluvias intensas. En el caso de presentarse una sequía, la cantidad de agua disponible se reduce, lo que afecta la capacidad de generación.

Debido a que la generación de energía depende del flujo de agua es importante controlar la cantidad de agua descargada de las lagunas reguladas pues la ocurrencia de lluvias no previstas (o no predichas por el sistema hidrometeorológico) puede aumentar el caudal de la cuenca incrementando el material acarreado (sedimentos) que ingresará al embalse.

La vulnerabilidad existente se debe a la variabilidad del clima, por lo que constituyen factores de fragilidad tanto la falta de información oportuna sobre las condiciones climáticas como la inexistencia de mecanismos de transmisión en el complejo que permitan una adecuada regulación del almacenamiento y la descarga de las aguas.

Siendo el mismo sistema analizado en el caso anterior, podría también asumirse que la interrupción en la generación de energía del complejo Mantaro sería cubierta en un corto tiempo con otras fuentes del sistema interconectado, pero su costo sería mayor para la sociedad.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

La reducción de la vulnerabilidad en este caso tiene que ver con la disponibilidad oportuna de información sobre eventos climáticos a través de la modernización de la red hidrometeorológica; la mayor seguridad en la descarga de las aguas reguladas se logrará con la automatización y el telecontrol del sistema de operaciones de las lagunas reguladas; y la respuesta apropiada frente a la variabilidad climática será posible con la implementación de un sistema integral de optimización del manejo de los recursos hídricos de la cuenca.

⁴³ El tránsito del agua entre las presas y el embalse Tablachaca puede tomar 36 horas.

Gráfico 11. Cuenca del Mantaro: AdR

Medidas de reducción del riesgo

Peligros: sequías y lluvias intensas

En la zona la variabilidad climática se expresa tanto en sequías que afectan la disponibilidad de agua para generación de energía, como lluvias intensas que, en el período de descarga de aguas hacia el embalse, pueden generar mayor arrastre de sedimentos o desbordes.

Vulnerabilidad

- Exposición: El complejo está expuesto a la variabilidad climática.
- Fragilidad: Deficiente gestión de la información sobre los fenómenos climáticos. Insuficientes mecanismos de gestión de información en la descarga de aguas reguladas.
- Resiliencia: Capacidades institucionales insuficientes para la respuesta y la recuperación del almacenamiento de agua, así como del aprovisionamiento de energía.

Daños y pérdidas probables (riesgo)

- Daños en las obras del embalse por flujos de agua y sedimentos incrementados por lluvias intensas, que interrumpirían la producción de energía.
- Disminución o interrupción total de la producción de energía de las centrales hidroeléctricas por disminución de la disponibilidad de agua en épocas de sequía.
- Racionamiento de energía e incremento de costos para los usuarios (menor excedente del consumidor).
- Reducción o interrupción de actividades productivas; pérdidas para los productores o disminución del excedente del productor.

Peligros: sequías y lluvias intensas

No es posible intervenir sobre estos peligros naturales.

Vulnerabilidad

- Implementación de estrategias de comunicación que permitan mejorar la disponibilidad de información sobre eventos climáticos.
- Implementación de mecanismos de adecuada gestión de la información durante la descarga de aguas.
- Diseño de estrategias de manejo regulado del agua en épocas de sequía.
- Planes de contingencia y emergencia para el servicio de energía y la operación del embalse.
- Fortalecimiento de la capacidad de respuesta frente la variabilidad climática.

Costos de inversión, operación y mantenimiento

Los costos de la implementación del proyecto, que corresponden íntegramente a los costos de las MRR, se muestran en el cuadro 35 y llegan a un monto de 23,9 millones de soles.

Cuadro 35. Cuenca del Mantaro: costo de la MRR¹

| Rubro | Primera etapa | | Segunda etapa | Total |
|---|---------------|-----------|---------------|------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 4 | |
| 1. Red hidrometeorológica | 3.475.702 | 1.489.587 | 3.698.004 | 8.663.292 |
| Red meteorológica básica y centro de control | 3.475.702 | 1.489.587 | 0 | 4.965.289 |
| Red meteorológica complementaria | 0 | 0 | 3.698.004 | 3.698.004 |
| 2. Automatización local | 1.557.919 | 1.557.919 | 0 | 3.115.837 |
| 3. Telemando de regulación laguna Chilicocha (Moya) | 65.962 | 0 | 1.216.236 | 1.282.197 |
| Costo directo (CD) | 5.099.582 | 3.047.505 | 4.914.239 | 13.061.327 |
| Gastos generales y utilidad (30% de CD) | 1.529.875 | 914.252 | 1.474.272 | 3.918.398 |
| Servicios de ingeniería (10% de CD) | 509.958 | 304.751 | 491.424 | 1.306.133 |
| Repuestos (3% de CD) | 152.987 | 91.425 | 147.427 | 391.840 |
| Pruebas en fábrica | 117.918 | 0 | 78.612 | 196.530 |
| Costos directo e indirecto (CDI) | 7.410.321 | 4.357.932 | 7.105.974 | 18.874.227 |
| Supervisión (5% de CDI) | 370.517 | 218.131 | 355.770 | 944.418 |
| Administración (2,5% de CDI) | 185.258 | 108.948 | 177.649 | 471.856 |
| Subtotal (sin IGV) | 7.966.096 | 4.685.011 | 7.639.394 | 20.290.501 |
| IGV (18%) ² | 1.433.897 | 843.302 | 1.375.091 | 3.652.290 |
| Total | 9.399.993 | 5.528.314 | 9.014.485 | 23.942.791 |

1. Se ha convertido los datos reportados en dólares (marzo de 2001) utilizando un tipo de cambio de 3,521 soles por dólar, correspondiente al dato del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) para la venta.

2. La información de costos del proyecto no consideraba IGV, por lo que se ha calculado utilizando una tasa de 18% a toda venta de bienes y servicios.

Fuente: Harza Engineering Company International L. P. S. P. 2001.

Elaboración: IEP.

Además de la implementación, se incluyen también los datos de los costos anuales de operación y mantenimiento que ascienden a aproximadamente 1,6 millones de soles.

Cuadro 36. Cuenca del Mantaro: costo de operación y mantenimiento de la MRR¹

| Rubro | Soles (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| 1. Tablachaca | 647.449 |
| 2. Sistema de lagunas reguladas | 299.787 |
| • Cuenca Moya | 50.469 |
| • Cuenca Quillón | 50.469 |
| • Cuenca Pachacayo (Piñascocha y Cochazo) | 100.938 |
| • Cuenca alta (Yanacocha, Hueghue y Hucracocha) | 69.414 |
| • Upamayo | 28.497 |
| 3. Sistema hidrometeorológico | 382.054 |
| • Estaciones meteorológicas | 99.051 |
| • Estaciones hidrométricas | 283.003 |
| Subtotal sin IGV | 1.329.290 |
| IGV (18%)² | 239.272 |
| Total costo de medidas de reducción de riesgo (operación y mantenimiento) | 1.568.562 |

1. Se ha convertido los datos reportados en dólares (marzo de 2001) utilizando un tipo de cambio de 3,521 soles por dólar, correspondiente al dato del BCRP para la venta.

2. La información de costos del proyecto no consideraba IGV, por lo que se ha aplicado la tasa de 18%.

Fuente: Harza Engineering Company International L. P. S. P. 2001.

Elaboración: IEP.

Beneficios

1. BENEFICIOS POR OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS FRENTE A VARIACIONES CLIMÁTICAS

El principal beneficio del proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y del sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del río Mantaro es permitir la optimización del uso del recurso hídrico en la generación de energía de las centrales hidroeléctricas Santiago Antúnez de Mayolo y Restitución; de esta manera la producción de energía puede ser la máxima posible (para los caudales que presente el río), lo que reduce el riesgo de un déficit de energía en años secos.

Esta optimización consiste en mantener la generación de energía al máximo nivel posible, dada una cantidad de agua disponible. Esto implica conocer el caudal que tendrá el río en los siguientes días y las precipitaciones, de manera que ante caudales muy altos sea posible liberar más agua de las lagunas reguladas o ante excesivos caudales o precipitaciones reducir su volumen; pues en los casos en que el caudal es muy alto la mayor cantidad de sedimentos puede forzar a la apertura de la presa para eliminar el exceso de agua y evitar el daño de los equipos de generación de energía.

Estimaciones realizadas sobre la relación entre la producción de energía con los caudales, tanto en una simulación sin proyecto como en una situación en la que se optimiza el despacho del recurso hídrico de las lagunas reguladas,

permiten simular para 26 series temporales históricas de 10 años la producción de energía en las situaciones con y sin proyecto.⁴⁴ La simulación en las 26 series históricas⁴⁵ se realiza con el objetivo de incluir la variación del comportamiento hidrometeorológico como criterio de manejo de la cuenca. Los resultados obtenidos corresponden al beneficio neto, es decir a la diferencia entre los ingresos estimados en las simulaciones con y sin proyecto.⁴⁶ En promedio, el VAN de la optimización del uso del recurso hídrico es de 8,3 millones de soles.

Cuadro 37. Cuenca del Mantaro: cálculo del valor actual neto de optimización del uso del recurso hídrico

| Serie | Soles (precios privados) |
|----------|-----------------------------|
| 1 | 9.969.076 |
| 2 | 7.223.020 |
| 3 | 4.879.178 |
| 4 | 6.501.208 |
| 5 | 2.812.168 |
| 6 | -2.610.331 |
| 7 | -615.806 |
| 8 | -255.767 |
| 9 | 119.334 |
| 10 | 3.376.529 |
| 11 | 4.713.497 |
| 12 | 6.333.011 |
| 13 | 8.416.482 |
| 14 | 9.072.652 |
| 15 | 11.285.228 |
| 16 | 10.183.879 |
| 17 | 6.783.520 |
| 18 | 10.938.528 |
| 19 | 12.305.134 |
| 20 | 4.766.035 |
| 21 | 5.992.746 |
| 22 | 9.525.659 |
| 23 | 12.885.146 |
| 24 | 17.216.673 |
| 25 | 24.372.210 |
| 26 | 29.591.258 |
| Promedio | 8.299.241 |

Fuente: Harza Engineering Company International L. P. S. P. 2001.
Elaboración: IEP.

⁴⁴ La metodología aplicada sigue la propuesta de Harza Engineering Company International L. P. S. P. 2001. Para los cálculos de ingresos por venta de energía se utilizó el promedio anual de las tarifas para el costo marginal de la energía de media.

⁴⁵ Las series corresponden a datos para 10 años, teniendo como periodos iniciales de 1965 a 1999.

⁴⁶ Se ha utilizado el promedio (de las 26 series) de los ingresos de cada año.

Otro beneficio identificado que no ha podido ser incluido en la evaluación, por falta de información relacionada, es el que se daría sobre la actividad agrícola, pues al optimizarse el uso del recurso hídrico (manteniendo control sobre los niveles de agua), se estaría asegurando también la oferta de agua para los agricultores.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Debido a que el beneficio considerado refleja un mayor nivel de seguridad, pues se trata del uso óptimo del recurso hídrico considerando los volúmenes disponibles en las lagunas reguladas y los pronósticos sobre las precipitaciones en los siguientes días, se considera que este se generará de manera permanente; por ello, las diferencias entre los escenarios planteados solo se dan entre aquellos con diferentes grados de éxito de las medidas de mitigación.

El ACB para los escenarios planteados da como resultado (cuadro 38) VAN positivos (entre 9,5 y 18,5 millones de soles) y ratios beneficio/costo mayores a 1, lo que refleja que los beneficios del proyecto son mayores a sus costos. Respecto a las TIR, en ambos casos son mayores a la tasa de descuento social, por lo que se puede afirmar que el proyecto es rentable considerando su costo de oportunidad.

Cuadro 38. Cuenca del Mantaro: indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocu- rrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de pro- babilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|---|---|---|
| VAC (soles) | 26.627.209 | 26.627.209 | 26.627.209 | 26.627.209 |
| VAB (soles) | 45.182.622 | 45.182.622 | 36.146.098 | 36.146.098 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 18.555.413 | 18.555.413 | 9.518.889 | 9.518.889 |
| TIR | 49% | 49% | 31% | 31% |
| Ratio beneficio/costo | 1,70 | 1,70 | 1,36 | 1,36 |

Elaboración: IEP.

Evaluación social

En relación con los costos de inversión, operación y mantenimiento, se asume que 80% de los costos directos corresponden a bienes transables (equipos) y la diferencia a no transables, con esta estructura se ajustaron los costos.

En relación con los beneficios sociales (cuadro 39) se asume que, por efecto del proyecto, la sociedad recibirá mayor producción de energía debido al adecuado manejo de la disponibilidad de agua en las lagunas reguladas, sobre la base de instrumentos provistos por el proyecto, y que su valoración es expresada por la tarifa que pagan a la empresa. En este contexto, la diferencia entre los valores de venta con y sin proyecto estimados para la evaluación económica es aplicable para la evaluación social.

Es necesario mencionar que no se ha considerado los costos evitados de la probable interrupción de la producción si la descarga de aguas reguladas de las lagunas hacia el embalse Tablachaca se ve incrementada por lluvias intensas que la

afectarían ni los costos de limpieza de los sedimentos que ingresarían al embalse. Para esto se requería información de probables impactos de lluvias extraordinarias en el momento de las descargas de las lagunas reguladas.

Por otra parte, el proyecto genera también externalidades sobre los usuarios de agua para riego que se beneficiarían de la adecuada regulación de las aguas; sin embargo, en el SNIP se prioriza los beneficios sociales que el proyecto genere principalmente en los usuarios, antes que los generados a terceros.

Cuadro 39. Cuenca del Mantaro: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Efectividad de 100% de la MRR | Escenario 2: Efectividad de 80% de la MRR | Escenario 3: Sensibilidad a los beneficios de 49% |
|--------------------------|--|---|---|
| VAC (soles) | 21.972.545 | 21.972.545 | 21.972.545 |
| VAB (soles) | 45.182.622 | 36.146.098 | 22.139.485 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 23.210.077 | 14.173.553 | 166.940 |
| TIR | 75% | 51% | 11% |
| Ratio beneficio/costo | 2,1 | 1,7 | 1,0 |

El proyecto es rentable socialmente pese a no incluirse otros beneficios identificados; los beneficios tendrían que disminuir a menos de 49% para que ya no lo fuese.

3.4. SECTOR SANEAMIENTO

3.4.1. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el eje Paita-Talara

El sistema de agua potable y alcantarillado original del eje Paita-Talara, que abastece a las provincias de Paita y Talara en la región Piura, comprendía una planta de tratamiento de agua potable, 3 estaciones de bombeo y 54 kilómetros de línea de conducción para agua potable, obras que se terminaron de construir en mayo de 1979.⁴⁷ El área de influencia de esta infraestructura está formada por un grupo de localidades a lo largo de 150 kilómetros del litoral entre las ciudades de Paita y El Alto, que alberga a 120 mil personas. El suministro del servicio de agua potable y desagüe en Talara está a cargo de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS), Grau, ex Sedapiura.

Las obras de reconstrucción del sistema del eje Paita-Talara consisten en el reforzamiento y la reubicación de los tramos de la tubería de agua potable que fueron afectados por efecto de las lluvias extraordinarias originadas por el FEN entre 1997-1998. Estas obras se refieren en gran parte a la sustitución de los apoyos de concreto colapsados por pilotes de acero a ambos lados de la tubería. En casos puntuales, consisten en el enterramiento de un tubo aéreo, la construcción de puentes para soporte de la tubería y el reemplazo de la tubería existente por una nueva. El área de influencia de este proyecto de reconstrucción es el tramo entre el río Chira y la localidad de El Alto (Cesel s. f. a).

⁴⁷ Fuente <http://www.gym.com.pe/imagenes/Obras_GyM.pdf>.

Foto 6. Eje Paita-Talara: tubería de conducción



Fuente: <http://www.cesel.com.pe/index_home_cesel_1.htm>, consultada el 14 enero de 2008.

El eje Paita-Talara sufrió los efectos dañinos del FEN 1997-1998. Entre ellos, inundaciones de las instalaciones de agua potable (planta) y desagüe, sobrecarga, desestabilización de taludes, erosión de suelos, transporte de lodos y atoros en los conductos, así como el colapso del puente Simón Rodríguez.

Las obras de reconstrucción del sistema del eje Paita-Talara consisten en el reforzamiento y la reubicación de los tramos de la tubería de agua potable que fueron afectados por efecto de las lluvias extraordinarias originadas por el FEN entre 1997-1998. Estas obras se refieren en gran parte a la sustitución de los apoyos de concreto colapsados por pilotes de acero a ambos lados de la tubería. En casos puntuales, consisten en el enterramiento de un tubo aéreo, la construcción de puentes para soporte de la tubería y el reemplazo de la tubería existente por una nueva. El área de influencia de este proyecto de reconstrucción es el tramo entre el río Chira y la localidad de El Alto (Cesel s. f. a).

Análisis del riesgo

Los peligros a los que está expuesta la línea de conducción de agua potable del eje Paita-Talara son los desbordes de quebradas o ríos, la erosión de suelos y deslizamientos debido a la escorrentía de las aguas que se incrementa con lluvias de intensidad extraordinaria como las asociadas al FEN. La información sobre afectación de las provincias de Paita y Talara por eventos hidrometeorológicos que provee la base de datos DesInventar (anexo 3) sustenta la probabilidad de que puedan ocurrir lluvias intensas que desencadenen los peligros identificados; se observa la importante incidencia del FEN en la zona y sus consecuencias.

A lo largo de los 54 kilómetros de recorrido de la línea existen tramos que siguen el curso de quebradas o las cruzan, en los cuales se expone a la socavación de suelos y las inundaciones ocasionadas por el incremento de los flujos de agua, otros tramos se ubican en zonas de deslizamientos que se activan con las lluvias. El diseño y los materiales de la línea de conducción y las estructuras de soporte no son apropiados para resistir los efectos de los flujos extraordinarios de avenidas; en los tramos ubicados en el curso de las quebradas las estructuras de soporte de la línea y los puentes de cruce detienen materiales y sedimentos lo que impide el libre flujo del agua y socava el cauce; y en los tramos expuestos a deslizamientos los soportes no son resistentes.⁴⁸

Dada la experiencia pasada, se asume que existe una baja capacidad institucional para hacer frente a la emergencia y también poca disponibilidad financiera para la recuperación de la infraestructura dañada o destruida. La población no está preparada para abastecerse de agua potable ante la interrupción del servicio. Esto es muy grave porque, como consecuencia del colapso de la línea de conducción, se interrumpirá el abastecimiento de agua potable, los usuarios verán disminuido su excedente por tener que proveerse a través de mecanismos más costosos y se incrementarán las enfermedades asociadas con las restricciones en el abastecimiento de agua potable.

En este caso es posible reducir el riesgo con intervenciones sobre las causas que generan el represamiento de los flujos de agua y, en consecuencia, la erosión de los suelos alrededor de los pilares de los puentes de cruce y las estructuras de soporte. Estas medidas están relacionadas con el diseño de estos elementos. Igualmente, se pueden instalar estructuras de protección que reduzcan la erosión de los suelos.⁴⁹

La reducción de la vulnerabilidad frente a los desbordes y la erosión en las quebradas puede lograrse con el cambio de trazo de algunos tramos de la línea evitando su exposición o disminuyendo el grado de esta. En aquellos tramos en los que no es posible hacerlo, se debe incrementar su resistencia frente al peligro con diseño y materiales apropiados tanto de la línea de conducción como de las estructuras de soporte. En los tramos expuestos a deslizamientos la resistencia se incrementa con diseño y materiales apropiados y estructuras de protección que eviten el impacto del material deslizado sobre la línea.

El incremento de la resiliencia puede lograrse con planes de contingencia y emergencia en la EPS que permitan una respuesta planificada y eficaz, así como una pronta recuperación del abastecimiento de agua. La población debe estar también preparada para enfrentar épocas de racionamiento y manipular el agua disponible apropiadamente para evitar su contaminación, la proliferación de vectores y la transmisión de enfermedades.

En el gráfico 12 se sintetiza el análisis del riesgo.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

Las MRR consideradas en el proyecto se enfocan en el uso de tecnologías constructivas que hagan más resistente la línea de conducción frente a los peligros que enfrenta, así como el empleo de puentes de cruce en quebradas o ríos con un diseño que permita el libre flujo del agua.⁵⁰ Se considera también estructuras de protección en cauces y taludes inestables.

Las nuevas especificaciones contemplan el tendido de puentes construidos sobre perfiles de acero que presentan menor área superficial de resistencia al paso de la corriente, es decir, con formas tubulares. Además, se proyectó dejar un área libre al paso de la corriente de agua, mediante la eliminación de dos o tres columnas y el apoyo de la tubería en puentes de arco con estructuras tipo celosía.⁵¹

⁴⁸ Tradicionalmente se ha diseñado tuberías enterradas debajo de los lechos de los cursos de agua, o sobre puentes con pilares de concreto armado afincados en pilotes en el mismo lecho cuya área expuesta a la corriente de agua no permitiese el rápido desprendimiento de las plantas o los objetos que en ella se acumulaban.

⁴⁹ Las estructuras de protección pueden servir como medidas de reducción del peligro si disminuyen la probabilidad de que este se genere, como es el caso de la socavación o la erosión; pero también como medidas de reducción de la vulnerabilidad cuando su finalidad es evitar que el peligro impacte sobre el elemento expuesto.

⁵⁰ Especialistas de la DGPM señalan que una de las lecciones aprendidas del colapso de puentes como consecuencia del FEN 1997-1998 fue que los pilares de los puentes deberían tener una mayor profundidad y distancia entre ellos para evitar la retención de material de arrastre y, en consecuencia, el represamiento de las aguas y la socavación de las bases. El diseño reticulado de puentes no es apropiado para enfrentar el fuerte caudal y el material asociado a lluvias intensas, especialmente las que se presentan con el FEN.

⁵¹ Estructura de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos.

Gráfico 12. Eje Paita-Talara: AdR del proyecto

Medidas de reducción del riesgo

Peligros: desborde de ríos, erosión y deslizamientos

Lluvias intensas asociadas al FEN, represamiento de los flujos de aguas.

Vulnerabilidad

- Exposición: la línea de conducción tiene tramos ubicados cerca a cauces de quebradas y zonas propensas a deslizamientos.
- Fragilidad: el diseño y los materiales inadecuados que no consideran el probable impacto de los peligros existentes.
- Resiliencia: insuficientes capacidades para la atención de la emergencia y la recuperación de la línea de conducción. Gestión de los servicios sin participación de los usuarios.
- La población no está preparada para restricciones en el aprovisionamiento.

Daños y pérdidas probables (riesgo)

- Daños y destrucción de tramos de la línea de conducción.
- Interrupción en el abastecimiento de agua potable.
- Uso de fuentes alternas de agua en condiciones inseguras y con mayores costos.
- Aumento de enfermedades asociadas al el consumo de agua y las condiciones de insalubridad. Incremento en las tasas de mortalidad.
- Gastos en el tratamiento de enfermedades.
- Ausentismo laboral.
- Disminución de actividades productivas que dependen del abastecimiento de agua.

Peligros: desborde de ríos, erosión y deslizamientos

- Diseño apropiado de los puentes y la estructura de soporte de la línea que evite el represamiento de los flujos de agua.
- Estructuras de protección que reduzcan la socavación de los suelos donde se localiza el puente y las estructuras de soporte de la línea.

Vulnerabilidad

- Diseño y materiales de la línea y las estructuras de soporte con características que incrementen la resistencia frente a los peligros.
- Planes de contingencia y emergencia en la EPS.
- Preparación de la población para situaciones de emergencia.
- Capacidades institucionales y de la población para reducir la proliferación de vectores.

Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

Costo de inversión, operación y mantenimiento

Los costos de inversión del proyecto están referidos a la reconstrucción de la línea de conducción y ascienden a 6,0 millones de soles (cuadro 40).

Cuadro 40. Eje Paíta-Talara: costos totales del proyecto

| Rubro | Soles (precios privados) |
|---|-----------------------------|
| Costos directos | 4.111.682 |
| Obras preliminares y provisionales | 93.179 |
| Reconstrucción del eje Paíta-Talara | 2.469.406 |
| Reconstrucción de la derivación Talara-El Alto | 901.942 |
| Reconstrucción de la derivación Talara-Negritos | 641.352 |
| Costos ambientales | 5.804 |
| Gastos generales (15% del costo directo) | 616.752 |
| Utilidades (10% del costo directo) | 411.168 |
| Subtotal | 5.139.602 |
| IGV | 925.128 |
| Total | 6.064.731 |

Fuente: Cesel s. f. a.

Los costos de inversión en las MRR consideran la mejora de los puentes sobre los que la tubería cruza las quebradas, el mejoramiento de los apoyos de la tubería de modo que sean más resistentes a los deslizamientos y la socavación de los suelos y las obras de defensa ribereña (cuadro 41).

Cuadro 41. Eje Paíta-Talara: costo de la MRR

| Rubro | Soles (precios privados) |
|---|-----------------------------|
| Costos directos | 1.233.505 |
| Obras preliminares y provisionales | 27.954 |
| Reconstrucción del eje Paíta-Talara | 740.822 |
| Reconstrucción de la derivación Talara-El Alto | 270.583 |
| Reconstrucción de la derivación Talara-Negritos | 192.406 |
| Costos ambientales | 1.741 |
| Gastos generales (15% del costo directo) | 185.026 |
| Utilidades (10% del costo directo) | 123.350 |
| Subtotal | 1.541.881 |
| IGV | 277.539 |
| Total | 1.819.419 |

Fuente: Cesel s. f. a.

Debido a que no se contaba con información sobre los costos de operación y mantenimiento de las MRR se adoptó el supuesto de que estos ascienden a 10% del costo total, es decir, 181.941 soles.

Beneficios

1. COSTO EVITADO DE LA RECONSTRUCCIÓN

El costo evitado de reconstrucción comprende los costos de restablecer la infraestructura ante la ocurrencia de daños similares a los acontecidos en 1998. Se asume que se reconstruiría la línea en iguales condiciones de riesgo al que condujo a su colapso, es decir sin incorporar MRR. Bajo este supuesto el costo evitado de reconstrucción asciende a 4,2 millones de soles (cuadro 42).

Cuadro 42. Eje Paita-Talara: costo evitado de reconstrucción

| Rubro | Soles (precios privados) |
|---|-----------------------------|
| Costos directos | 2.878.177 |
| Obras preliminares y provisionales | 65.225 |
| Reconstrucción del eje Paita-Talara | 1.728.584 |
| Reconstrucción de la derivación Talara-El Alto | 631.359 |
| Reconstrucción de la derivación Talara-Negritos | 448.946 |
| Costos ambientales | 4.063 |
| Gastos generales (15% del costo directo) | 431.727 |
| Utilidades (10% del costo directo) | 287.818 |
| Subtotal | 3.597.722 |
| IGV | 647.590 |
| Total | 4.245.311 |

Fuente: Cesel s. f. a.

2. COSTO EVITADO POR GASTOS EN SALUD PÚBLICA (MENOS CASOS DE ENFERMEDADES)

Los beneficios por menores gastos en salud pública se han estimado considerando las enfermedades que provoca directamente la interrupción de los servicios de saneamiento, el incremento en las tasas de morbilidad y mortalidad y los costos de tratamiento de estas enfermedades. A continuación se describe la metodología de cálculo de los costos de tratamiento de cada una de las enfermedades.

Se ha identificado tres enfermedades cuya tasa de morbilidad y mortalidad se incrementa en presencia de eventos climáticos extremos como el FEN, asumiendo que la falta de abastecimiento de agua de calidad y el manejo inadecuado de la disponible incide en este incremento. Estas son la malaria, el dengue y las enfermedades diarreicas agudas (EDA).

Los costos evitados por gastos en salud pública son los llamados costos directos por la enfermedad (diagnóstico, manejo y tratamiento) y derivan de los procedimientos estipulados por el Ministerio de Salud (MINS) en las Normas Técnicas de Salud (NTS). Además, existen costos indirectos que produce la situación de estar enfermo, como no poder trabajar. Los costos indirectos serán considerados como costos evitados de empeoramiento de las condiciones sociales y se presentarán más adelante.

El cálculo de los costos directos requiere la identificación de los costos de diagnóstico, manejo y tratamiento de la enfermedad. Asimismo, se precisa definir la población afectada como consecuencia de la interrupción de los servicios, cuyo número se estimará comparando las tasas de morbilidad de esa población en condiciones cotidianas⁵² y las observadas en periodos en los que ha impactado un evento hidrometeorológico extremo. A continuación se identifican los costos de diagnóstico, manejo y tratamiento.

Malaria:

Los costos de la malaria se calculan sobre la base de los procedimientos que estipula el MINSa en la NTS para la atención de malaria y malaria grave en el Perú.⁵³ La norma divide el tratamiento de esta enfermedad en dos grupos: el tratamiento para la malaria leve (debida al *P. Falciparum*⁵⁴) para adultos, niños y mujeres gestantes y la malaria grave. Para nuestro cálculo de los costos de la malaria se tomaron aquellos de tratamiento de la enfermedad en su modo leve.⁵⁵ Este supuesto permite mantener las proyecciones de beneficios en un nivel conservador.

Los costos de la enfermedad son de diagnóstico, manejo de la enfermedad y tratamiento. Los costos de diagnóstico en que se incurre corresponden al valor que tienen las pruebas de laboratorio *gota gruesa* y *frotis*.⁵⁶ El costo de manejo de la enfermedad se calcula a partir de las pruebas de laboratorio de hemoglobina y hematocrito que se toman al paciente al iniciar el tratamiento y a lo largo de este.⁵⁷ Los costos de tratamiento se calcularon en función del protocolo de atención que se encuentra en la NTS. En el cuadro 43 se describe el tratamiento para los dos diferentes tipos de malaria leve que se presentan en Piura. Se debe señalar que, para el costo del tratamiento, se asumió que las personas afectadas eran adultos con un peso de 70 kilogramos.⁵⁸ Asimismo, debido a que el documento del MINSa no especificaba hospitalización ni tiempo de hospitalización en ninguno de los tipos de malaria, no se tomó en cuenta el costo por día de hospitalización.

Cuadro 43. . Tratamiento de la malaria por *P. Falciparum*

| Medicamento | N.º | Días | | |
|--|---------|--|----------------------------|----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Sulfadoxina (tabletas de 500 mg) Pirimetamina (tabletas de 25 mg) | 3 | 3 tabletas S (25 mg/kg/día) P (1,25 mg/kg/día) | | |
| Artesunato (tabletas de 250 mg) | 740.822 | 1 tableta (4 mg/kg/día) | 1 tableta (4 mg/kg/día) | 1 tableta (4 mg/kg/día) |

Fuente: NTS 054 MINSa/DGSP-V.01.
Elaboración: IEP.

Dengue:

Los costos del dengue se calcularon siguiendo los tratamientos que estipula la NTS para la atención de casos de dengue y dengue hemorrágico en el Perú en la que se divide el tratamiento de esta enfermedad en: dengue clásico, dengue hemorrágico y shock por dengue hemorrágico. Para el cálculo solo se tomó en cuenta el tratamiento del dengue clásico, el cual, por la naturaleza viral de la enfermedad, se concentra en controlar los síntomas que presenta el paciente. El objetivo de considerar para el análisis solo este tipo de dengue es mantener los cálculos de costos evitados en un nivel conservador.

El tratamiento consiste en medidas antitérmicas (excepto aspirina) y la administración de abundantes líquidos por vía oral, incluida la ingestión de sales de rehidratación durante el periodo de caída de la fiebre, igual que en el

⁵² Se entiende que en una situación sin evento hidrometeorológico y con servicio normal igualmente existe una tasa de morbilidad.

⁵³ NTS 054 MINSa/DGSP-V.01.

⁵⁴ El objetivo de los cálculos es encontrar el costo mínimo de tratamiento por paciente, por lo que se han considerado, para los casos en que hay más de una variante de la enfermedad, aquella cuyos costos son más bajos.

⁵⁵ Si bien la dosis para esta enfermedad varía según el grupo etáreo, aquí se toma el dato para adultos.

⁵⁶ Estas pruebas son válidas tanto para el diagnóstico de la malaria leve como de la grave.

⁵⁷ Para el cálculo se asume que se toman las pruebas al inicio y al final del tratamiento.

⁵⁸ Esto influye en los costos de tratamiento, pues las dosis generalmente prescritas en miligramos (mg) varían de acuerdo con el peso del paciente.

tratamiento de la diarrea aguda, además del uso de Paracetamol (una tableta de 300 mg cada 6 horas).

EDA:

Los costos de tratamiento de las EDA se han calculado para enfermedades como *Cholerae* (cólera), *Salmonella Typha*, *E. Coli*, *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*. De estas, solo el cólera tiene un tratamiento de rehidratación endovenosa. Para el caso de las otras EDA, el costo de tratamiento utilizado es el promedio de las enfermedades indicadas.

El tratamiento de estas enfermedades se caracteriza por la rehidratación del paciente por vía oral y, en casos extremos, por vía endovenosa, a la vez que se sigue una medicación que difiere según el tipo de enfermedad. Los tratamientos de las diferentes enfermedades se presentan en el cuadro 44.

Cuadro 44. Eje Paita-Talara: costo evitado de reconstrucción

| Agente etiológico | Tratamiento farmacológico en niños | Tratamiento farmacológico en adultos |
|-----------------------|---|--|
| Escherichia coli | Trimetopim (10 mg/kg/día), Sulfametoxazol (50 mg/kg/día), 2 dosis por 5 días, vía oral. | Trimetopim con Sulfametoxazol (40-80 mg/kg/día), 2 dosis por 5 a 7 días, vía oral. |
| Vibrio colera | Doxicilina: una dosis de 100 mg (5 a 10 años) o 200 mg (10 a 15 años), vía oral. Tetraciclina: 250 mg por día, vía oral. Furazolidona: (7 mg/kg/día), 3 dosis por día por 5 días, vía oral. | Doxicilina: una dosis de 300 mg, vía oral. |
| Salmonella Typha | Cloranfenicol: (30-50 mg/kg/día) por 14 a 21 días, vía oral. | Metronidazol (500 mg), 3 dosis por día por 10 días, vía oral. |
| Entamoeba histolytica | Metronidazol (40 mg/kg/día), 3 dosis por 10 días, vía oral. | Metronidazol (500 mg), 3 dosis por 10 días, vía oral. |
| Giardia lamblia | Metronidazol (20 mg/kg/día) 3 dosis por 10 días, vía oral. Furazolidona (6 mg/kg/día), 4 dosis por 10 días, vía oral. | Metronidazol (250 mg), 3 dosis por 10 días, vía oral. |

Fuente: Red Médica de Salud Inbursa, México
Elaboración: IEP.

Con esta información se procedió a valorizar cada tratamiento para obtener costos unitarios, con lo cual se podría estimar el costo total ponderándolos por la población que se vería afectada en las provincias de Paita y Piura.⁵⁹ Para ello se requiere contar con información sobre la morbilidad de las enfermedades consideradas que, por no estar disponible, se debe estimar. Específicamente, se necesita estimar las tasas de morbilidad incremental, es decir, se requiere tanto la tasa de morbilidad en una situación donde ha impactado un evento hidrometeorológico extremo y no hubo abastecimiento de agua potable como la tasa de morbilidad en una situación sin evento y con servicio. En el primer caso, se considerará la tasa de morbilidad observada cuando ocurrió el FEN 1997-1998; en el segundo, se establecerá por aproximación a la tasa promedio observada históricamente (sin considerar el pico señalado). El supuesto asumido es que el incremento se debe a la interrupción del servicio. A continuación se describen la estimación y los supuestos necesarios para obtener estas tasas.

- **Malaria:** No se cuenta con datos de morbilidad a escala de las provincias de Paita y Talara, por lo que se asumió que estas son iguales a la del departamento de Piura. El dato base disponible es el de la región Piura en el año 2004 (Cuanto 2007). Sin embargo, no se poseía una serie que indicara el pico que ocurrió en el año 1998. No obstante, en el país la serie histórica mostraba una tasa mayor para el año en que ocurrió el FEN. Asumiendo

⁵⁹ La población de las provincias de Paita y Talara es de 227.313 habitantes, según cifras del X Censo Nacional de Población y V de Vivienda de 2005 del INEI.

que la relación entre las tasas nacional y regional (Piura) se mantiene todos los años, se obtuvo el estimado de la tasa de morbilidad para Piura en 1998⁶⁰ en la situación de interrupción del servicio como consecuencia de la presencia del FEN (2,68 casos por mil habitantes).⁶¹ La situación en el caso de abastecimiento de agua normal sería la tasa del año 2004 que no presentó ningún evento extremo (0,81 casos por mil habitantes).

- Dengue: En este caso solo se contaba con la tasa regional para Piura (Cuanto 2007), no con la tasa nacional; por ello se asumió que la relación de las tasas de morbilidad nacional y regional de la malaria era aplicable para el dengue. Las tasas estimadas bajo estos supuestos son para la situación sin abastecimiento de agua de 0,96 casos por mil habitantes y para la situación con abastecimiento de agua de 0,29 por mil habitantes.
- EDA: Los datos de morbilidad encontrados corresponden a los niños menores de 5 años en la región Piura para los años 1998-2005 (Cuanto 2007). Para este grupo etáreo se asume que la tasa en el escenario con evento hidrometeorológico extremo e interrupción del servicio es igual a la observada en el año 2002 que presenta un pico en la serie histórica (153,4 casos por mil habitantes). Por otro lado, la tasa en condiciones normales de abastecimiento de agua potable y sin el impacto de un evento es igual al promedio geométrico de los años restantes (104,6 casos por mil habitantes).

Asimismo, fue necesario calcular, sobre la base de supuestos conservadores, la tasa de morbilidad de la población mayor a 5 años. Para este grupo etáreo se asumió que la tasa con evento y sin servicio es 25% de la de los niños menores a 5 años (38,4 casos por mil habitantes), mientras que la tasa sin evento y con servicio es igual a cero.

Finalmente, los costos directos en salud pública son la diferencia entre lo que la población gasta por tratamiento en una situación con evento hidrometeorológico sin servicio de agua y una situación sin evento hidrometeorológico con servicio. Estos resultados se presentan en el cuadro 45 (segunda columna).

3. COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE VIDAS Y EMPEORAMIENTO DE LAS CONDICIONES SOCIALES

El costo evitado de empeoramiento de las condiciones sociales está formado por los costos indirectos de salud pública y las pérdidas de vidas humanas.

Los costos indirectos de salud pública corresponden al costo de oportunidad de la persona de estar enferma, el que fue medido mediante los ingresos que esta pierde por estar enferma. Para calcularlo se multiplicó la población de las provincias por la tasa de morbilidad para obtener el número de enfermos; luego, se multiplicó el número de enfermos por el salario por día y los días de tratamiento⁶² (cuadro 45, tercera columna).

⁶⁰ Se observa que la tasa nacional de morbilidad de la malaria es mayor que la de la región Piura, pues el promedio nacional incluye las zonas de selva.

⁶¹ Se atribuye la diferencial de tasas a la interrupción del servicio de agua; sin embargo, es probable que el encharcamiento de aguas pluviales favorezca la proliferación de vectores que transmiten la enfermedad. Lo mismo ocurre con los casos de dengue.

⁶² Los cálculos fueron realizados considerando un salario de 550 soles al mes para las personas enfermas. Para todas las enfermedades se consideraron 7 días de tratamiento.

Cuadro 45. Eje Paita-Talara: costo evitado de salud pública

| Situación | Costos directos | Costos indirectos | Total (precios privados) |
|--|-----------------|-------------------|--------------------------|
| 1. Enfermedades diarreicas agudas | | | |
| 1.1. Escenario sin servicio de agua | | | |
| EDA en niños menores de 5 años | 73.468 | 456.543 | 530.011 |
| EDA en personas mayores de 5 años | 273.111 | 1.002.622 | 1.275.733 |
| Total sin servicio de agua | 346.579 | 1.459.165 | 1.805.744 |
| 1.2. Escenario con servicio de agua | | | |
| EDA en niños menores de 5 años | 49.836 | 309.688 | 359.524 |
| EDA en personas mayores de 5 años | 0 | 0 | 0 |
| Total con servicio de agua | 49.836 | 309.688 | 359.524 |
| Costo evitado | 296.743 | 1.149.476 | 1.446.219 |
| 2. Malaria | | | |
| 2.1. Sin servicio de agua | 13.043 | 78.075 | 91.118 |
| 2.2. Con servicio de agua | 3.918 | 23.456 | 27.374 |
| Costo evitado | 9.125 | 54.619 | 63.744 |
| 3. Dengue | | | |
| 3.1. Sin servicio de agua | 14.237 | 27.990 | 42.227 |
| 3.2. Con servicio de agua | 4.277 | 8.409 | 12.686 |
| Costo evitado | 9.960 | 19.581 | 29.541 |
| Total | 315.828 | 1.223.677 | 1.539.505 |

Elaboración: IEP.

Por otro lado, los costos asociados a las muertes generadas por cada enfermedad fueron calculados a partir de la tasa de mortalidad de las enfermedades,⁶³ la esperanza de vida y el salario mínimo de las provincias. El cálculo consistió en estimar los ingresos que dejaría de percibir la persona (como una medida del valor agregado a la sociedad que se pierde por la muerte del individuo) si muriera a la edad promedio de la población, calculando el valor presente de sus ingresos.⁶⁴

⁶³ Para la situación con evento y con servicio se utilizaron las tasas nacionales correspondientes al Perú de la Organización Mundial de la Salud (OMS, <<http://www.who.int/healthinfo/morttables/en/index.html>>), mientras que para la situación con evento y sin servicio se aumentaron las tasas en un 25% de su valor original. Las tasas de mortalidad utilizadas (por cada 100 mil personas) para la situación sin proyecto fueron de 0,156 para la malaria, 0,019 para el dengue y 20,6 para las EDA (sin distinguir la edad de la población); mientras que para la situación con proyecto las tasas fueron 0,125 para la malaria, 0,015 para el dengue y para las EDA se utilizó una tasa de 16,5 en el caso de los niños menores de 5 años y de 0 para el resto de la población.

⁶⁴ La esperanza de vida utilizada y la edad promedio de la población han sido tomadas del Informe sobre Desarrollo Humano 2006 del PNUD y del X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 del INEI, respectivamente. La esperanza de vida para ambas provincias es de 70 años, mientras que la edad promedio de la población es de 27 años. El valor presente de los ingresos se calculó como una renta anual cuyo plazo correspondía a la diferencia entre la esperanza de vida y la edad promedio de la población. En el caso de las EDA para los menores de 15 años, el plazo del cálculo de la renta corresponde a los años de trabajo del individuo, asumiendo que empieza a trabajar a los 15 años.

Cuadro 46. Eje Paita-Talara: costo evitado de mortalidad

| Rubro | Soles (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| 1. Enfermedades diarreicas agudas | |
| 1.1. Sin servicio de agua | |
| Niños menores de 5 años | 171.304 |
| Personas mayores de 5 años | 2.492.154 |
| Total sin servicio de agua | 2.663.458 |
| 1.2. Con servicio de agua | |
| Niños menores de 5 años | 137.043 |
| Personas mayores de 5 años | 0 |
| Total con servicio de agua | 137.043 |
| 1.3. Costo evitado | 2.526.415 |
| 2. Malaria | |
| 2.1. Sin servicio de agua | 21.055 |
| 2.2. Con servicio de agua | 16.844 |
| 2.3. Costo evitado | 4.211 |
| 3. Dengue | |
| 3.1. Sin servicio de agua | 2.518 |
| 3.2. Con servicio de agua | 2.014 |
| 3.3. Costo evitado | 504 |
| Total | 2.531.130 |

Elaboración: IEP.

4. BENEFICIOS INDIRECTOS POR NO INTERRUMPIR LOS SERVICIOS DEL PROYECTO (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto)

Se ha identificado que en presencia de un evento que dañe la infraestructura de agua potable se produciría un incremento en el costo del agua potable. Este costo evitado, o beneficio, se debe estimar. El cálculo del costo del agua sin interrupciones en el eje de conducción se realizó obteniendo el costo del agua al mes por vivienda conectada, monto que se multiplica por el número total de viviendas conectadas. Para ello se utilizó el precio del metro cúbico de agua, el consumo al mes de cada vivienda y el total de las viviendas conectadas.

El precio por metro cúbico de agua corresponde al precio regulado de la EPS, mientras que el consumo de agua por parte de las viviendas beneficiadas se estimó utilizando la curva de demanda de agua estimada en el proyecto⁶⁵ y el precio establecido por la EPS (cuadro 47).

El total de las viviendas ubicadas en las provincias de Paita y Talara con conexión de agua potable registradas en el censo citado discrimina las categorías «red pública dentro de la vivienda» y «red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio».

⁶² La función de demanda de agua para las provincias de Paita y Talara es:
 $Q(m^3)=24.0361-2.1311P$
 (Cesel s. f. a).

En caso se interrumpieran estos servicios, se asume que las conexiones afectadas con el corte del suministro de agua serían proporcionalmente iguales a las conexiones afectadas el año 1998;⁶⁶ por lo cual, para mantener su nivel de consumo de agua las viviendas afectadas tendrían que abastecerse de agua mediante la compra de esta a camiones cisterna a un precio superior al de la EPS.⁶⁷

Cuadro 47. Eje Paita-Talara: costo evitado de aumento del gasto anual en agua

| Rubro | Con servicio | Sin servicio | Diferencial (precios privados) |
|---|--------------|--------------|--------------------------------|
| Agua consumida por vivienda al mes (m ³) ¹ | 21 | 3 | |
| Precio del agua (soles por m ³) ² | 1,35 | 10,88 | 9,53 |
| Costo del agua por vivienda al mes (soles) | 29 | 33 | 4 |
| Viviendas conectadas ³ | 32.046 | | |
| Viviendas afectadas ⁴ | 20.079 | 20.079 | |
| Gasto anual en agua | 6.879.668 | 7.864.543 | 984.875 |

1. El consumo con servicio es estimado con la función demanda, mientras que en la situación sin servicio proviene de las consultas con especialistas de la DGPM. El consumo de agua se reduce en forma significativa cuando proviene de la adquisición de camiones cisterna.

2. En la situación con proyecto, el precio utilizado es el precio regulado de la EPS, en la situación sin proyecto se trata del precio de venta del camión cisterna.

3. X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 (INEI).

4. Considerando un porcentaje de conexiones afectadas de 62,66%, correspondiente a los datos de los documentos del proyecto sobre el total de viviendas con conexión calculado para el año 1998 (28.274).

Fuente: X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 INEI y Cesel s. f. a.

Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El resultado del análisis costo-beneficio arroja un VAN positivo en los cuatro escenarios de evaluación, por lo que en todos los casos los beneficios del proyecto exceden sus costos, con valores que van desde 1,4 hasta 3,7 millones de soles (cuadro 49).

⁶⁶ En los documentos del proyecto, las conexiones afectadas fueron 17.716, las cuales representan 62,66% del total de las viviendas conectadas para ese año. Estos datos se obtuvieron suponiendo una tasa de crecimiento de las conexiones de 1,8% anual entre los años 1993 y 2005.

⁶⁷ Por ejemplo, el precio del camión cisterna en la provincia de Talara era de 10,88 soles por metro cúbico.

Cuadro 48. Eje Paita-Talara: indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|---|
| VAC (soles) | 2.519.894 | 2.519.894 | 2.519.894 | 2.519.894 |
| VAB (soles) | 4.972.599 | 6.193.671 | 3.978.079 | 4.954.937 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 2.452.705 | 3.673.777 | 1.458.185 | 2.435.043 |
| TIR | 32% | 89% | 25% | 66% |
| Ratio beneficio/costo | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 2,0 |

Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la evaluación social de las MRR se ajustaron los costos de inversión, operación y mantenimiento a precios sociales, considerando las categorías de bienes transables y no transables, siendo los primeros los asociados con la mejora de los materiales de la línea y el reforzamiento de las estructuras de soporte.

Los costos evitados de reconstrucción de la línea de conducción han sido ajustados a precios sociales con los mismos criterios empleados para estimar los costos sociales de inversión en las MRR.

Los costos evitados por aumento en el costo del agua que se estiman en el cuadro 47 constituyen el excedente del consumidor que no pierden los usuarios, por lo tanto, son pertinentes para la evaluación social.

Los gastos evitados en el tratamiento de las enfermedades que se consignan como costos directos en el cuadro 45 constituyen beneficios por liberación de recursos y son pertinentes para la evaluación social.

Además, el costo de evitado de dejar de trabajar por razones de enfermedad o de evitar muertes, que se estima en los cuadros 45 y 46, se considera pertinente para la evaluación social asumiéndose que refleja el valor de la contribución de las personas en la producción de bienes y servicios que se ponen a disposición de la sociedad.

Los indicadores de la rentabilidad social de las MRR se presentan en el cuadro 49.

La implementación de las MRR es rentable socialmente en todos los escenarios planteados; sin embargo, si la probabilidad de ocurrencia del peligro fuese menor a 85% en el año 10 ya no lo sería.

Cuadro 49. Eje Paita-Talara: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 6: Evento en el año 10, 85% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|---|--|--|---|--|
| VAC (soles) | 2.376.350 | 2.376.350 | 2.376.350 | 2.376.350 | 2.376.350 | 2.376.350 |
| VAB (soles) | 4.773.830 | 5.946.093 | 3.819.064 | 4.756.875 | 2.833.036 | 2.408.081 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 2.397.480 | 3.569.743 | 1.442.714 | 2.380.525 | 456.686 | 31.731 |
| TIR | 33% | 94% | 26% | 70% | 13% | 11% |
| Ratio beneficio/costo | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 2,0 | 1,2 | 1,0 |

Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

3.4.2. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara

Los servicios de saneamiento de la ciudad de Talara, en la región Piura, son provistos por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Grau (EPS Grau, ex Sedapiura) con agua de la planta de tratamiento El Arenal. La infraestructura de saneamiento de esa localidad fue afectada por el FEN de 1997-1998.

El tramo bajo reconstrucción en el caso de la red de agua potable es una red matriz que se encuentra en el centro de Talara, en la zona baja de la ciudad. Esta área comprende las urbanizaciones Villa Mercedes, Popular, Los Pinos, Las Esmeraldas, El Milagro, Aproviser, Fonavi, Córpac, Villa Aeronáutica, Sudamérica, Vencedores, el casco original de la ciudad (Sevicentro e Inmaculada) y la zona denominada Urbanización Talara Alta, Vista Alegre, Villa Los Ángeles y María Auxiliadora.

En el caso del sistema de alcantarillado, los tramos de tubería a reconstruir se encuentran en la zona del casco central de Talara constituido por los sectores Sevicentro e Inmaculada, Barrio Particular, Aproviser y Fonavi, entre otros.

El proyecto contempla el reestablecimiento de 328 conexiones domiciliarias de agua potable y de 1.892 conexiones de alcantarillado que tienen como beneficiarios directos a 696 familias que no contaban con el servicio de alcantarillado y 1.196 beneficiarios indirectos.

Además, la planta de tratamiento de aguas residuales Cerro Rajado sufrió la erosión de sus taludes interiores y la destrucción de las entradas a las lagunas de oxidación. El proyecto incluye el restablecimiento de la planta de tratamiento que sirve a 12.917 conexiones domiciliarias

Los trabajos en la planta de tratamiento comprenden:

- Reposición de los taludes interiores en los tramos deteriorados
- Desarenamiento de la laguna secundaria N.º 6
- Reposición de los tramos colapsados del emisor de las lagunas primarias
- Reposición del dique de la laguna secundaria N.º 5
- Reconstrucción de las cajas repartidoras de caudal a las lagunas secundarias
- Reposición y limpieza del canal interceptor de aguas de lluvia

Actualmente, la cobertura del servicio de agua potable en la ciudad de Talara es 72% y para el alcantarillado, 65%.

Análisis del riesgo

Parte del problema del efecto de las inundaciones sobre las estructuras dañadas del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Talara se debió al cambio inusitado del curso de las corrientes de agua que históricamente escurrían por el cauce natural de una quebrada o algún dren de cruce de la vía. Así, se afectaron puntos vitales del sistema para los cuales se habían previsto materiales y condiciones de montaje no aptos para responder a este fenómeno (Cesel s. f. b).

Como se puede apreciar en el cuadro 50, la provincia de Talara está expuesta a peligros asociados con lluvias intensas registradas en épocas en las que se produce el FEN, las cuales producen desbordes y cambios del curso del río, lo que genera el ingreso de las aguas a la ciudad e inundaciones.

Cuadro 50. Fenómenos naturales registrados en la provincia de Talara, región Piura, 1970-2003

| Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|-------------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| El Alto | 1983 | 1 | 30 | 3 | Marejada | Otra causa |
| El Alto | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| El Alto | 1988 | 6 | 12 | 1 | Incendio | Otra causa |
| El Alto | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| La Brea | 1983 | 2 | 7 | 0 | Inundación | FEN |
| La Brea | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| La Brea | 1986 | 1 | 17 | 1 | Incendio | Otra causa |
| La Brea | 1998 | 1 | 26 | 0 | Vendaval | FEN |
| La Brea | 1999 | 10 | 1 | 0 | Incendio | Otra causa |
| Lobitos | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Lobitos | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Lobitos | 1992 | 3 | 21 | 1 | Inundación | FEN |
| Lobitos | 1996 | 5 | 28 | 2 | Marejada | Otra causa |
| Los Órganos | 1983 | 1 | 14 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Los Órganos | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Los Órganos | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Los Órganos | 1998 | 1 | 26 | 0 | Vendaval | FEN |
| Los Órganos | 2001 | 2 | 14 | 1 | Epidemia | Otra causa |

| Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------------|------|-----|-----|-----------------|--------------|------------|
| Máncora | 1970 | 12 | 9 | 1 | Sismo | Otra causa |
| Máncora | 1977 | 11 | 7 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Máncora | 1983 | 2 | 6 | 1 | Aluvión | FEN |
| Máncora | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Máncora | 1998 | 1 | 2 | 0 | Ola de calor | FEN |
| Pariñas | 1972 | 6 | 16 | 0 | Epidemia | Otra causa |
| Pariñas | 1983 | 3 | 26 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Pariñas | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 1983 | 5 | 10 | 0 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 1983 | 5 | 18 | 1 | Tempestad | FEN |
| Pariñas | 1983 | 6 | 1 | 1 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 1983 | 6 | 5 | 1 | Avenida | FEN |
| Pariñas | 1985 | 6 | 9 | 1 | Estructura | Otra causa |
| Pariñas | 1987 | 3 | 3 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Pariñas | 1992 | 2 | 27 | 1 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 1992 | 8 | 27 | 1 | Explosión | Otra causa |
| Pariñas | 1997 | 10 | 3 | 0 | Marejada | Otra causa |
| Pariñas | 1998 | 1 | 13 | 0 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 1998 | 1 | 26 | 0 | Vendaval | FEN |
| Pariñas | 1998 | 1 | 28 | 0 | Aluvión | FEN |
| Pariñas | 1998 | 3 | 18 | 1 | Lluvias | FEN |
| Pariñas | 2002 | 4 | 2 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Querecotillo | 1997 | 12 | 31 | 0 | Lluvias | FEN |

Fuente: Base de datos DesInventar.
Elaboración: IEP.

La ciudad de Talara se encuentra expuesta al peligro natural de inundación causado por el cambio del flujo del río. Este cambio ocasionó que, durante el FEN de 1998, las aguas corrieran sobre calles y avenidas, entrando agua y material de arrastre al sistema de alcantarillado y arrasando las tuberías de agua potable.

La vulnerabilidad en este caso se debe tanto a la exposición de la infraestructura de saneamiento frente a las aguas pluviales provenientes del desborde y el cambio del curso del río como a su fragilidad debido al diseño y los materiales que no consideraron la probabilidad de ocurrencia del peligro. De esta manera, la inundación ocurrida en 1998 afectó áreas en las que el sistema de agua potable y alcantarillado colapsó.

Dada la experiencia pasada, se asume que existen bajas capacidades institucionales para hacer frente a la emergencia y restricciones financieras para la recuperación de la infraestructura dañada o destruida. La población no

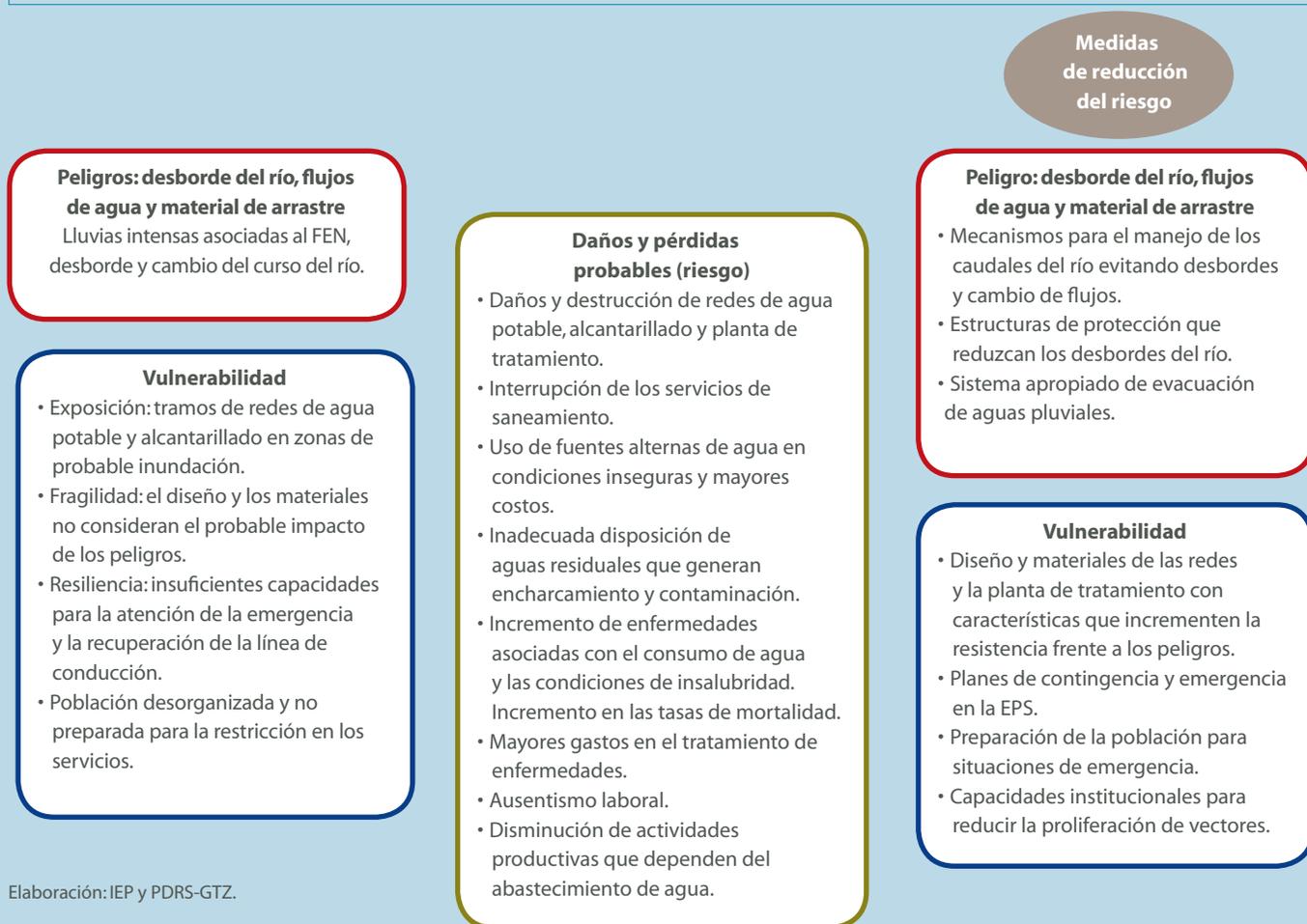
está preparada para abastecerse de agua potable ante la interrupción del servicio ni para disponer de las aguas residuales en forma adecuada.

Como consecuencia del colapso de la red de agua potable se interrumpirá el abastecimiento, los usuarios verán disminuido su excedente por tener que abastecerse de fuentes más costosas y se incrementarán las enfermedades asociadas con las restricciones en el abastecimiento de agua potable.

Los daños en la red de alcantarillado interrumpirán los beneficios de los usuarios, provocarán enfermedades por la inadecuada disposición de las aguas residuales y su encharcamiento que propicia la proliferación de vectores. Los daños en la planta de tratamiento generarán problemas de salud y contaminación.

Las MRR pueden orientarse a reducir el peligro para la localidad y la infraestructura de saneamiento con medidas que reduzcan la probabilidad de cambios del flujo del río (manejo de caudales, estructuras de protección), la

Gráfico 13. Ciudad de Talara: AdR del proyecto



Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

construcción de drenes en la ciudad para que discurra el agua proveniente de las lluvias intensas y un adecuado sistema de evacuación de las aguas pluviales, entre otros. Estas medidas exceden las competencias de la EPS y tendrían que ser implementadas por la municipalidad.

Las medidas para reducir la vulnerabilidad de las redes de agua potable y alcantarillado y de la planta de tratamiento se orientan a incrementar su resistencia a las corrientes de agua y el material de arrastre, lo que implica diseño y materiales apropiados que consideren el peligro existente. No se podrá reducir la exposición ya que se asume que la población afectada continuará localizándose en la zona que puede ser impactada nuevamente y, además, por otros factores de localización, la planta de tratamiento de aguas residuales no podrá ser reubicada.

El incremento de la resiliencia puede lograrse con planes de contingencia y emergencia en la EPS que permitan una respuesta planificada y eficaz, así como una pronta recuperación de los servicios, asumiendo que a pesar de las medidas implementadas para reducir la fragilidad de la infraestructura esta pudiese ser dañada nuevamente, más aún si no se implementan medidas desde la municipalidad para reducir la severidad del peligro. La población debe estar también preparada para enfrentar épocas de racionamiento y manipular en forma apropiada el agua disponible para evitar su contaminación, la proliferación de vectores y la transmisión de enfermedades.

En el gráfico 13 se sintetiza el análisis del riesgo del proyecto.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

Se consideró en el proyecto como MRR una mejor selección de los materiales y los procedimientos constructivos.

Costo de inversión, operación y mantenimiento

Los costos de inversión en el proyecto incluyen el tramo de la red de agua potable mencionado, el tramo de la red de alcantarillado y obras en la planta de tratamiento de residuos.

El costo total de reconstrucción de la infraestructura de saneamiento en la ciudad de Talara asciende a aproximadamente 2,5 millones de soles (cuadro 51).

Cuadro 51. Fenómenos naturales registrados en la provincia de Talara, región Piura, 1970-2003

| Rubro | Soles (precios privados) |
|---|-----------------------------|
| Costos directos | 1.670.822 |
| Obras provisionales | 51.416 |
| Reconstrucción de la red de alcantarillado | 678.743 |
| Reconstrucción de la red de agua potable | 147.926 |
| Costos ambientales | 90.521 |
| Reconstrucción de las plantas de tratamiento de desagüe | 702.215 |
| Gastos generales (15% del costo directo) | 250.623 |
| Utilidades (10% del costo directo) | 167.082 |
| Subtotal | 2.088.528 |
| IGV | 375.935 |
| Total | 2.464.463 |

Fuente: Cesel s. f. b.

Las MRR, que representan aproximadamente el 20% de los costos totales de reconstrucción,⁶⁸ ascienden a 616 mil soles (cuadro 52).

Cuadro 52. Ciudad de Talara: costo de las MRR

| Rubro | Soles (precios privados) |
|---|-----------------------------|
| Costos directos | 417.706 |
| Obras provisionales | 12.854 |
| Reconstrucción de la red de alcantarillado | 169.686 |
| Reconstrucción de la red de agua potable | 36.982 |
| Costos ambientales | 22.630 |
| Reconstrucción de plantas de tratamiento de desagüe | 175.554 |
| Gastos generales (15% del costo directo) | 62.656 |
| Utilidades (10% del costo directo) | 41.771 |
| Subtotal | 522.132 |
| IGV | 93.984 |
| Total | 616.116 |

Fuente: Cesel s. f. b.

Debido a que no se contaba con información sobre los costos de operación y mantenimiento de las MRR, se ha utilizado el supuesto de que estos ascienden a 10% del costo total.

Beneficios

1. COSTO EVITADO DE LA RECONSTRUCCIÓN O LA REHABILITACIÓN

El costo evitado de la reconstrucción comprende los costos de restablecer la infraestructura ante la ocurrencia de daños similares a los acontecidos en 1998 y es de aproximadamente 2,5 millones de soles (cuadro 51).

2. COSTO EVITADO POR GASTO EN SALUD PÚBLICA (MENOS CASOS DE ENFERMEDADES)

Para el caso del proyecto de reconstrucción de la infraestructura de saneamiento de la ciudad de Talara el cálculo de los costos evitados por enfermedades (malaria, dengue y EDA) sigue la metodología y las tasas de morbilidad presentadas en el caso del eje Paita-Talara, donde solo se contó con datos agrupados para la región. La diferencia es que en este caso la población dentro del área de influencia del proyecto es la del distrito de Pariñas (84.978 habitantes según los datos del X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 del INEI). Igual que en el caso anterior, ha sido necesario suponer un comportamiento similar entre Pariñas y la región Piura. Estos costos evitados son los que se denominan costos directos de salud pública y alcanzan un monto de 118,3 mil soles (cuadro 52, segunda columna).

3. COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS Y EMPEORAMIENTO DE LAS CONDICIONES SOCIALES

El costo evitado por el empeoramiento de las condiciones sociales está formado por los costos indirectos de salud pública (pérdida de días laborables) y los costos de pérdida de vidas humanas. Su cálculo sigue la metodología presentada en el caso del eje Paita-Talara, aplicada a la población del distrito de Pariñas. En el primer caso, los resultados de las estimaciones, que ascienden a 456 mil soles, se presentan en el cuadro 53 (tercera columna). En el segundo caso, las estimaciones se muestran en el cuadro 54 (965 mil soles).

⁶⁸ La aproximación se realiza sobre la base de los costos agregados, a partir de entrevistas a funcionarios del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

Cuadro 53. Eje Paita-Talara: costo evitado de mortalidad

| Situación | Costos directos | Costos indirectos | Total (precios privados) |
|--|-----------------|-------------------|-----------------------------|
| 1. Enfermedades diarreicas agudas | | | |
| 1.1. Sin servicio de agua | | | |
| Niños menores de 5 años | 25.210 | 156.661 | 181.872 |
| Personas mayores de 5 años | 103.053 | 378.320 | 481.373 |
| Total sin servicio de agua | 128.263 | 534.981 | 663.245 |
| 1.2. Con servicio de agua | | | |
| Niños menores de 5 años | 17.101 | 106.269 | 123.370 |
| Personas mayores de 5 años | 0 | 0 | 0 |
| Total con servicio de agua | 17.101 | 106.269 | 123.370 |
| 1.3. Costo evitado | 111.162 | 428.713 | 539.875 |
| 2. Malaria | | | |
| 2.1. Sin servicio de agua | 4.876 | 29.187 | 34.063 |
| 2.2. Con servicio de agua | 1.465 | 8.769 | 10.234 |
| 2.3. Costo evitado | 3.411 | 20.419 | 23.830 |
| 3. Dengue | | | |
| 3.1. Sin servicio de agua | 5.323 | 10.464 | 15.786 |
| 3.2. Con servicio de agua | 1.599 | 3.144 | 4.743 |
| 3.3. Costo evitado | 3.723 | 7.320 | 11.044 |
| Total | 118.297 | 456.452 | 574.748 |

Elaboración: IEP.

Cuadro 54. Ciudad de Talara: costo evitado de mortalidad

| Situación | Soles (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| 1. Enfermedades diarreicas agudas | |
| 1.1. Sin servicio de agua | |
| Niños menores de 5 años | 98.106 |
| Personas mayores de 5 años | 940.183 |
| Total sin servicio de agua | 1.038.289 |
| 1.2. Con servicio de agua | |
| Niños menores de 5 años | 78.485 |
| Personas mayores de 5 años | 0 |
| Total con servicio de agua | 78.485 |
| 1.3. Costo evitado | 959.804 |
| 2. Malaria | |
| 2.1. Sin servicio de agua | 11.328 |
| 2.2. Con servicio de agua | 6.304 |
| 2.3. Costo evitado | 5.024 |
| 3. Dengue | |
| 3.1 Sin servicio de agua | 1.349 |
| 3.2. Con servicio de agua | 751 |
| 3.2. Costo evitado | 598 |
| Total | 965.426 |

Elaboración: IEP.

⁶⁹ La función de demanda para el distrito de Pariñas es: $Q (m^3) = 24.0361 - 2.1311P$ (Cesel s.f.b.).

⁷⁰ En los documentos del proyecto, las conexiones afectadas fueron 328, las que representan 2,47% del total de las viviendas conectadas para ese año, cifra que se obtuvo suponiendo una tasa de crecimiento de las conexiones de 0,7% anual entre los años 1993 y 2005.

⁷¹ Se asume que el precio que pagarían las viviendas afectadas al camión cisterna sería igual al precio del agua que pagan actualmente las viviendas que compran el agua a los camiones cisterna de la provincia de Talara que asciende a 10,88 soles por metro cúbico.

4. BENEFICIOS INDIRECTOS POR NO INTERRUMPIR LOS SERVICIOS DEL PROYECTO (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto)

Los beneficios asociados a no interrumpir la provisión de agua potable se estimaron mediante una comparación entre la situación en la que el servicio se ve interrumpido respecto de otra en la que no se interrumpe. El cálculo del costo que tendría el agua si la provisión se ve interrumpida se realizó obteniendo un costo del agua por vivienda conectada al mes, multiplicado por el total de viviendas conectadas. Para ello se utilizó el precio del metro cúbico de agua, el consumo mensual de cada vivienda y el total de las viviendas conectadas.

El precio del metro cúbico del agua es el precio regulado de la EPS, mientras que el consumo de agua por parte de las viviendas beneficiadas se obtuvo utilizando la curva de demanda de agua estimada en el proyecto⁶⁹ y el precio establecido por la EPS. El total de las viviendas ubicadas en el distrito de Pariñas con conexión de agua potable es la consignada en el Censo 2005 del INEI, considerando las categorías «red pública dentro de la vivienda» y «red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio».

En caso se interrumpiera la provisión de los servicios de saneamiento, se asume que las conexiones afectadas con el corte del suministro de agua serían proporcionalmente iguales a las conexiones afectadas el año 1998.⁷⁰ Para mantener el nivel de consumo de agua, las viviendas afectadas tendrían que abastecerse mediante la compra de camiones cisterna a un precio superior al que pagaban a la EPS.⁷¹

Cuadro 55. Eje Paíta-Talara: costo evitado de mortalidad

| Rubro | Con proyecto | Sin proyecto | Diferencial (precios privados) |
|--|--------------|--------------|--------------------------------|
| Agua consumida por vivienda al mes (m3)¹ | 21 | 3 | |
| Precio del agua (soles por m3) ² | 1,35 | 11 | 9,53 |
| Costo del agua por vivienda al mes (soles) | 29 | 33 | 4 |
| Viviendas conectadas ³ | 13.956 | | |
| Viviendas afectadas ⁴ | 345 | 345 | |
| Gasto anual en agua | 118.207 | 135.130 | 16.922 |

1. El consumo utilizado con proyecto resulta de aplicar la función demanda. Sin proyecto es el promedio consumido con esta fuente de abastecimiento según la opinión de especialistas de la DGPM.

2. En la situación con proyecto, el precio utilizado es aquel regulado de la EPS y en la situación sin proyecto se trata del precio de venta del camión cisterna.

3. X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 INEI.

4. Considerando un porcentaje de conexiones afectadas de 2,475%, correspondiente al número de viviendas afectadas según los documentos del proyecto sobre el total de viviendas con conexión, calculado para el año 1998 (13.254).

Fuente: X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 INEI y Cesel s. f. b.

Elaboración: IEP.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El análisis costo-beneficio para los cuatro escenarios planteados es favorable al proyecto, pues en todos los casos los beneficios netos son mayores a los costos, lo que resulta en VAN positivos (entre 1 y 2,1 millones de soles).

Cuadro 56. Ciudad de Talara: indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|---|
| VAC (soles) | 881.946 | 881.946 | 881.946 | 881.946 |
| VAB (soles) | 2.161.256 | 2.691.975 | 1.729.005 | 2.153.580 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 1.279.310 | 1.810.029 | 847.059 | 1.271.634 |
| TIR | 39% | 119% | 32% | 91% |
| Ratio beneficio/costo | 2,5 | 3,1 | 2,0 | 2,4 |

Elaboración: IEP.

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la evaluación social de las MRR se ajustaron los costos de inversión, operación y mantenimiento a precios sociales, considerando las categorías de bienes transables y no transables, siendo los primeros los asociados con la mejora de los materiales de las redes y la planta de tratamiento.

Los costos evitados de reconstrucción de la línea de conducción han sido ajustados a precios sociales con los mismos criterios empleados para estimar los costos sociales de inversión en las MRR.

Los gastos evitados en el tratamiento de los problemas de salud pública que se estiman en el cuadro 53 (segunda columna), constituyen beneficios por liberación de recursos y son pertinentes para la evaluación social.

El costo evitado de ausentismo laboral por razones de enfermedad o las muertes evitadas que se estiman en los cuadros 53 y 54 se consideran pertinentes para la evaluación social pues se asume que reflejan el valor de la contribución de las personas en la producción de bienes y servicios que se ponen a disposición de la sociedad.

Los costos evitados por aumento en el costo del agua que se estiman en el cuadro 55 constituyen el excedente del consumidor que no pierden los usuarios, por lo tanto son pertinentes para la evaluación social.

Los indicadores de la rentabilidad social de las MRR se presentan en el cuadro 57.

Cuadro 57. Ciudad de Talara: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 6: Evento en el año 10, 85% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|---|---|---|---|--|---|
| VAC (soles) | 791.183 | 791.183 | 791.183 | 791.183 | 791.183 | 791.183 |
| VAB (soles) | 2.261.020 | 2.509.492 | 1.808.816 | 2.007.593 | 1.167.699 | 934.160 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 1.469.837 | 1.718.309 | 1.017.633 | 1.216.410 | 376.516 | 142.977 |
| TIR | 44% | 121% | 37% | 93% | 16% | 13% |
| Ratio beneficio/costo | 2,9 | 3,2 | 2,3 | 2,5 | 1,5 | 1,2 |

Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

La implementación de las MRR es rentable socialmente en todos los escenarios analizados; sin embargo, si la probabilidad de ocurrencia del peligro fuese menor a 70% en el año 10 dejaría de serlo.

3. 4.3. Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en la Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua

Este proyecto consiste en el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el sector Pampa Inalámbrica y la ampliación de las redes de alcantarillado en las urbanizaciones populares de interés social (UPIS) del Programa Municipal de Vivienda (Promuvi) VII, en el distrito de Ilo, provincia de Ilo, región Moquegua. El área de influencia del proyecto abarca las UPIS y las asociaciones de vivienda que integran el sector Pampa Inalámbrica, cuya población estimada es de 33.242 habitantes.⁷²

La alternativa seleccionada comprende los aspectos que se indican a continuación en tres sectores: agua potable, alcantarillado y educación sanitaria.⁷³

Agua potable

- Ampliación del muro de encauzamiento de la captación de las aguas del río Osmore (llamado también río Moquegua) y construcción de un desarenador paralelo.
- Protección de los tramos vulnerables de la línea de conducción de Pasto Grande.
- Construcción del segundo módulo de 85 litros por segundo (lps): línea de alimentación de agua, canal Parshall, cámara de ingreso, floculador, decantador, filtros, cisterna de 1.150 m³ para cloración, cerco perimétrico, instalaciones eléctricas y línea de evacuación de aguas de limpieza de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Pampa Inalámbrica.
- Construcción de 1 reservorio de tipo elevado de 1.530 m³.
- Construcción de 1 estación de bombeo de 125 HP y 1 línea de impulsión de la PTAP de Pampa Inalámbrica al reservorio proyectado (1.530 m³).
- Construcción de 1 línea de aducción del reservorio proyectado a los sectores N.º 2 y N.º 3 de las redes de Pampa Inalámbrica.
- Construcción de 1 línea de aducción del R-8 (cisterna) a las redes del sector N.º 1 de Pampa Inalámbrica.
- Mejoramiento de la red matriz de Los Ángeles.
- Incremento de la cobertura de micromedición en Pampa Inalámbrica.
- Ampliación de las redes secundarias y las conexiones domiciliarias de agua potable en Nueva Generación.

Alcantarillado

- Instalación de las redes de alcantarillado en el sector del Promuvi VII (Villa Primavera, Bella Vista, Ciudad Enersur, Vista Azul, Vista Alegre, Alto Chiribaya, Los Arenales, Vista al Mar y Nueva Generación).
- Instalación de colector Promuvi VII.
- Instalación de conexiones domiciliarias.

Educación sanitaria

- Programa de educación sanitaria en el sector Pampa Inalámbrica dirigido a organizaciones de base, instituciones educativas y usuarios.

Análisis del riesgo

A diferencia de los casos anteriores en los cuales se analizaron proyectos de MRR y reconstrucción donde el AdR considera el riesgo que podría volverse a generar en las propias intervenciones del PIP sobre la base del desastre ya ocurrido, en este caso se ha efectuado el AdR de la infraestructura existente ya que las medidas que se incorporaron en el proyecto se orientan a reducir el riesgo de los componentes del sistema actual. La aplicación adecuada del AdR debería también considerar los componentes sobre los cuales va intervenir el proyecto para establecer si es que no se estaría generando riesgo para estos, principalmente frente al peligro de sismos, las medidas necesarias se orientarían a no generarlo, es decir, se trata de la gestión prospectiva del riesgo (aquella que interviene sobre el riesgo que aún no existe).

⁷² Estimación a junio de 2005 (Gobierno Regional Moquegua 2007).

⁷³ Ficha de registro del PIP en el Banco de Proyectos del SNIP 8288.

Los peligros naturales a los que se encuentra expuesta parte de la infraestructura de agua potable son las crecidas y los desbordes del río Osmore que se generan por las lluvias intensas en la cuenca alta. Según la base de datos DesInventar, no se ha identificado ningún evento hidrometeorológico para el distrito, aunque existe un registro para la provincia de Ilo (febrero de 1999) de una inundación causada por una crecida de río Osmore. Sin embargo, en el perfil del proyecto se señala que han ocurrido desbordes del río en los años 1999, 2000 y 2002, teniendo como consecuencia el desabastecimiento de agua potable de la ciudad de Ilo.

Otro peligro que afectaría toda la infraestructura de saneamiento son los sismos, pues existen antecedentes como aquel sismo ocurrido en el año 2001 en todo el sur.

Los componentes del sistema que están expuestos a los desbordes del río son la estructura de captación y tramos de la línea de conducción Pasto Grande, de 22 kilómetros, que lleva el agua hacia la planta de tratamiento de Pampa Inalámbrica ubicada en la margen izquierda del río Osmore. Esta línea de conducción tiene un tramo que se encuentra casi en el mismo cauce (comprendido entre la progresiva 1+600 a 2+600), lo que genera que, en tiempos de avenida, corra el peligro de colapsar. Existen además 850 metros en tramos vulnerables que contaban con protecciones con gaviones⁷⁴ y otros anillos que han cedido en varias temporadas de avenidas del río frente al caudal incrementado y el material de arrastre, que pueden afectar el eje de conducción de agua potable y la captación de las aguas en la planta de tratamiento. La vulnerabilidad se debe, por ende, a la localización de la infraestructura, tanto por la exposición de la captación de agua al incremento del caudal de río y el material acarreado como por la existencia de tramos de la línea de conducción muy cercanos al cauce.

Los daños que ya sufrieron estos componentes y las propias MRR implementadas por la EPS Ilo evidencian que el diseño, las formas constructivas y los materiales empleados los hacen frágiles frente a los peligros existentes, a pesar de que se conoce la situación y existen intentos de reducir el riesgo.

En cuanto a la resiliencia, se puede asumir que son bajas las capacidades institucionales para actuar en situaciones de emergencia, lo que demora la recuperación del servicio;⁷⁵ asimismo, que la población no está preparada para enfrentar adecuadamente su falta.

Respecto de la vulnerabilidad frente a los sismos se debe precisar que no se ha evaluado por falta de información. Se necesita establecer si se ha considerado las normas constructivas de sismorresistencia vigentes y, de concluirse que no es así, se deberían plantear las medidas para reducir su fragilidad.

Las MRR pueden orientarse a reducir la probabilidad de desbordes incrementando el tirante del cauce del río. Según la Memoria 2007 de la EPS, se conoce que se ha intervenido en el encauzamiento y la descolmatación del cauce en anteriores oportunidades.

Respecto de las medidas orientadas a reducir la vulnerabilidad puede actuarse sobre la exposición con el cambio de trazo de los tramos de la línea de conducción expuestos si técnicamente es posible y, de no ser factible, se debe implementar estructuras de protección para evitar que el incremento del caudal del río y los materiales de arrastre impacte sobre los tramos expuestos y complementariamente mejorar el diseño y los materiales para que sean resistentes frente al peligro.

El incremento de la resiliencia puede lograrse con planes de contingencia y emergencia en la EPS que permitan una respuesta planificada y eficaz, y una pronta recuperación de los servicios.⁷⁶ La población debe estar también preparada para enfrentar épocas de racionamiento y manipular el agua disponible en forma apropiada para evitar su contaminación, la proliferación de vectores y la transmisión de enfermedades, estos contenidos deberían formar parte del programa de educación sanitaria.

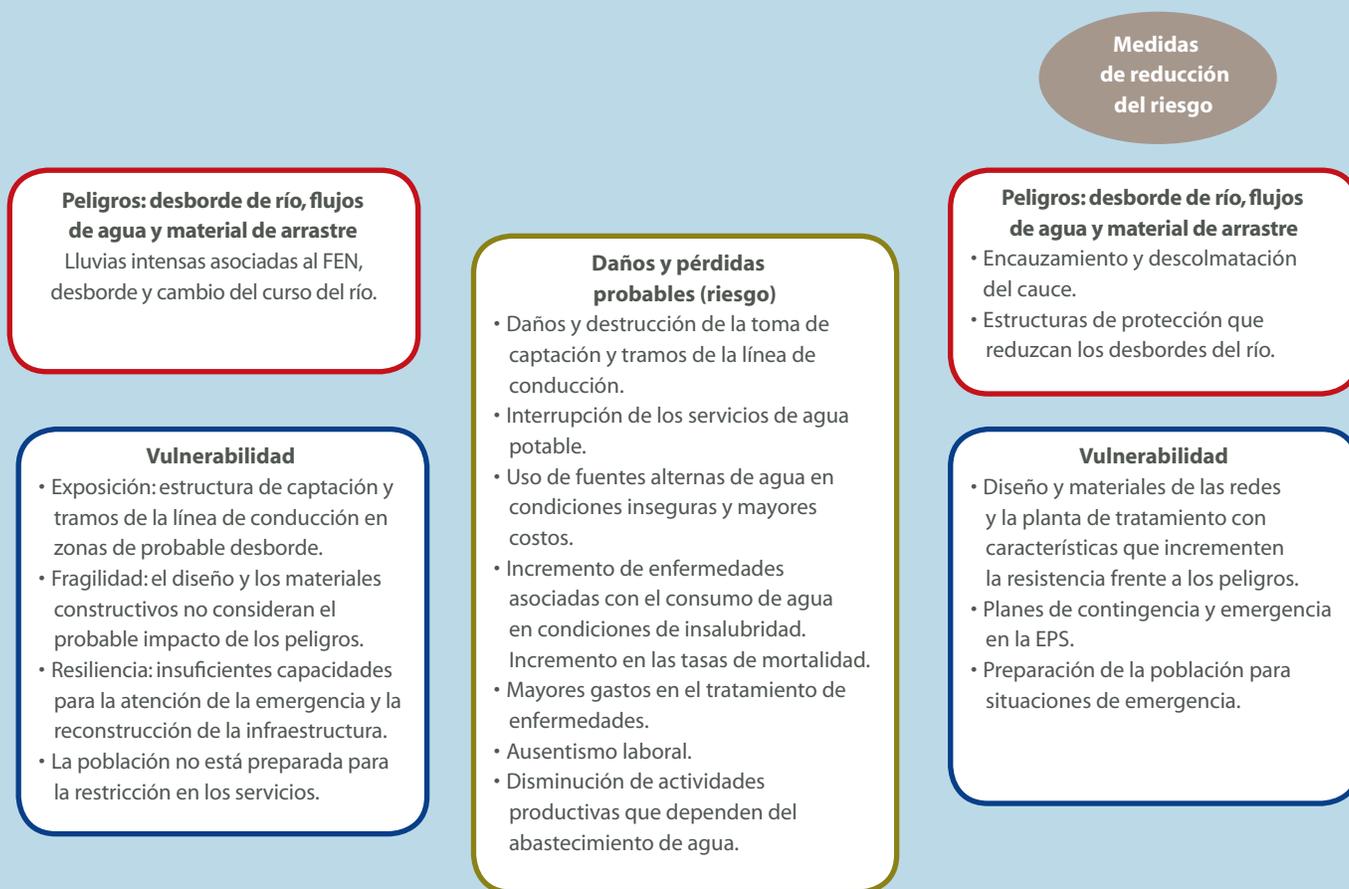
El análisis del riesgo se resume en el gráfico 14.

⁷⁴ Estructuras rellenas de piedra sujetas con malla de alambre.

⁷⁵ Información en el perfil (Gobierno Regional Moquegua 2007).

⁷⁶ En la Memoria 2007 se tiene información de la existencia de 2 pozos con capacidad de 100 lps para situaciones de emergencia, pero esto resulta insuficiente para abastecer a la población atendida con la fuente proveniente del río Osmore.

Gráfico 14. Pampa Inalámbrica: AdR del proyecto



Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

En el proyecto se considera la mejora de la captación de agua potable para lo que se realiza la ampliación del muro de encauzamiento, la ampliación del desarenador, la instalación de una pasarela y la protección de los tramos vulnerables en la línea de conducción.

Costos de inversión, operación y mantenimiento

En el cuadro 58 se presenta los costos de inversión en el proyecto que ascienden a 18,6 millones de soles.

Cuadro 58. Pampa Inalámbrica: costos totales del proyecto

| Rubro | Precios privados | Precios sociales |
|---|-------------------|-------------------|
| Mejoramiento de sistema de abastecimiento de agua potable | 14.923.153 | 11.786.845 |
| Etapa I. Estudios | 297.839 | 286.324 |
| Estudios definitivos de ingeniería del servicio de agua potable (3%) | 297.839 | 286.324 |
| Etapa II. Ejecución | 14.625.314 | 11.500.520 |
| A. Costos directos | 9.927.951 | 9.544.150 |
| Mejoramiento de captación en el río Osmore | 132.134 | 123.358 |
| Mitigación de la vulnerabilidad en la línea de conducción | 1.969.276 | 1.904.923 |
| Ampliación de la PTAP de Pampa Inalámbrica en 85 lps | 1.549.699 | 1.468.301 |
| Construcción de estación de bombeo en PTAP de Pampa Inalámbrica | 225.887 | 222.222 |
| Instalación de línea de aducción de la PTAP a redes de distribución y de línea de impulsión de la PTAP a reservorio elevado | 2.023.618 | 1.971.183 |
| Construcción de reservorio elevado | 1.678.052 | 1.613.502 |
| Mejoramiento de redes matrices | 775.387 | 746.570 |
| Ampliación de redes secundarias, conexiones domiciliarias con micromedición en UPIS de Nueva Generación | 523.387 | 485.116 |
| Ampliación de cobertura de micromedición | 1.050.510 | 1.008.974 |
| B. Costos indirectos | 2.335.529 | 1.928.734 |
| Gastos de supervisión (3%) | 297.839 | 286.324 |
| Gastos de liquidación (2%) | 198.559 | 190.883 |
| Gastos generales del componente del proyecto | 647.777 | 565.687 |
| Gastos imprevistos (2%) | 198.559 | 190.883 |
| Utilidad (10%) | 992.795 | 694.957 |
| C. Impuestos | 2.330.061 | 0 |
| IGV (19%) | 2.330.061 | 0 |
| D. Costos ambientales | 31.773 | 27.637 |
| Costos de planes de manejo ambiental | 31.773 | 27.637 |
| Ampliación de redes de alcantarillado | 8.288.284 | 6.734.391 |
| Etapa I. Estudios | 215.770 | 175.292 |
| Estudios definitivos de ingeniería del componente alcantarillado (3%) | 215.770 | 175.292 |
| Etapa II. Ejecución | 8.072.514 | 6.559.099 |
| A. Costos directos | 7.192.326 | 5.843.051 |
| Instalación de redes de alcantarillado | 5.106.820 | 4.137.807 |
| Instalación de colector Promuvi VII | 480.356 | 394.003 |
| Instalación de conexiones domiciliarias | 1.605.151 | 1.311.242 |

| Rubro | Precios privados | Precios sociales |
|---|-------------------|-------------------|
| B. Costos indirectos | 863.079 | 701.166 |
| Gastos de supervisión (3%) | 215.770 | 175.292 |
| Gastos de liquidación (2%) | 143.847 | 116.861 |
| Gastos generales del componente del proyecto (5%) | 359.616 | 292.153 |
| Gastos imprevistos (2%) | 143.847 | 116.861 |
| Utilidad (0%) | 0 | 0 |
| C. Costos ambientales | 17.109 | 14.881 |
| Costos de los planes de manejo ambiental | 17.109 | 14.881 |
| Capacitación en educación sanitaria | 140.708 | 120.198 |
| Fase I. Estudios | 2.519 | 2.104 |
| Elaboración de estudios definitivos (3%) | 2.519 | 2.104 |
| Fase II. Ejecución física | 138.189 | 118.094 |
| A. Costos directos | 83.965 | 70.125 |
| Capacitación en organizaciones de base | 37.925 | 32.832 |
| Capacitación en instituciones educativas | 11.600 | 9.748 |
| Visitas domiciliarias | 34.440 | 27.544 |
| B. Costos indirectos | 54.224 | 47.970 |
| Gastos generales del componente capacitación | 48.346 | 43.061 |
| Supervisión (3%) | 2.519 | 2.104 |
| Liquidación (2%) | 1.679 | 1.402 |
| Imprevistos (2%) | 1.679 | 1.402 |
| Total | 23.352.144 | 18.641.433 |

Fuente: Gobierno Regional Moquegua 2007.

Los costos de inversión asociados a las MRR se muestran en el cuadro 59.

Cuadro 59. Pampa Inalámbrica: costo de las MRR

| Componente | Precios privados | Precios sociales |
|--|------------------|------------------|
| Porcentaje de medidas de mitigación en el total de costos directos de mejoramiento del sistema de agua potable | 21,17% | 21,25% |
| Estudios (monto correspondiente a mitigación) ¹ | 63.042 | 60.848 |
| Costos directos (monto correspondiente a mitigación) | 2.101.410 | 2.028.282 |
| Mejoramiento de captación en río Osmore | 132.134 | 123.358 |
| Mitigación de la vulnerabilidad en la línea de conducción | 1.969.276 | 1.904.923 |
| Costos indirectos (monto correspondiente a mitigación) ¹ | 494.352 | 409.886 |
| Impuestos (monto correspondiente a mitigación) ¹ | 493.195 | 0 |
| Costos ambientales (monto correspondiente a mitigación) ¹ | 6.725 | 5.873 |
| Total | 3.158.725 | 2.504.890 |

1. Se asume que la importancia relativa en los costos directos se mantiene para estudios, costos indirectos, impuestos y costos ambientales.
Fuente: Gobierno Regional Moquegua 2007.

En los cuadros 60 y 61 se presentan los costos de operación y mantenimiento de las MRR a precios privados y a precios sociales.

Cuadro 60. Pampa Inalámbrica: costos de operación y mantenimiento de las MRR a precios privados

| Componente | Costos de operación | Costos de mantenimiento | Costo total |
|------------|---------------------|-------------------------|-------------|
| Año 1 | 21.189 | 7.221 | 28.410 |
| Año 2 | 21.506 | 7.221 | 28.727 |
| Año 3 | 21.616 | 7.221 | 28.837 |
| Año 4 | 21.790 | 7.221 | 29.011 |
| Año 5 | 22.444 | 7.221 | 29.665 |
| Año 6 | 22.779 | 7.221 | 30.000 |
| Año 7 | 23.133 | 7.221 | 30.354 |
| Año 8 | 23.479 | 7.221 | 30.700 |
| Año 9 | 23.845 | 7.221 | 31.066 |
| Año 10 | 24.552 | 7.221 | 31.773 |

Fuente: Gobierno Regional Moquegua 2007.

Cuadro 61. Pampa Inalámbrica: costos de operación y mantenimiento de las MRR a precios sociales

| Componente | Costos de operación | Costos de mantenimiento | Costo total |
|------------|---------------------|-------------------------|-------------|
| Año 1 | 18.218 | 6.037 | 24.255 |
| Año 2 | 18.483 | 6.037 | 24.520 |
| Año 3 | 18.575 | 6.037 | 24.612 |
| Año 4 | 18.720 | 6.037 | 24.757 |
| Año 5 | 19.268 | 6.037 | 25.305 |
| Año 6 | 19.548 | 6.037 | 25.585 |
| Año 7 | 19.844 | 6.037 | 25.881 |
| Año 8 | 20.132 | 6.037 | 26.169 |
| Año 9 | 20.438 | 6.037 | 26.475 |
| Año 10 | 21.030 | 6.037 | 27.067 |

Fuente: Gobierno Regional Moquegua 2007.

Beneficios

1. COSTOS DE RECONSTRUCCIÓN

Se ha considerado los costos que se generarían para la reconstrucción de la captación y los tramos de la línea de conducción de no considerarse en el proyecto las MRR existentes. Se ha asumido que, de ocurrir el peligro, se dañarían aproximadamente 5 kilómetros de los 22 que tiene la línea de conducción y la estructura de captación.

Para estimar los costos de reconstrucción se ha considerado otros proyectos inscritos en el SNIP que consideran la construcción de tomas de captación de aguas superficiales y líneas de conducción, ya que el PIP no incluye estos componentes. En promedio, el costo de una toma de captación asciende a 626 mil soles y un kilómetro de línea de conducción, a 255 mil soles.⁷⁷ Así, a precios privados el costo de reconstrucción ascendería a 2.243.180 soles y a precios sociales, a 1.901.000.

2. COSTO EVITADO DE GASTO EN SALUD PÚBLICA (MENOS CASOS DE ENFERMEDADES)

En el proyecto Pampa Inalámbrica se consideraron las EDA como referente para calcular los costos evitados de gasto en salud pública. Ello porque en Ilo, a diferencia de las provincias de Paita y Talara, no se registran⁷⁸ como enfermedades locales la malaria o el dengue.

El dato base para el cálculo es la tasa de morbilidad de niños menores de 5 años de la región Moquegua. Así, es necesario asumir un comportamiento similar entre el distrito de Ilo y la región a la que pertenece; aunque se consiguió una serie histórica para el periodo 1998-2005 (Cuanto 2007) no se observaban picos en esa tasa. Por ello se asumió que el incremento de la tasa de morbilidad sería igual a la observada en Piura, de modo que se puede obtener la tasa en el caso de evento y sin servicio (431 casos por mil habitantes). La morbilidad sin evento y con servicio es el promedio geométrico de las tasas observadas en el periodo 1998-2005 (289 casos por mil habitantes). Para las personas mayores de 5 años se asume que la tasa con evento y sin servicio es 25% de la tasa de los niños menores de 5 años (108 casos por mil habitantes) y en el caso de la situación sin evento y con servicio la tasa es 0%.

⁷⁷ Una de las referencias es el PIP «Ampliación de la línea de conducción Pasto Grande a Planta de Tratamiento Pampa Inalámbrica», con perfil aprobado. Se trata de una nueva línea que empalmará con la que ya existe.

⁷⁸ En el mapa de enfermedades de la Dirección General de Epidemiología (DGE) del MINSA.

El costo evitado en gasto en salud pública es el de los costos directos y se presenta en el cuadro 62 (segunda columna).

Cuadro 62. Distrito de Ilo: costo evitado de gasto en salud pública

| Situación | Costos directos | Costos indirectos | Total (precios privados) |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| Sin servicio de agua | | | |
| EDA en niños menores de 5 años | 45.697 | 283.966 | 329.662 |
| EDA en personas mayores de 5 años | 197.915 | 726.571 | 924.487 |
| Total sin servicio de agua | 243.612 | 1.010.537 | 1.254.149 |
| Con servicio de agua | | | |
| EDA en niños menores de 5 años | 30.617 | 190.257 | 220.874 |
| EDA en personas mayores de 5 años | 0 | 0 | 0 |
| Total con servicio de agua | 30.617 | 190.257 | 220.874 |
| Costo evitado | 212.995 | 820.280 | 1.033.275 |

Elaboración: IEP.

3. COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS Y EMPEORAMIENTO DE LAS CONDICIONES SOCIALES

El costo evitado en pérdida de vidas humanas y empeoramiento de las condiciones sociales está formado por los costos indirectos en salud pública y los costos por mortalidad. En este proyecto del sector saneamiento también se producen beneficios por costos evitados de la enfermedad de modo indirecto, es decir, por evitar el ausentismo laboral por enfermedad. Igual que en los proyectos anteriores, el cálculo se realiza sobre la base de un salario diario promedio (mínimo) y los días en los que se deja de trabajar por las EDA (7 días). Los resultados de esta estimación se presentan en el cuadro 62 (tercera columna).

Asimismo, se calculan los costos evitados por incrementos en la tasa de mortalidad debido a la enfermedad. Como dato base se toma la tasa de mortalidad de la enfermedad de la OMS para el caso sin evento y con servicio, mientras que para el caso con evento y sin servicio la tasa se incrementa en 25%. Al igual que en los proyectos anteriores, la tasa de mortalidad utilizada (por 100 mil personas) para la situación sin servicio fue de 20,6 para las EDA (sin distinguir la edad de la población); mientras que para la situación con servicio se utilizó una tasa de 16,5 en el caso de los niños menores de 5 años y de 0% para el resto de la población.

Cuadro 63. Distrito de Ilo: costo evitado de mortalidad

| Situación | Soles (precios privados) |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Sin servicio de agua | |
| EDA en niños menores de 5 años | 63.274 |
| EDA en personas mayores de 5 años | 644.298 |
| Total sin servicio de agua | 707.572 |
| Con servicio de agua | |
| EDA en niños menores de 5 años | 50.619 |
| EDA en personas mayores de 5 años | 0 |
| Total con servicio de agua | 50.619 |
| Costo evitado | 656.953 |

Elaboración: IEP.

4. BENEFICIOS DIRECTOS POR NO INTERRUMPIR LA ACTIVIDAD DE PROYECTO (COSTO EVITADO POR LA INTERRUPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO)

Otro de los beneficios de no interrumpir la provisión de servicios de agua potable es mantener constante para los usuarios el gasto en agua, en comparación con la alternativa de provisión mediante la compra de agua a camiones cisterna. Los beneficios asociados a no interrumpir el servicio se estimaron mediante una comparación entre la situación en la que el servicio se ve interrumpido respecto de otra en la que no se interrumpe.

El cálculo del gasto en agua en una situación en la que la provisión no se interrumpe se realizó obteniendo el costo del agua por vivienda conectada al mes, multiplicado por el total de viviendas conectadas luego de realizarse el proyecto.⁷⁹ Para ello se utilizó el precio del metro cúbico de agua, el consumo al mes de cada vivienda y el total de las viviendas conectadas. El precio del metro cúbico corresponde al precio regulado de la EPS, mientras que el consumo de agua de las viviendas beneficiadas se estimó utilizando la curva de demanda de agua estimada en el proyecto⁸⁰ y el precio establecido por la EPS. Para el total de las viviendas beneficiadas con la conexión de agua potable se consideraron las viviendas situadas en el distrito de Ilo, dato que fue obtenido en el X Censo de Población y V de Vivienda 2005 del INEI.

Para la situación en la que la provisión de agua potable se ve interrumpida se consideró que el total de las viviendas del distrito serían afectadas con el corte del suministro de agua, por lo que los hogares de la zona, para mantener su nivel de consumo de agua tendrían que abastecerse mediante la compra del recurso hídrico a camiones cisterna a un precio superior a la tarifa de la EPS.⁸¹

⁷⁹ En este caso el proyecto considera una ampliación de la cobertura de la red de agua potable que se asume se incrementa en 100%.

⁸⁰ La función de demanda para Ilo es: $Q(m^3)=15.07 - 1.25P$ (Gobierno Regional Moquegua 2007).

⁸¹ Se asume que el precio que pagarían las viviendas afectadas al camión cisterna sería igual al precio que pagan actualmente las viviendas que compran el agua a estos camiones, el cual asciende a 10,88 soles por metro cúbico.

Cuadro 64. Pampa Inalámbrica: costo evitado de aumento del gasto en agua

| Rubro | Con servicio | Sin servicio | Monto (precios privados) |
|---|--------------|--------------|--------------------------|
| Agua consumida por vivienda al mes (m ³) ¹ | 14 | 3 | |
| Precio del agua (soles por m ³) ² | 1,06 | 11,00 | 9,82 |
| Costo del agua por vivienda al mes (soles) | 15 | 33 | 18 |
| Viviendas conectadas ³ | 14.415 | 14.415 | |
| Gasto anual en agua | 2.521.184 | 5.646.067 | 3.124.884 |

1. El consumo utilizado con servicio se estima en función a la demanda. El consumo sin servicio se estima sobre la base de entrevistas a especialistas del sector en la DGPM.

2. En la situación con proyecto el precio utilizado es el precio regulado de la EPS, en la situación sin proyecto se trata del precio de venta del camión cisterna. Podría considerarse también que una parte de la población podría ser abastecida a través de pozos y en este caso el costo sin servicio sería igual al costo de producción con esta fuente.

3. X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 INEI. Según información de la EPS, el total de conexiones al 2007 era de 21.106, se asume que si hubiese otra fuente de abastecimiento no toda la población se vería afectada por la interrupción del servicio.

Fuente: X Censo Nacional de Población y V de Vivienda 2005 INEI y Gobierno Regional Moquegua 2007.

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El resultado de la evaluación económica indica que para los escenarios planteados el proyecto es rentable, pues el valor presente de los beneficios es bastante mayor al de los costos en todos los casos; situación que se expresa en ratios beneficio/costo con valores mayores a 1. Finalmente, las TIR obtenidas son mayores a la tasa social de descuento por lo que el rendimiento de los recursos invertidos es positivo (cuadro 65).

Cuadro 65. Indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|---|
| VAC (soles) | 3.002.478 | 3.002.478 | 3.002.478 | 3.002.478 |
| VAB (soles) | 3.773.651 | 4.700.310 | 3.018.921 | 3.760.248 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 771.173 | 1.697.832 | 16.443 | 757.770 |
| TIR | 16% | 33% | 11% | 21% |
| Ratio beneficio/costo | 1,3 | 1,6 | 1,0 | 1,3 |

Elaboración: IEP.

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Para la evaluación social de las MRR se aplican los costos sociales de inversión, operación y mantenimiento estimados en el perfil del PIP (cuadros 59 y 61).

Los costos evitados de reconstrucción de la línea de conducción han sido ajustados a precios sociales excluyendo los impuestos, por restricciones en la disponibilidad de información.

Los costos directos evitados en salud pública que se estiman en el cuadro 62 (segunda columna) constituyen beneficios por liberación de recursos y son pertinentes para la evaluación social.

El costo evitado de ausentismo laboral por enfermedad y de evitar muertes que se estiman en los cuadros 62 y 2.62 se consideran pertinentes para la evaluación social asumiéndose que refleja el valor de la contribución de las personas en la producción de bienes y servicios que se ponen a disposición de la sociedad.

Los costos evitados por aumento en el costo del agua que se estiman en el cuadro 64 constituyen el excedente del consumidor que no pierden los usuarios, por lo tanto son pertinentes para la evaluación social.

Los indicadores de la rentabilidad social de las MRR se presentan en cuadro 66.

Cuadro 66. Pampa Inalámbrica: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|---|--|--|--|--|
| VAC (soles) | 2.390.401 | 2.390.401 | 2.390.401 | 2.390.401 | 2.390.401 |
| VAB (soles) | 3.590.708 | 4.472.443 | 2.872.566 | 3.577.954 | 2.130.910 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 1.200.307 | 2.082.042 | 482.165 | 1.187.553 | -259.491 |
| TIR | 21% | 44% | 15% | 31% | 10% |
| Ratio beneficio/costo | 1,5 | 1,9 | 1,2 | 1,5 | 0,9 |

Elaboración: PDRS-GTZ.

En los escenarios 1 a 4 la implementación de las MRR es rentable socialmente; sin embargo, si el 100% de probabilidad fuese que el peligro ocurra en el año 10, dejaría de serlo.

Se debe precisar que es probable que se haya subestimado el excedente del consumidor que no se pierde, ya que se ha considerado solo 63% de las conexiones existentes en el año 2007, las cuales aumentarán con el proyecto; igualmente, se asume que solo 22% de la línea de conducción se dañaría y podrían ser mayores los tramos afectados; finalmente, se asume un solo evento en el horizonte de evaluación pero se tiene información de una mayor frecuencia de estos.

3.5. SECTOR TRANSPORTES

3.5.1. Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos

El puente Simón Rodríguez está ubicado sobre el río Chira entre los distritos El Arenal y Amotape, en la provincia de Paita, región Piura. Originalmente, el puente, terminado de construir en 1987, tenía 381 metros de longitud y constaba de 10 tramos isostáticos de 23,5 metros apoyados en 10 pilares aporticados de 4 columnas. En 1998, por efecto del FEN, un pilar y 61,6 metros del puente colapsaron.

El área de influencia directa del puente está formada por cuatro distritos de la provincia de Paita: El Arenal, Amotape, Tamarindo y Colán, y cuenta con 22.998 habitantes. El área de influencia indirecta abarca la población localizada al norte de la provincia, es decir, el distrito de Paita y parte de la provincia de Talara y la región Tumbes.

El proyecto de reconstrucción consiste en la rehabilitación y el mejoramiento del puente Simón Rodríguez y sus accesos, así como su ampliación a 437 metros de longitud. Incluye un componente de obras provisionales que tienen como propósito mantener el tránsito peatonal que se verá interrumpido al desmontar la estructura modular provisional, la pasarela colgante, la alcantarilla y la tubería de agua potable.

Cuadro 67. Fenómenos naturales registrados en los distritos de Amotape y El Arenal, provincia de Paita, región Piura, 1970-2003

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|-----------|------|-----|-----|-----------------|------------|--|
| Piura | Paita | Amotape | 1983 | 2 | 7 | 0 | Inundación | FEN |
| Piura | Paita | Amotape | 1983 | 2 | 20 | 0 | Inundación | FEN |
| Piura | Paita | Amotape | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Piura | Paita | Amotape | 1983 | 5 | 12 | 0 | Lluvias | FEN |
| Piura | Paita | Amotape | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Desborde del río Chira |
| Piura | Paita | Amotape | 1993 | 4 | 1 | 1 | Avenida | Lluvias |
| Piura | Paita | El Arenal | 1972 | 3 | 24 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Piura | Paita | El Arenal | 1983 | 2 | 20 | 1 | Inundación | FEN |
| Piura | Paita | El Arenal | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Piura | Paita | El Arenal | 1983 | 5 | 21 | 1 | Avenida | FEN |
| Piura | Paita | El Arenal | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Desborde del río Chira |
| Piura | Paita | El Arenal | 1998 | 4 | 26 | 0 | Epidemia | FEN (lluvias y cambios bruscos de temperatura) |
| Piura | Paita | El Arenal | 2001 | 3 | 29 | 0 | Lluvias | Estacional |

Fuente: Base de datos DesInventar.
Elaboración: IEP.

Asimismo, se construirá una nueva estructura que consistirá en tres tramos tipo vigas en forma de cajón (box girder) que funcionarán como una sección compuesta con una losa de concreto más un tramo de conexión constituido por losa y vigas metálicas. Los accesos se realizarán en asfalto en frío con 182,53 metros de longitud el acceso derecho y 130,47 metros el izquierdo.

Análisis del riesgo

Las condiciones climáticas del área de influencia están afectadas por las variaciones estacionales de la zona de baja presión ecuatorial y por la Corriente del Niño (Gerencia de Proyectos-MTC 2005). Aunque el río Chira no tiene afluentes al interior de la provincia, en los cerros de Amotape, Vichayal, Huaca, El Arenal y Colán existen numerosas quebradas secas que llevan agua durante los meses de lluvia abundante.

A partir de la información de la base de datos DesInventar se puede comprobar que estos distritos se ven afectados por eventos hidrometeorológicos, reportándose efectos negativos sobre el transporte, la agricultura y el alcantarillado.

El peligro que puede afectar al puente es la crecida del río Chira ocasionada por lluvias intensas, tales como las que ocurren ante la presencia de FEN intensos, que genera fuertes caudales con material de arrastre (incrementado con la escasa cobertura vegetal en las áreas de amortiguamiento de inundaciones debido a su uso en la actividad agrícola) y la socavación de los suelos alrededor de los pilares y los terraplenes de acceso.

Dentro de los factores de vulnerabilidad del puente está la exposición de este al cruzar el cauce del río Chira. La fragilidad se explica tanto por su insuficiente longitud como por el insuficiente tirante de los pilares de la estructura.⁸²

La vulnerabilidad por resiliencia se explica por la poca disponibilidad de estructuras provisionales para restablecer el tránsito vehicular en caso se vea afectado.

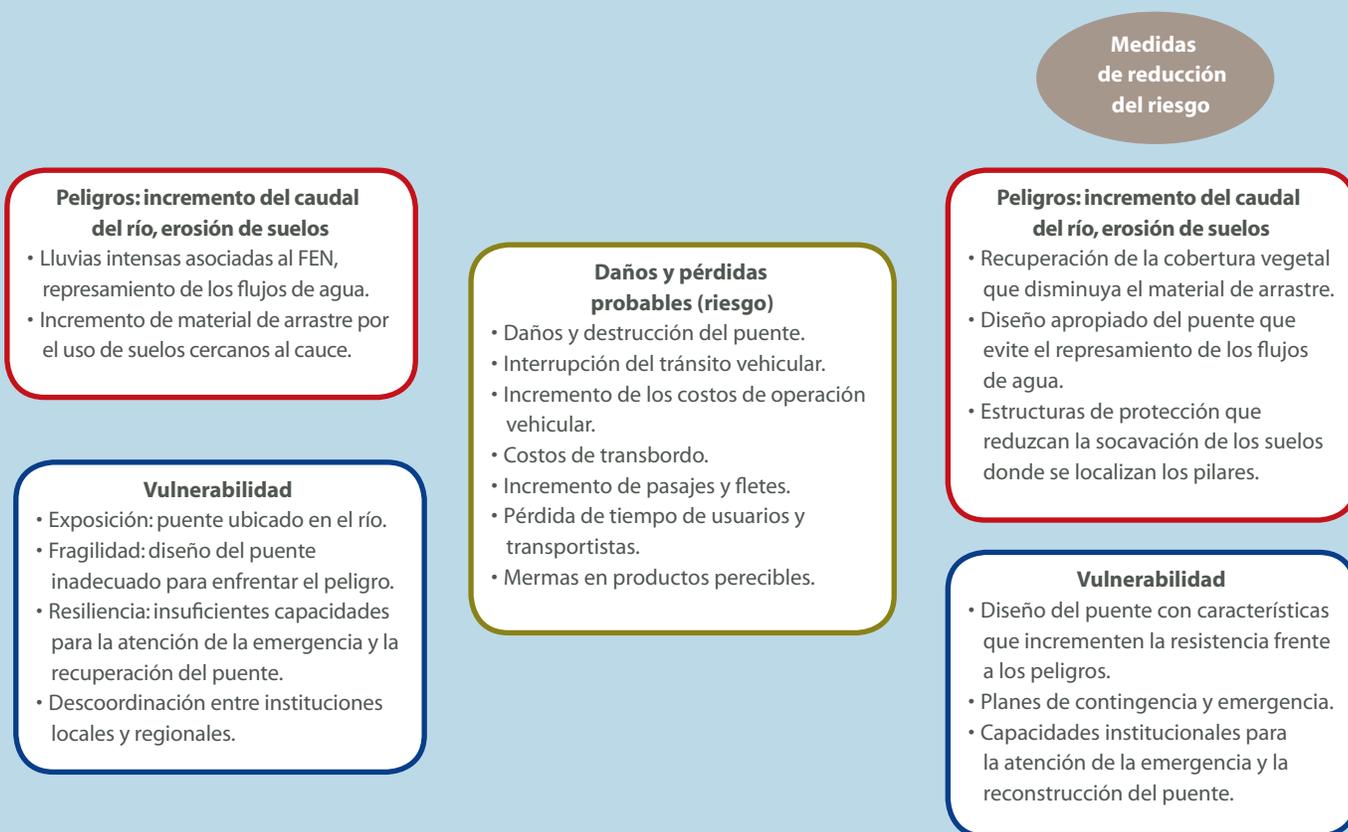
El daño generado, de ocurrir el peligro, sería el colapso del puente con la consiguiente interrupción del tránsito. Durante la emergencia, se incrementan los costos de operación vehicular, pasajes y fletes y los usuarios emplean más tiempo para llegar a sus destinos al igual que los transportistas y pueden incurrir en costos de transbordo. Además, puede haber mermas en productos perecibles o reducirse los flujos de carga lo que afecta los ingresos de los productores.

Dentro de las MRR se pueden considerar aquellas que disminuyan el material de arrastre y la socavación de los suelos, por ejemplo, el distanciamiento de los pilares.

La vulnerabilidad se reduce con un diseño apropiado que considere un tirante apropiado de los pilares y una mayor longitud del puente para hacer más resistentes los accesos. Se requerirá también mejorar la resiliencia con medidas para una rápida respuesta ante la emergencia y la reconstrucción del puente.

⁸² MTC s. f. Sin embargo, es importante notar que estos factores surgieron con el FEN de 1998.

Gráfico 15. Puente Simón Rodríguez: AdR del proyecto



Elaboración: IEP y PDRS-GTZ.

Medidas de reducción del riesgo implementadas

Las MRR consisten en un sistema de defensa ribereña en ambas márgenes del río, de 60 y 70 metros de longitud en la margen izquierda y derecha, respectivamente, con el objetivo de evitar la socavación de las riberas y los daños en los estribos y los terraplenes de acceso.

Costos de inversión, operación y mantenimiento

Los costos totales del proyecto de reconstrucción del puente ascienden a 13,1 millones de soles (cuadro 68), de los cuales el costo de la MRR es 1 millón (cuadro 69).

Cuadro 68. Puente Simón Rodríguez: costos totales del proyecto

| Rubro | Monto (precios privados) |
|--|-----------------------------|
| Reconstrucción del puente (132,2 metros) | 7.091.809 |
| Otros costos | 6.054.912 |
| Obras provisionales | 240.530 |
| Mitigación ambiental | 93.789 |
| Gastos generales (23%) | 1.834.470 |
| Utilidad (10%) | 797.596 |
| IGV (19%) | 2.015.525 |
| Supervisión de obra (7%) | 883.648 |
| Estudios definitivos (1,5%) | 189.353 |
| Total | 13.146.721 |

Fuente: Gerencia de Proyectos-MTC 2005.

Cuadro 69. Puente Simón Rodríguez: costo de la MRR

| Rubro | Monto (precios privados) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Sistema de defensa ribereña | 566.298 |
| Otros costos | 448.711 |
| Obras provisionales | 17.825 |
| Mitigación ambiental | 6.950 |
| Gastos generales (23%) | 135.947 |
| Utilidad (10%) | 59.107 |
| IGV (19%) | 149.364 |
| Supervisión de obra (7%) | 65.484 |
| Estudios definitivos (1,5%) | 14.032 |
| Total | 1.015.009 |

Fuente: Gerencia de Proyectos-MTC 2005.

Los costos anuales de operación y mantenimiento de la MRR (cuadro 70) ascienden a 3,4 mil soles (mantenimiento rutinario) y cada tres años a 15,9 mil soles (mantenimiento periódico).⁸⁴

⁸⁴ El mantenimiento rutinario incluye acciones de transporte de materiales y herramientas, limpieza y resane de superestructura, limpieza y resane de subestructura, mantenimiento de acceso al puente, seguridad vial y limpieza de cauce. Por su parte, el mantenimiento periódico, además de estas acciones, considera la pintura de la estructura metálica (Gerencia de Proyectos-MTC 2005).

Cuadro 70. Puente Simón Rodríguez: costo de operación y mantenimiento de las MRR

| Año | Monto (precios privados) |
|--------|-----------------------------|
| Año 1 | 3.385 |
| Año 2 | 3.385 |
| Año 3 | 15.914 |
| Año 4 | 3.385 |
| Año 5 | 3.385 |
| Año 6 | 15.914 |
| Año 7 | 3.385 |
| Año 8 | 3.385 |
| Año 9 | 15.914 |
| Año 10 | 3.385 |

Fuente: Gerencia de Proyectos-MTC 2005.

⁸⁵ A partir de los datos iniciales del costo total del proyecto se han repartido los costos indirectos para los casos de reconstrucción y reducción de riesgo utilizando el porcentaje que cada uno de estos rubros tiene en el total de costos directos.⁷⁶ En la Memoria 2007 se tiene información de la existencia de 2 pozos con capacidad de 100 lps para situaciones de emergencia, pero esto resulta insuficiente para abastecer a la población atendida con la fuente proveniente del río Osmore.

⁸⁶ Se debe notar que dicho puente fue construido con la finalidad de sostener la tubería de agua que atraviesa el río y no para tráfico peatonal.

⁸⁷ Si bien se cuenta con cálculos de beneficios para 20 años (Expediente Técnico del proyecto), el horizonte de evaluación es de 10 años, como en el resto de proyectos analizados en este estudio.

Beneficios

1. COSTO EVITADO DE LA RECONSTRUCCIÓN O LA REHABILITACIÓN

Ante la presencia de un evento similar al ocurrido en el año 1998, y sin las MRR, el costo de reconstrucción del puente asciende a más de 13 millones de soles, que corresponden tanto al costo directo de la reconstrucción como a los costos de las obras provisionales, mitigación ambiental, supervisión de obras y estudios, entre otros⁸⁵ (cuadro 68).

2. COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS Y EMPEORAMIENTO DE LAS CONDICIONES SOCIALES

Los beneficios del proyecto relacionados con las condiciones sociales que han sido identificados son el costo evitado del aumento del tiempo de viaje y del gasto en pasajes para la población. Los artífices del proyecto realizaron una encuesta en el puente con la que se obtuvo información primaria sobre flujo de personas, vehículos y tiempos de viaje (con y sin puente).

Sobre la base de esta información se determinó que el tiempo adicional que requieren los usuarios de transporte público ante la caída del puente es de media hora, pues deben cruzar el tramo caído por un puente colgante provisional⁸⁶ y tomar otro vehículo que los conduzca a su destino. El cálculo del costo del tiempo adicional utilizado por los pasajeros (anual) se realiza ponderando la pérdida unitaria por el valor social del tiempo para los usuarios del transporte público (ámbito interurbano) establecido en el SNIP (MEF 2007) y por el promedio diario de pasajeros de transporte público y su proyección de crecimiento (Gerencia de Proyectos-MTC 2005).

Para el cálculo del gasto anual adicional en pasajes de estos usuarios se pondera el promedio diario de pasajeros por el gasto adicional diario en pasajes por 365 días.

Los resultados de los cálculos de costos evitados por las MRR se encuentran en el cuadro 71.⁸⁷

Cuadro 71. Puente Simón Rodríguez: costo evitado de gasto adicional en transporte

| Año | Gasto adicional en pasajes (anual) | Costo anual de tiempo adicional utilizado por pasajeros (media hora por viaje) | Gasto adicional de operación vehicular |
|------------|---|---|---|
| Año 0 | 173.141 | 86.312 | 0 |
| Año 1 | 174.864 | 87.171 | 1.838.204 |
| Año 2 | 176.744 | 88.108 | 1.866.703 |
| Año 3 | 178.625 | 89.046 | 1.894.485 |
| Año 4 | 181.132 | 90.296 | 2.008.072 |
| Año 5 | 183.012 | 91.233 | 2.094.492 |
| Año 6 | 184.892 | 92.170 | 2.123.196 |
| Año 7 | 186.773 | 93.108 | 2.193.727 |
| Año 8 | 189.280 | 94.357 | 2.222.431 |
| Año 9 | 191.160 | 95.295 | 2.308.852 |
| Año 10 | 193.040 | 96.232 | 2.408.087 |
| Año 11 | 193.040 | 96.232 | 2.478.720 |
| Año 12 | 197.427 | 98.419 | 2.507.219 |
| Año 13 | 199.308 | 99.356 | 2.664.375 |
| Año 14 | 201.815 | 100.606 | 2.693.080 |
| Año 15 | 204.322 | 101.856 | 2.792.212 |
| Año 16 | 206.202 | 102.793 | 2.920.766 |
| Año 17 | 208.709 | 104.043 | 3.019.899 |
| Año 18 | 210.589 | 104.980 | 3.047.680 |
| Año 19 | 213.096 | 106.230 | 3.205.759 |
| Año 20 | 215.603 | 107.480 | 3.304.891 |

Fuente: Gerencia de Proyectos-MTC 2005.

3. COSTO EVITADO DE ATENDER LA EMERGENCIA

Respecto de la atención de la emergencia se ha identificado la necesidad de adoptar dos medidas: el puente colgante provisional utilizado por los pasajeros para atravesar el tramo colapsado del puente, cuyo costo ha sido calculado empleando el costo por metro y la longitud del tramo colapsado; y la construcción de un sistema de dique de tierra en el ancho total del cauce del río para el paso provisional de vehículos con alcantarillas que permitan transcurrir al río (foto 7). Así, el costo de atender la emergencia asciende a 255,7 mil soles (cuadro 72).

Cuadro 72. Puente Simón Rodríguez: costo evitado de atención de la emergencia

| Rubros | Parámetros | Monto (precios privados) |
|-------------------------|------------|-----------------------------|
| Longitud (metros) | 65 | |
| Costo (soles por metro) | 3.170 | |
| Puente colgante | | 205.733 |
| Dique de tierra | | 50.000 |
| Total | | 255.733 |

Fuente: Entrevista a Milton Soto (analista de la DGPM).
Elaboración: PDRS-GTZ.

Foto 7. Puente Simón Rodríguez: dique de tierra



Fuente: DGPM-MEF.

4. BENEFICIOS INDIRECTOS POR NO INTERRUMPIR LOS SERVICIOS DEL PROYECTO
(costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto)

Los beneficios por no interrumpir los servicios del proyecto, en este caso, el tránsito vehicular por el puente, equivalen a los costos adicionales de operación vehicular, es decir, la diferencia entre los costos de operación vehicular de la situación en la que el tránsito por el puente está interrumpido y cuando este opera con normalidad (Gerencia de Proyectos-MTC 2005). Los resultados de la estimación se presentan en el cuadro 71 (cuarta columna).

Análisis costo-beneficio

1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Del análisis costo-beneficio para los escenarios planteados se obtienen VAN positivos (entre 5,8 y 9,5 millones de soles) y ratios beneficio/costo mayores a 7 (en el Escenario 2 se llega casi a 11), pues los valores presentes de las MRR son mayores a los costos. Finalmente, la rentabilidad de los recursos invertidos es positiva, pues las TIR son mayores a la tasa social de descuento (de 65% y más).

Cuadro 73. Puente Simón Rodríguez: indicadores de evaluación económica

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|---|---|
| VAC (soles) | 951.082 | 951.082 | 951.082 | 951.082 |
| VAB (soles) | 8.447.269 | 10.423.372 | 6.757.816 | 8.338.697 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 7.496.187 | 9.472.289 | 5.806.733 | 7.387.615 |
| TIR | 73% | 306% | 65% | 244% |
| Ratio beneficio/costo | 8,88 | 10,96 | 7,11 | 8,77 |

Elaboración: IEP.

2. EVALUACIÓN SOCIAL

Los costos de inversión, operación y mantenimiento de las MRR fueron ajustados a precios sociales utilizando la relación de estos en los costos del proyecto, por falta de información desagregada de sus componentes.⁸⁸

Los costos sociales evitados en la reconstrucción se obtuvieron también de la aplicación de la relación entre los costos del proyecto.

Los costos sociales evitados en el incremento de los pasajes y los costos de operación vehicular constituyen liberación de recursos por tanto son pertinentes para la evaluación social (cuadro 69, segunda y cuarta columnas).

Los costos sociales evitados en pérdida de tiempo que se muestran en el cuadro 71 (tercera columna) son pertinentes para la evaluación y ya fueron estimados a precios sociales al emplearse el valor social del tiempo.

Los costos evitados en la atención de la emergencia constituyen liberación de recursos siendo pertinentes para la evaluación social (cuadro 72).

⁸⁸ Ficha de registro en el Banco de Proyectos del SNIP.

Los indicadores de la rentabilidad social de las MRR se muestran el cuadro 74.

Cuadro 74. Puente Simón Rodríguez: indicadores de evaluación social

| Indicador / Escenario | Escenario 1: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% efectividad de la MRR | Escenario 2: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 100% efectividad de la MRR | Escenario 3: Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 4: Evento con 20% de probabilidad en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR | Escenario 5: Evento en el año 10, 100% probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR | Escenario 6: Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR |
|--------------------------|--|--|--|--|---|---|
| VAC (soles) | 759.054 | 759.054 | 759.054 | 759.054 | 759.054 | 759.054 |
| VAB (soles) | 6.971.227 | 8.584.872 | 5.576.981 | 6.867.897 | 4254653 | 3403723 |
| Tasa social de descuento | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% | 11% |
| VAN (soles) | 6.212.173 | 7.825.818 | 4.817.927 | 6.108.843 | 3.495.599 | 2.644.669 |
| TIR | 74% | 318% | 67% | 254% | 32% | 29% |
| Ratio beneficio/costo | 9,2 | 11,3 | 7,4 | 9,1 | 5,6 | 4,5 |

Elaboración: PDRS-GTZ.

En todos los escenarios evaluados la implementación de las MRR es rentable socialmente; se mantiene esta condición inclusive si la probabilidad de ocurrencia del peligro en el año 10 es de 25%.



Sección 4

SISTEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se analiza en detalle las metodologías utilizadas para calcular el costo evitado para cada tipo de beneficio de las medidas de mitigación del riesgo. En particular, se especifican las posibles fuentes de información y se presenta un esquema para cada tipo de cálculo.

4.1. METODOLOGÍA PARA CUANTIFICAR LOS BENEFICIOS (COSTOS EVITADOS) DE LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO EN LOS CUATRO SECTORES PRIORIZADOS

Los costos evitados por la inclusión de MRR en los proyectos analizados en este estudio representan los beneficios de la inversión en reducción del riesgo, pues son los costos en los que socialmente se incurriría en el caso de que un evento natural interrumpiera los servicios que brindan los proyectos.

A partir de las características de los proyectos analizados se han identificado los siguientes tipos de beneficios (DGPM 2007b):

- Costo evitado de la reconstrucción o la rehabilitación.
- Costo evitado de pérdida de vidas humanas y empeoramiento de las condiciones sociales.
- Costo evitado por gasto en salud pública (menos casos de enfermedades).
- Costo evitado de atender la emergencia.
- Beneficios directos por no interrumpir la actividad del proyecto (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto).
- Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto).
- Beneficios por optimización de recursos frente a variaciones climáticas.



Sobre la base de las especificidades de estos proyectos se han determinado MRR específicas para estimar los beneficios, es decir, los costos evitados de las medidas de reducción del riesgo. Según cada caso, se presenta la metodología aplicada.

4.1.1. Costo evitado de reconstrucción o rehabilitación

Sector agricultura

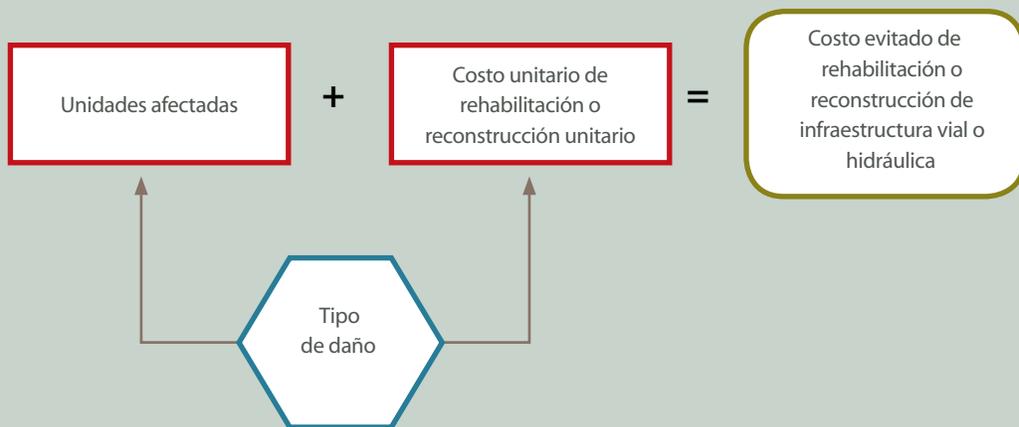
COSTO EVITADO DE RECONSTRUCCIÓN O REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA O VIAL

Los costos de reconstrucción de la infraestructura hidráulica deben considerar los costos de cada uno de los elementos afectados, en caso tengan diferentes costos de reconstrucción o rehabilitación. La información necesaria para realizar los cálculos consiste en las unidades que se verían afectadas por el evento, el tipo de daño que el evento ocasionaría y el costo de reconstrucción por unidad para los posibles tipos de daño considerados. Los costos evitados de reconstrucción de cada uno de los elementos son el producto de las unidades afectadas, por el costo unitario de reconstrucción o rehabilitación por unidad para el tipo de daño considerado (gráfico 16).

En necesario notar que, en este caso, se debe realizar supuestos sobre el tipo de daño que sufriría la infraestructura hidráulica ante la ocurrencia de un evento, la magnitud del impacto de este, los que deben reflejar los peligros identificados, y las condiciones de vulnerabilidad.

Si no se contase con el nivel de información suficiente, es posible aproximarse a su costo con información histórica de proyectos de reconstrucción de esta infraestructura (o similares con características parecidas, con clima y cultivos análogos), bajo el supuesto de que el daño ocasionado por la ocurrencia del evento sería equivalente.

Gráfico 16. Metodología de cálculo del costo evitado de la reconstrucción o la rehabilitación de la infraestructura hidráulica o vial



Elaboración: IEP.

COSTO EVITADO DE REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO

Los costos evitados de rehabilitación de la infraestructura de alcantarillado corresponden al caso en que el desborde del río ocasione una inundación en algún centro poblado, afectando la infraestructura de saneamiento. Debido a que estos costos dependen de la infraestructura afectada, tanto en extensión como en las características de su diseño, el costo evitado de rehabilitación de la infraestructura de alcantarillado debe encontrarse utilizando los costos del proyecto de rehabilitación correspondiente a la ocurrencia previa del evento, bajo el supuesto de que los daños serían similares. El año de esa información es importante, pues debe trabajarse con soles del mismo periodo, lo que hace necesario utilizar la metodología indicada en el punto 3.4.

Sector energía

COSTO EVITADO DE REPARACIÓN DE DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS

El costo evitado de reparación de daños a las estructuras de un embalse corresponde al costo de reparar el daño que produciría sobre su estructura la activación por causa de las lluvias de los derrumbes circundantes. Ese costo es calculado como la suma de los costos de reparación del daño atribuible a cada uno de los derrumbes. Este cálculo supone que la ocurrencia de lluvias intensas activaría todos los derrumbes que representan un peligro para el embalse.

COSTO EVITADO DE ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS

El costo evitado de la eliminación de escombros es el costo derivado de la eliminación de material del embalse para restablecer su capacidad de almacenamiento. Ese cálculo es el producto del costo unitario de eliminación por metro cúbico del material deslizado y de la estimación del volumen total deslizado que existiría en caso suceda el evento.

Sector saneamiento

COSTO EVITADO DE RECONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE O ALCANTARILLADO

El costo de reconstrucción de la línea de conducción consiste en el reforzamiento y la reubicación de tramos de la línea de la tubería de agua potable afectados por las lluvias extraordinarias, mientras que para el caso de la infraestructura de saneamiento es el de la reposición de los tramos de las redes de agua potable y alcantarillado afectados por los eventos. En los proyectos evaluados, debido a que las MRR se refieren a las técnicas y los materiales constructivos utilizados, los costos de reconstrucción constituyen una proporción del costo total del proyecto. Por ello, el cálculo del costo de reconstrucción requirió de información sobre los costos totales y acerca de la proporción de los costos correspondientes a la reconstrucción.

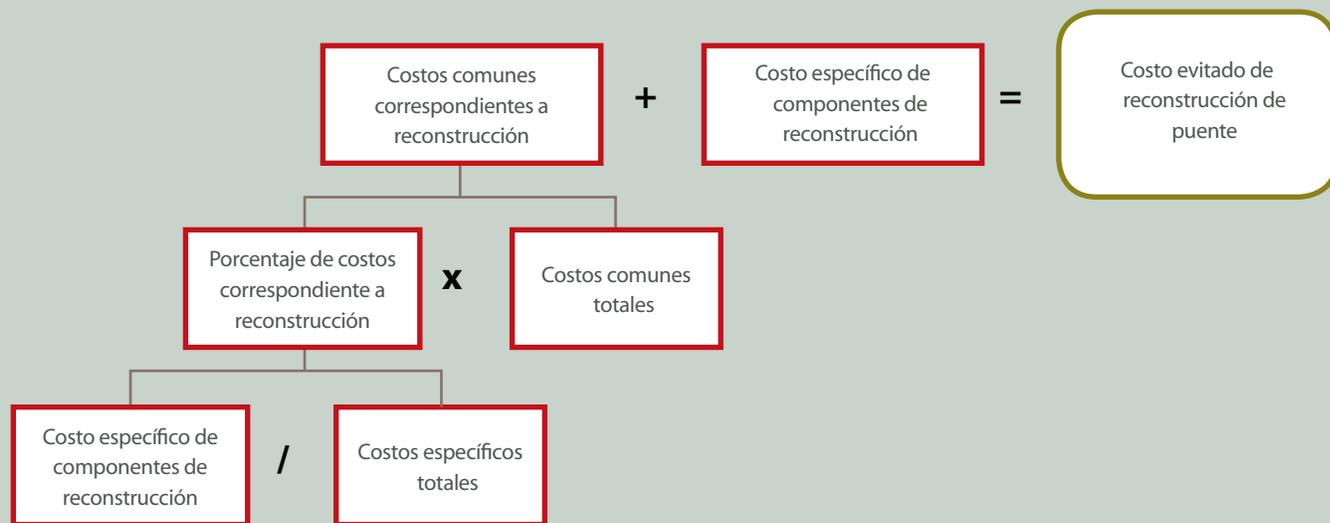
Al igual que en los casos anteriores, se utiliza el supuesto que, en caso no existan las medidas de mitigación, la ocurrencia de un nuevo evento ocasionaría daños similares a los producidos por el FEN de 1998.

Sector transportes

COSTO EVITADO DE RECONSTRUCCIÓN DE PUENTES

El costo de reconstrucción consiste en los costos de rehabilitación y mejoramiento del puente y su ampliación. El cálculo del costo de reconstrucción requirió de los costos detallados del proyecto, en los que se identificaron los diversos componentes según correspondiesen al componente reconstrucción o reducción del riesgo. El costo total de la reconstrucción se calcula como la suma de aquellos rubros destinados a reconstruir la infraestructura. Los costos comunes a la reconstrucción y la reducción del riesgo se dividieron de manera proporcional a la importancia de estos sobre los costos totales de la obra, bajo la condición de que se cuenta con información que permita diferenciar entre ambos.

Gráfico 17. Metodología de cálculo del costo evitado de reconstrucción de puentes



Elaboración: IEP.

⁸⁹ Debido a que están considerados en los costos evitados sobre la producción agrícola debe evitarse incluir ambos cálculos en el análisis costo-beneficio para evitar la doble contabilidad de los beneficios.

⁹⁰ Si se tratase de una renta perpetua simple (del final del periodo) el cálculo se realiza con la siguiente fórmula (Beltrán y Cueva 1999):

$$VA = \frac{R}{i}$$

Donde:

VA= Valor actual de la renta perpetua anual

R= Renta perpetua anual

i= Tasa de descuento

4.1.2. Costo evitado de pérdida de vidas humanas y empeoramiento de las condiciones sociales

Sector agricultura

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA TEMPORAL DE EMPLEO POR INUNDACIÓN

Los costos de pérdida temporal de empleo son los jornales que se dejan de pagar mientras los terrenos se encuentran inundados. Para calcularlos se requiere de información sobre las hectáreas con riesgo de inundación ante la ocurrencia de un evento, el número de jornales que se perderían por hectárea y el salario por jornal, el resultado es el producto de estos tres factores. Los supuestos que se utilizan se refieren al número de hectáreas que serían afectadas por la inundación y los jornales por hectárea afectada.⁸⁹

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DEFINITIVA DE EMPLEO POR INUNDACIÓN

Los costos relacionados con la pérdida definitiva de empleo son los jornales que se dejan de pagar por la pérdida de terrenos agrícolas causada por la inundación. Para realizar este cálculo es necesario contar con información sobre las hectáreas de tierras agrícolas que se perderían en caso de una inundación, los jornales al año por hectárea y el salario por jornal. Con ello es posible calcular el monto anual de los jornales perdidos. Luego, para contabilizar los jornales futuros perdidos se utiliza una tasa de descuento para calcular el valor actual de la renta perpetua de los jornales perdidos anualmente. Los principales supuestos en este cálculo son dos: el primero considera que, de no darse el evento, el área afectada será utilizada para el desarrollo de actividades agrícolas, y el segundo es un supuesto sobre los montos de renta para los jornales perdidos anualmente.⁹⁰

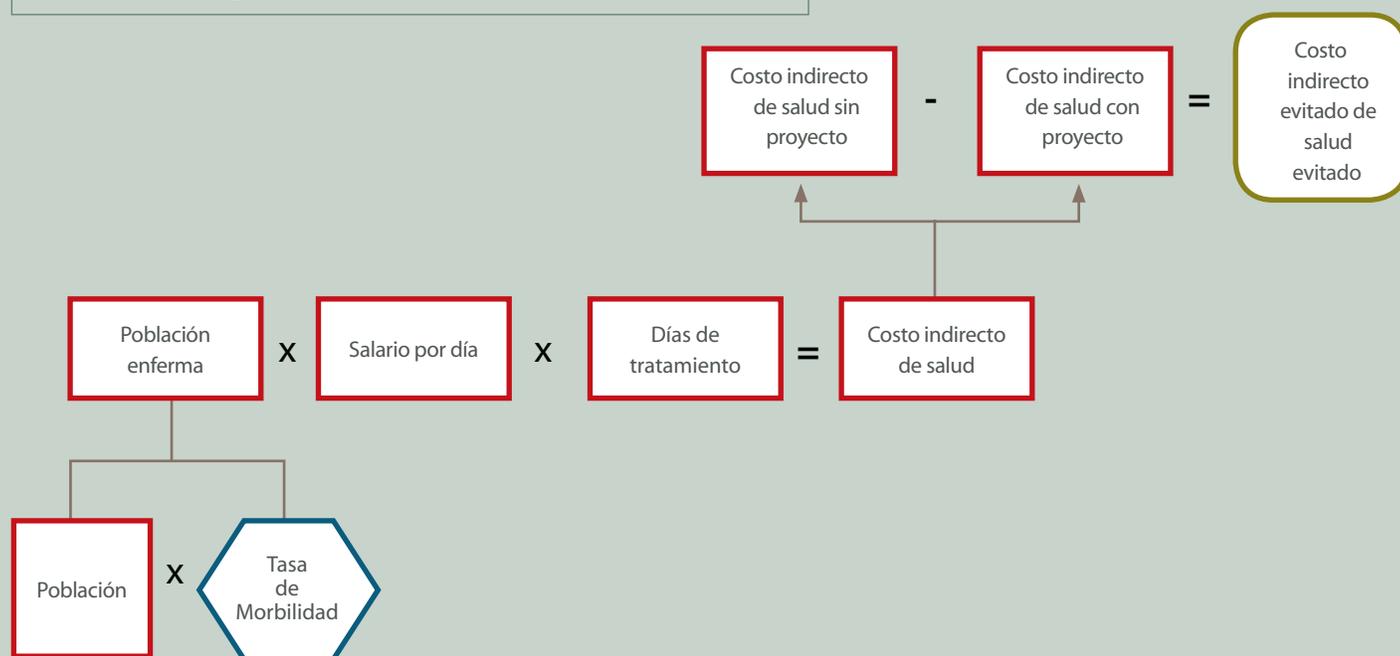


Sector saneamiento

COSTO INDIRECTO DE SALUD PÚBLICA EVITADO

Los costos indirectos de salud pública, es decir, el costo de oportunidad de la persona de estar enferma, fue medido mediante los ingresos que una persona pierde por estar enferma. El cálculo consistió en multiplicar la población correspondiente por la tasa de morbilidad para obtener el número de enfermos y, luego, multiplicar el número de enfermos por el salario por día y por los días de tratamiento (gráfico 18).

Gráfico 18. Metodología de cálculo del costo indirecto evitado de salud pública



Elaboración: IEP.

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS

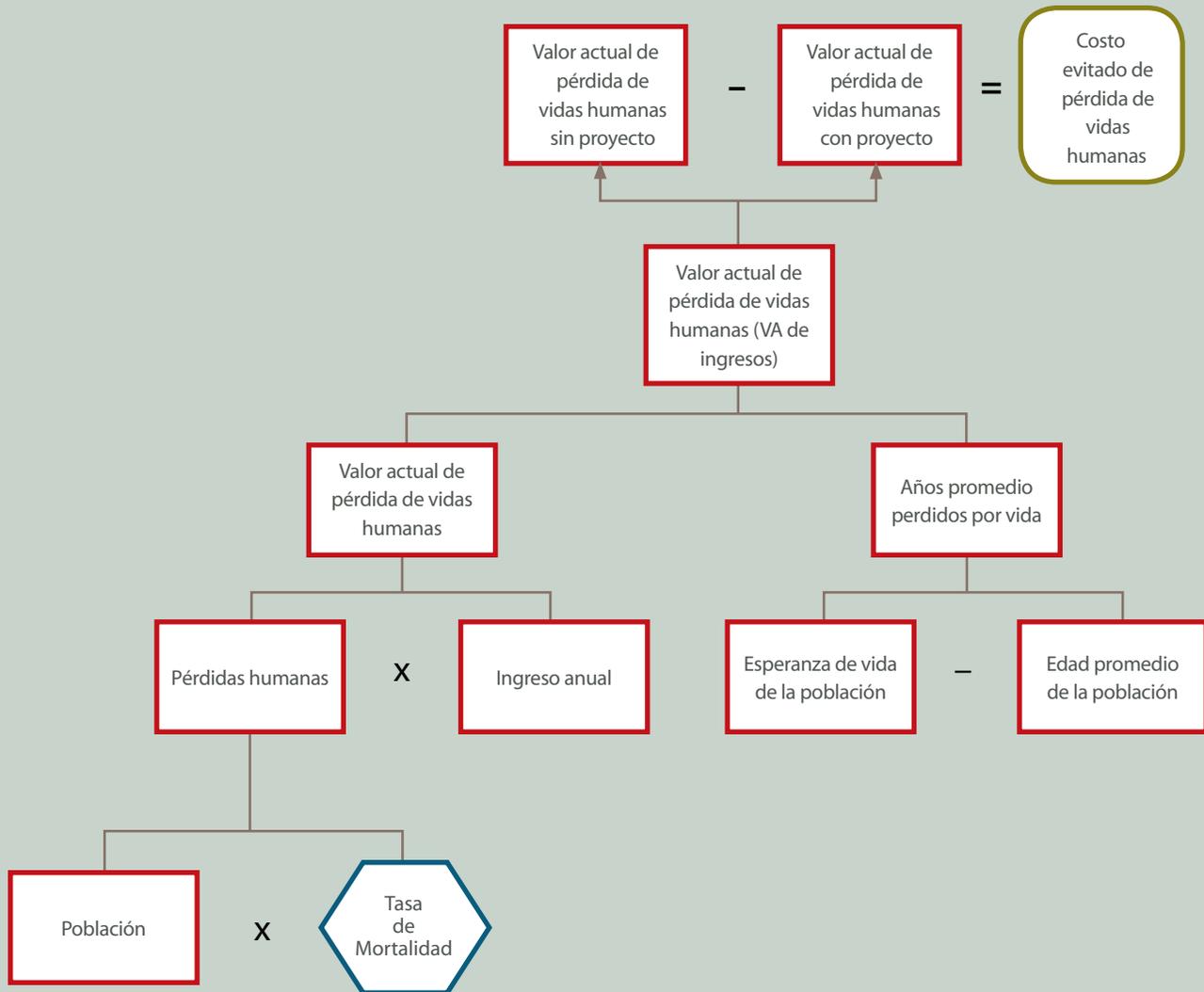
Los costos asociados a las muertes generadas por cada enfermedad resultan de dar una medida del valor agregado a la sociedad que se pierde por la muerte de una persona. Para cada una de las enfermedades, este costo se calcula partiendo de usar la tasa de mortalidad de la población correspondiente para establecer el número de pérdidas humanas. Luego, mediante el empleo del ingreso anual, se estima el valor de esas pérdidas lo que, ponderado por el diferencial de esperanza de vida, permite calcular el valor presente de los ingresos dejados de percibir por los fallecidos (gráfico 19).⁹¹

⁹¹ Si se tratase del valor presente de una anualidad simple el cálculo se realiza con la siguiente fórmula (Beltrán y Cueva 1999):

$$VA = R \cdot \left(\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right)$$

Donde:
 VA Valor actual de la renta anual
 R Renta anual
 i Tasa de descuento
 n Número de periodos

Gráfico 19. Metodología de cálculo del costo evitado de pérdida de vidas humanas



Elaboración: IEP.

Sector transportes

COSTO EVITADO DEL TIEMPO ADICIONAL DE VIAJE

El costo del tiempo adicional deriva de la asignación de un valor monetario al tiempo adicional que utilizan los pasajeros para transporte por causa de la interrupción de la vía. En nuestro caso, el costo del tiempo de viaje anual se calculó como el producto del número de personas que usa diariamente el puente para trasladarse, las horas de viaje adicional que se requiere si el puente está dañado, por tener que cruzar el puente provisional a pie y esperar otra movilidad, y el costo del tiempo de viaje en horas, multiplicado por los 365 días del año. Este cálculo supone que el número de personas que utiliza el puente para transitar es el mismo cualquiera sea la condición de la infraestructura.

Gráfico 20. Metodología de cálculo del costo evitado del tiempo adicional de viaje

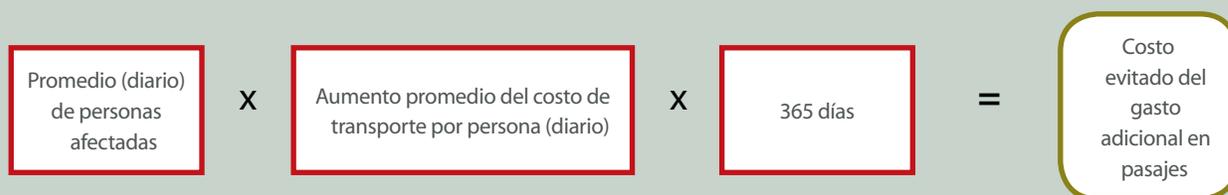


Elaboración: IEP.

COSTO EVITADO DEL GASTO ADICIONAL EN PASAJES

El costo evitado en transporte corresponde al gasto adicional en pasajes en que incurren los pasajeros por causa de una interrupción (gráfico 21). En el proyecto anualizado se trata del mayor gasto de los pobladores que utilizan el puente para su traslado por tener que cruzar a pie el tramo destruido y tomar otro servicio de transporte público en la otra orilla del río. Este costo se calcula como el producto del promedio diario de personas y el costo promedio de los pasajes adicionales, multiplicado por los 365 días del año. El cálculo asume que el número de personas que utiliza el puente para transitar no varía, cualquiera sea la condición de la infraestructura.

Gráfico 21. Metodología de cálculo del costo evitado del gasto adicional en pasajes



Elaboración: IEP.

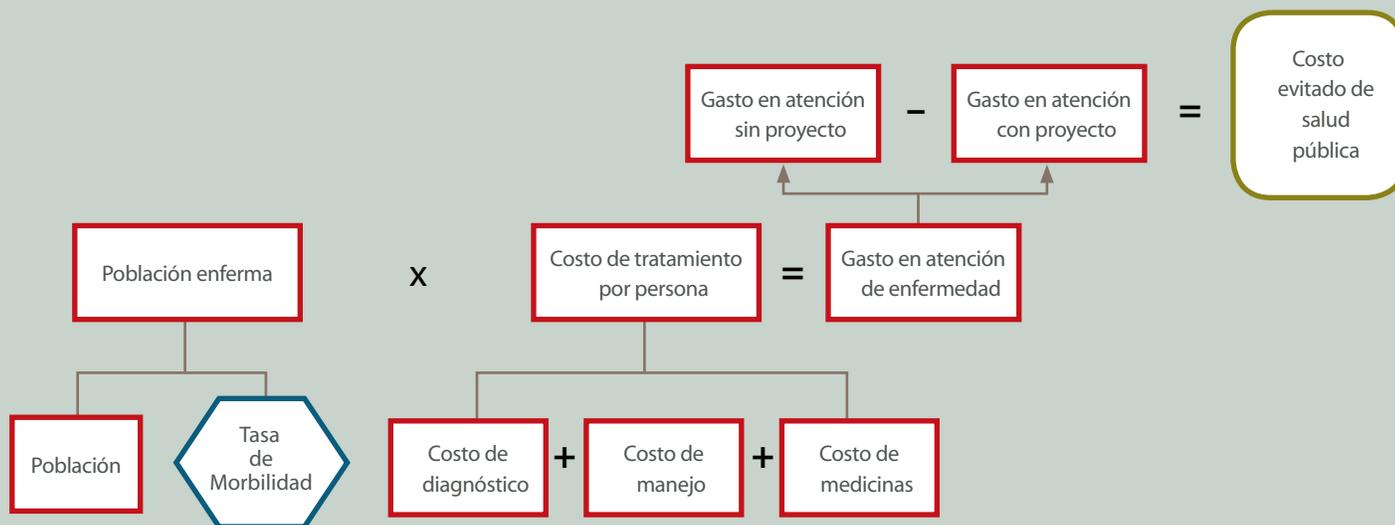
4.1.3. Costo evitado de salud pública (menos casos de enfermedades)

Sector saneamiento

COSTO EVITADO DE SALUD PÚBLICA

Los costos directos evitados por gastos en salud pública corresponden al gasto total del tratamiento de las enfermedades causadas por la falta del servicio de agua. Para su cálculo se requiere información sobre los costos de diagnóstico, manejo y tratamiento de la enfermedad, la población afectada y las tasas de morbilidad de esa población, tanto para el caso de un evento hidrometeorológico extremo como para el caso sin evento. Finalmente, los costos evitados por enfermedad son la diferencia entre lo que la población gasta en una situación con evento hidrometeorológico sin proyecto y una situación con evento hidrometeorológico con proyecto. En ambos casos, el gasto total en el tratamiento de las enfermedades se calcula como el producto de la población, la tasa de morbilidad y el costo del tratamiento (gráfico 22).

Gráfico 22. Metodología de cálculo del costo evitado de salud pública



Elaboración: IEP.

4.1.4. Costo evitado de atender la emergencia

Sector agricultura

COSTO DE RESTABLECIMIENTO DE LA PROVISIÓN DE AGUA DE RIEGO

El restablecimiento de la provisión del agua de riego es necesario para minimizar las pérdidas en los cultivos. Para estimar este costo es necesario conocer, o asumir, las horas de trabajo necesarias para completar las ac-

ciones de emergencia. En el caso de la limpieza de canales realizada con maquinaria, considerado en este estudio, además de las horas de trabajo requeridas se debe incluir los costos por hora de trabajo. El costo total de restablecimiento de la provisión de agua de riego consiste en el producto de las horas de trabajo necesarias y el costo total por hora.

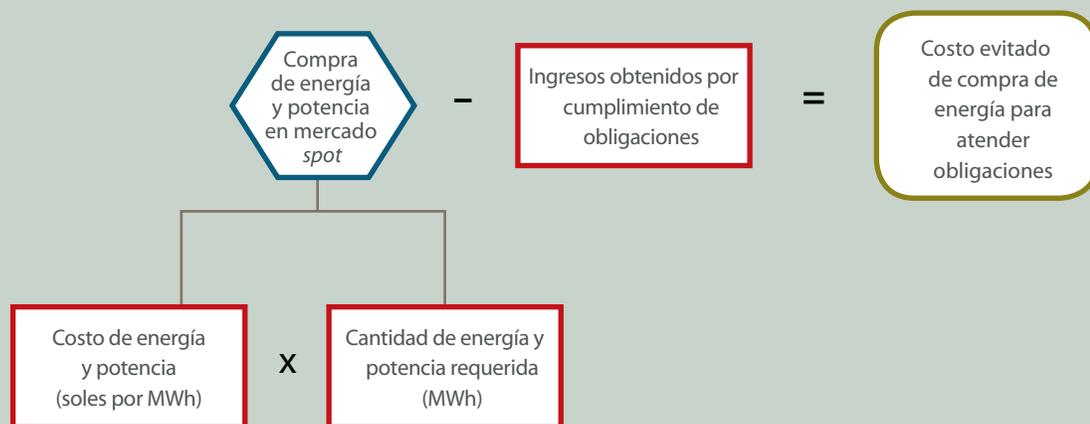
Sector energía

COSTO EVITADO DE COMPRA DE ENERGÍA PARA ATENDER OBLIGACIONES

Las empresas de generación eléctrica tienen compromisos de venta de energía, los cuales deben atender inclusive ante la ocurrencia de un evento. En esa situación, si la capacidad de generación de la empresa es insuficiente para cumplir sus obligaciones deberá comprar en el mercado spot el déficit de energía y potencia que requiere cubrir. Por ello, el costo evitado de compra de energía para atender las obligaciones es la diferencia entre el costo de esa compra y los ingresos recibidos por venta. Para calcularlo se debe conocer el monto total de energía y potencia (MWh) requerido para cumplir con los compromisos adquiridos con los clientes durante el periodo de paralización (o reducción de la capacidad de producción) de la central hidroeléctrica afectada, tanto en hora punta como fuera de hora punta, así como su costo en el mercado spot y la cantidad de energía que podría generarse.⁹² El producto del precio y la diferencia (déficit) entre la demanda y la capacidad de generación es el costo de atención a los clientes. A estos costos se les debe restar los ingresos por venta de energía que obtiene la empresa al cumplir con sus obligaciones, para lo cual se utiliza el costo marginal ponderado por MWh (de las obligaciones) y el monto total de energía necesario para atenderlas. El resultado neto de la compra de energía y los ingresos constituyen el costo adicional en el que incurre la empresa al tener que cubrir su déficit de generación para cumplir con sus compromisos, es decir, el costo de atender la emergencia (gráfico 23).

⁹² Es necesario considerar el cambio en el precio si la capacidad de generación se viese reducida o fuese cero, pues ante una demanda constante dicha reducción de oferta causaría su aumento.

Gráfico 23. Metodología de cálculo del costo evitado de compra de energía y potencia para atender obligaciones



Elaboración: IEP.

Sector transportes

COSTO EVITADO DE PUENTE PROVISIONAL

La atención de la emergencia en el caso de la destrucción parcial de un puente supone la instalación de uno provisional. En el caso incluido en este estudio dicho puente es utilizado por la población para realizar tránsito peatonal. El costo del puente provisional es el producto de la longitud del puente requerido y el costo por metro lineal.

COSTO EVITADO DE DIQUE DE TIERRA PROVISIONAL

La atención de la emergencia también requiere facilitar el paso provisional de vehículos, para lo que se usa diques de tierra. En el caso analizado se trata de un sistema de tres alcantarillas paralelas que permiten el paso del caudal del río, las que han sido cubiertas por un dique de tierra sobre el cual transitan los vehículos. El costo de este dique depende de las características del lecho del río, por lo que se ha trabajado con un monto aproximado brindado por el analista del sector.

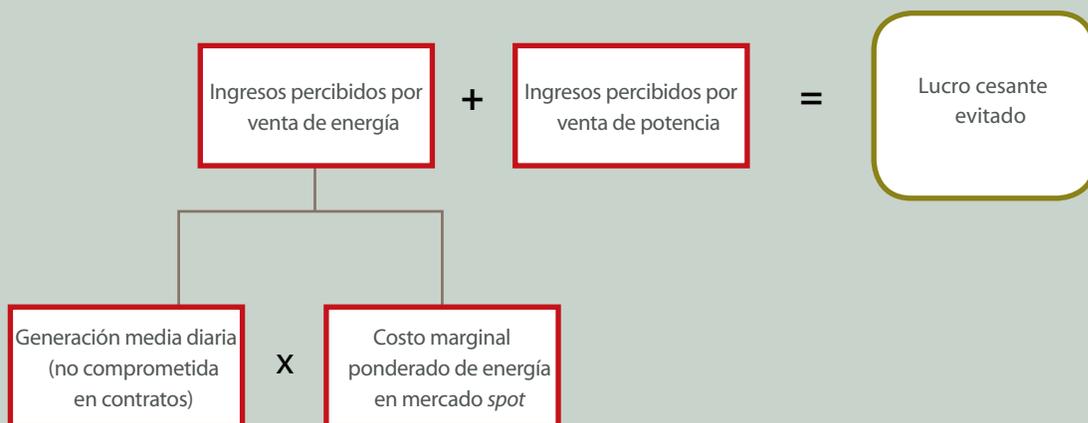
4.1.5. Beneficios directos por no interrumpir la actividad del proyecto (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto)

Sector energía

LUCRO CESANTE EVITADO

El lucro cesante evitado consiste en las ventas diarias de energía que se mantienen al no verse interrumpida la actividad de generación. Este cálculo es el producto de la generación media diaria por el costo marginal ponderado de la energía en el mercado spot, que da como resultado los ingresos percibidos por venta de energía sumados a los ingresos percibidos por venta de potencia (gráfico 24).

Gráfico 24. Metodología de cálculo del lucro cesante evitado



Elaboración: IEP.

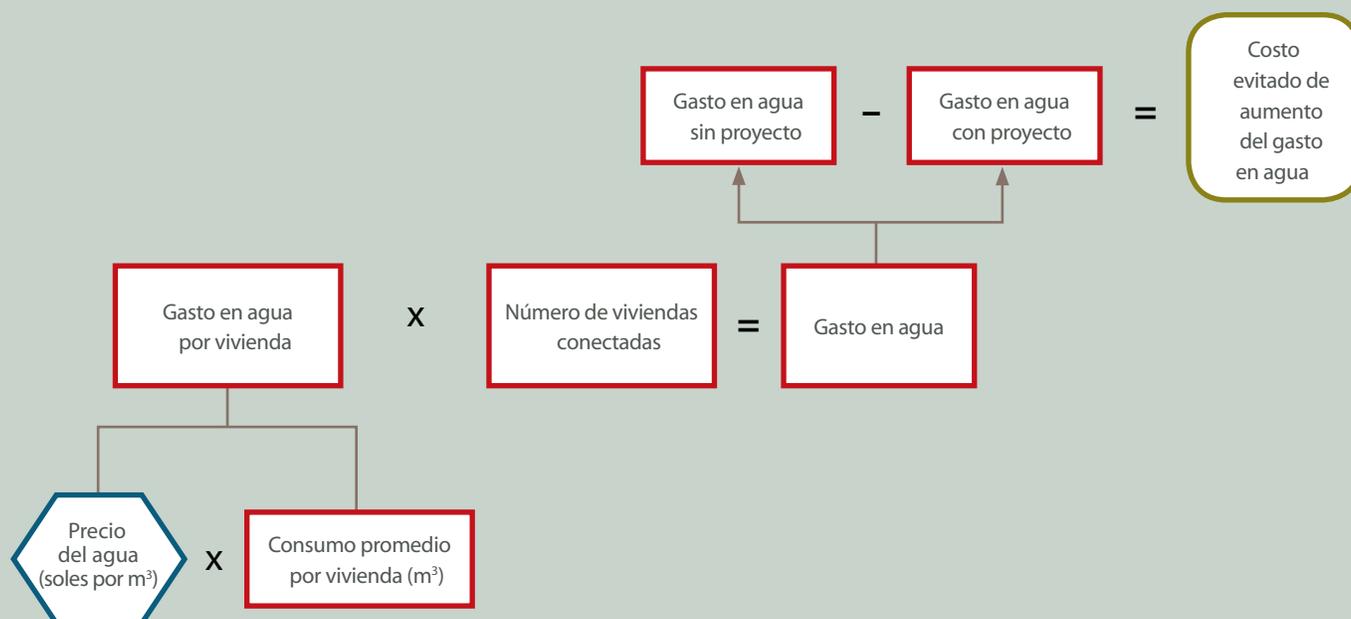
Sector saneamiento

COSTO EVITADO DE AUMENTO DEL GASTO EN AGUA

Ante un evento que dañe la infraestructura de agua potable (y la provisión se vea afectada) se produciría un incremento en su costo para el usuario que deberá incurrir en mayor gasto. El costo evitado del aumento del gasto en agua es la diferencia de dicho gasto en una situación en la que se daña la infraestructura de provisión de agua potable y aquella en la cual la provisión se realiza sin interrupciones fuera de lo habitual.

El cálculo del gasto en agua sin interrupciones en el eje de conducción se realizó obteniendo el costo del agua al mes por vivienda conectada, monto que se multiplica por el número total de viviendas conectadas. Para ello se utilizó el precio del metro cúbico de agua, el consumo por mes de cada vivienda y el total de las viviendas conectadas. Para el caso en que se ve afectada la provisión de agua potable se asumió que las conexiones afectadas serían proporcionalmente iguales a las conexiones afectadas el año 1998. Además, se asume que las viviendas afectadas mantienen su nivel de consumo, por lo que deben abastecerse de agua mediante la compra de esta a camiones cisterna a un precio superior. El costo evitado es el diferencial de gastos totales en cada situación (gráfico 25).

Gráfico 25. Metodología de cálculo del costo evitado del gasto en agua



Elaboración: IEP.

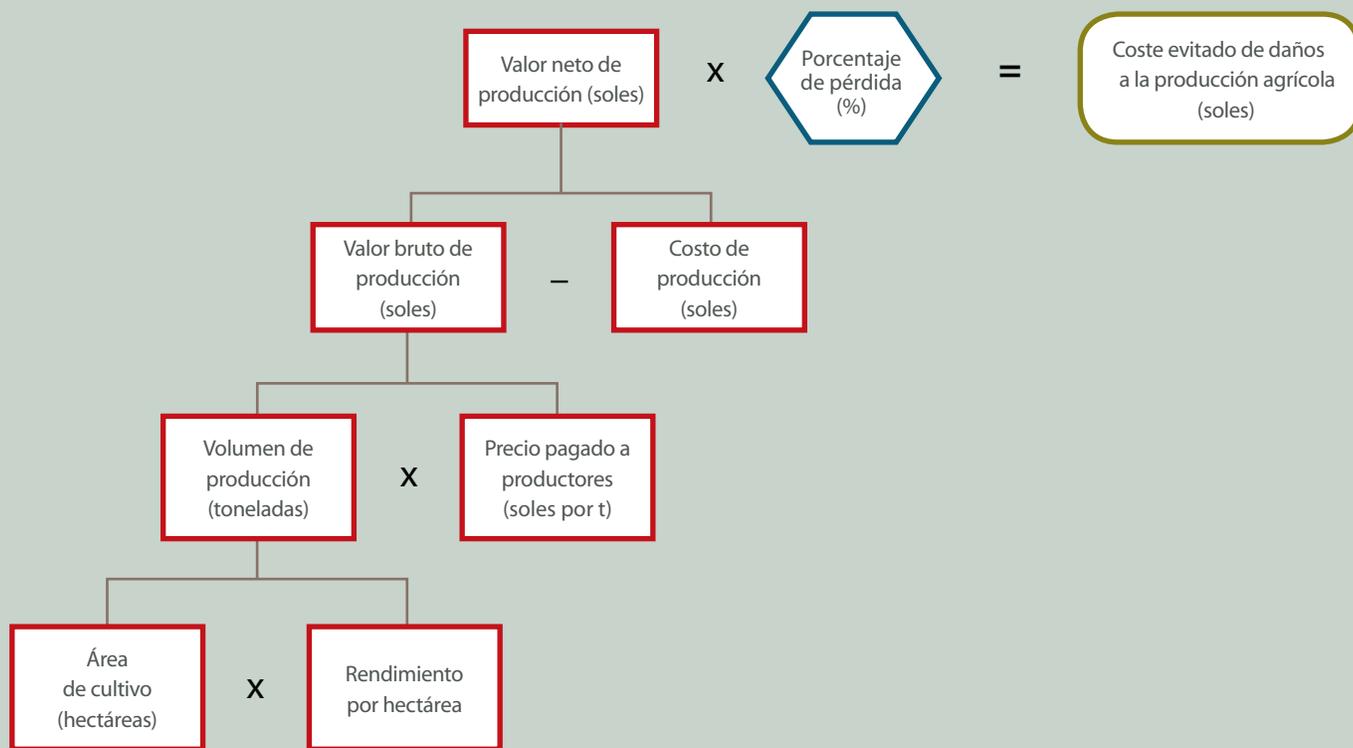
4.1.6. Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto)

Sector agricultura

COSTO EVITADO DE DAÑOS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Los daños a la producción agrícola en el caso de una inundación consisten en la producción agrícola que se pierde si ocurre el evento. Para calcular su costo es necesario conocer el área correspondiente a los diferentes cultivos que se encuentran dentro de la superficie con riesgo de inundación y su rendimiento. Con ello se calcula el volumen de producción de cada uno de los cultivos y, con el precio pagado a los productores, se halla el valor bruto de producción, al que se le descuenta el costo total de producción por cultivo (producto del costo por hectárea y las hectáreas correspondientes a cada cultivo). Estos datos permiten hallar el valor neto de la producción, es decir, la ganancia que obtendrían los agricultores en caso no ocurriera el evento. El valor de los daños a la producción agrícola para cada cultivo es el producto del valor neto de su producción y el porcentaje de pérdida por causa de la inundación (gráfico 26).

Gráfico 26. Metodología de cálculo del costo evitado de daño a la producción agrícola



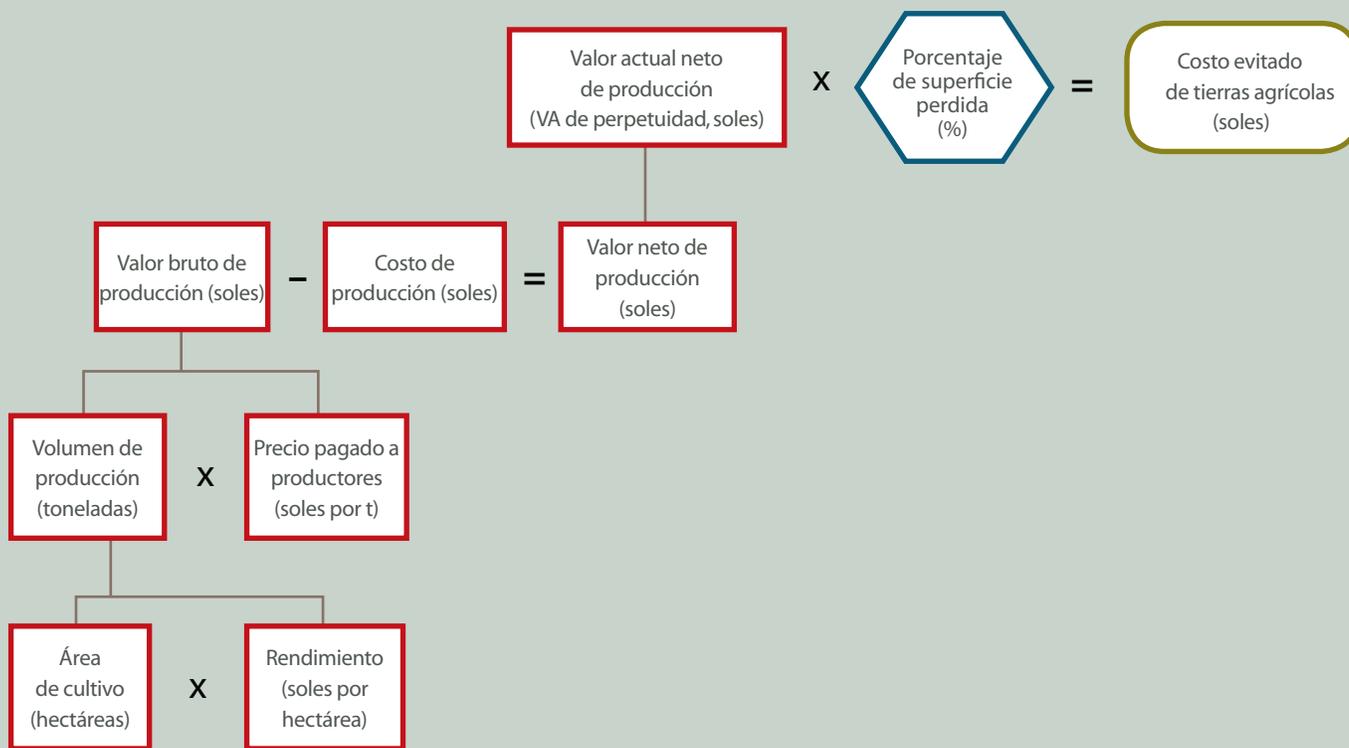
Elaboración: IEP.

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE TERRENOS AGRÍCOLAS

El costo evitado de la pérdida de terrenos agrícolas consiste en el valor neto de la producción agrícola que se pierde al desaparecer terrenos agrícolas como consecuencia de su inundación, sea por su inutilización o erosión. Para calcularlo es necesario contar con información sobre la superficie que se perdería ante la ocurrencia de una inundación, que es el resultado de conocer qué parte de la superficie inundada se pierde en forma permanente. Además, es necesario contar con información sobre el valor neto anual de producción por hectárea de la superficie afectada, considerando los cultivos existentes en dicha área.⁹³ A partir de estos datos es posible calcular el valor anual neto de producción del área perdida y hallar el valor actual de su perpetuidad. Este cálculo supone que la superficie perdida se continuará utilizando como superficie agrícola y será usada para los mismos cultivos considerados en los cálculos (gráfico 27).

⁹³ El detalle de la metodología para realizar este cálculo se encuentra en el punto correspondiente a los daños evitados a la producción agrícola.

Gráfico 27. Metodología de cálculo del costo evitado de la pérdida de terrenos agrícolas



Elaboración: IEP.

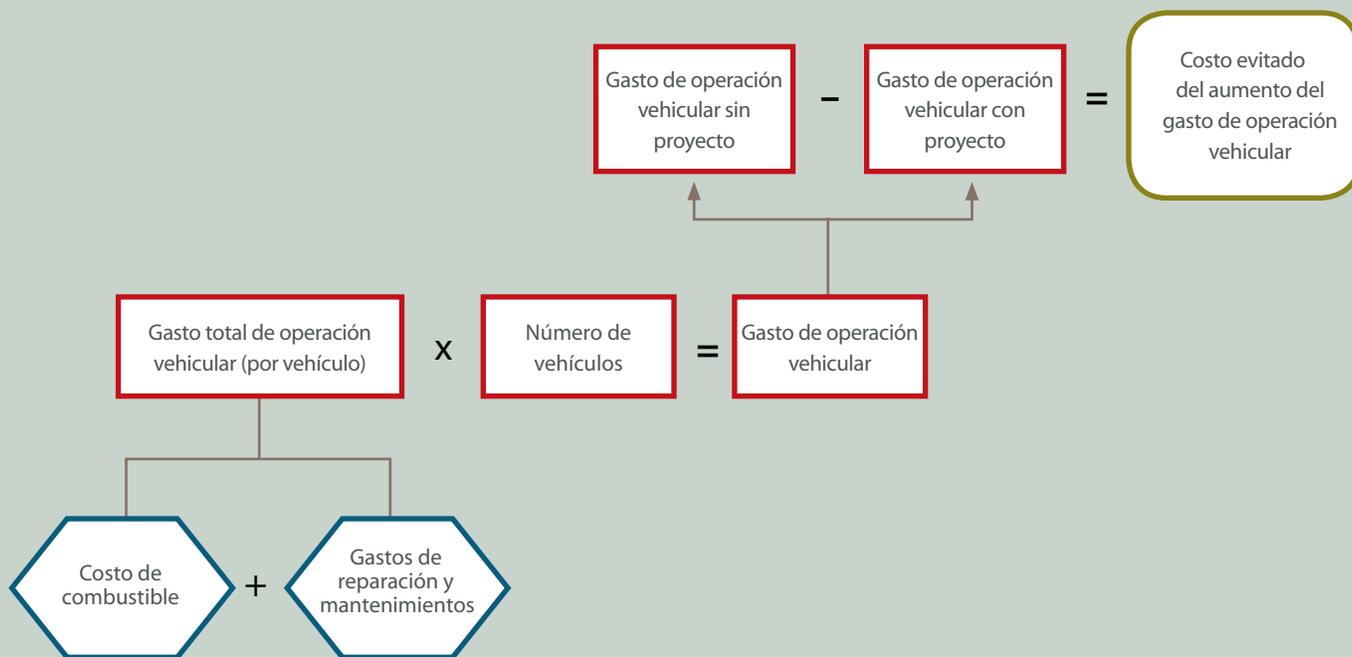
Sector transportes

COSTO EVITADO DE AUMENTO DEL GASTO DE OPERACIÓN VEHICULAR

El costo evitado de aumento del gasto de operación vehicular consiste en la diferencia entre los gastos de operación vehicular en la situación en la que no hay puente, y aquella en la que sí lo hay. Para el cálculo de estas situaciones es necesario conocer el número estimado de vehículos que requieren trasladarse utilizando el puente (o, en caso existiera el puente, fuese la ruta más cercana) y los gastos de operación para cada una de las situaciones, diferenciando los tipos de vehículos⁹⁴ y las clases de gastos (combustible, reparación y mantenimiento, neumáticos). Los gastos totales de cada una de las situaciones corresponden a la suma de los gastos totales de cada tipo de vehículo, hallados como el producto del número de vehículos por los gastos de operación correspondientes: consumo de combustible por kilómetro recorrido y gastos de reparación y mantenimiento del vehículo (gráfico 28).

⁹⁴ Por ejemplo, se puede dividir los tipos de vehículos en camiones de dos ejes, camiones de tres ejes, camiones de cuatro ejes y semitrailers.

Gráfico 28. Metodología de cálculo del costo evitado de aumento del gasto de operación vehicular



Elaboración: IEP.

4.1.7. Beneficios por optimización de recursos frente a variaciones climáticas

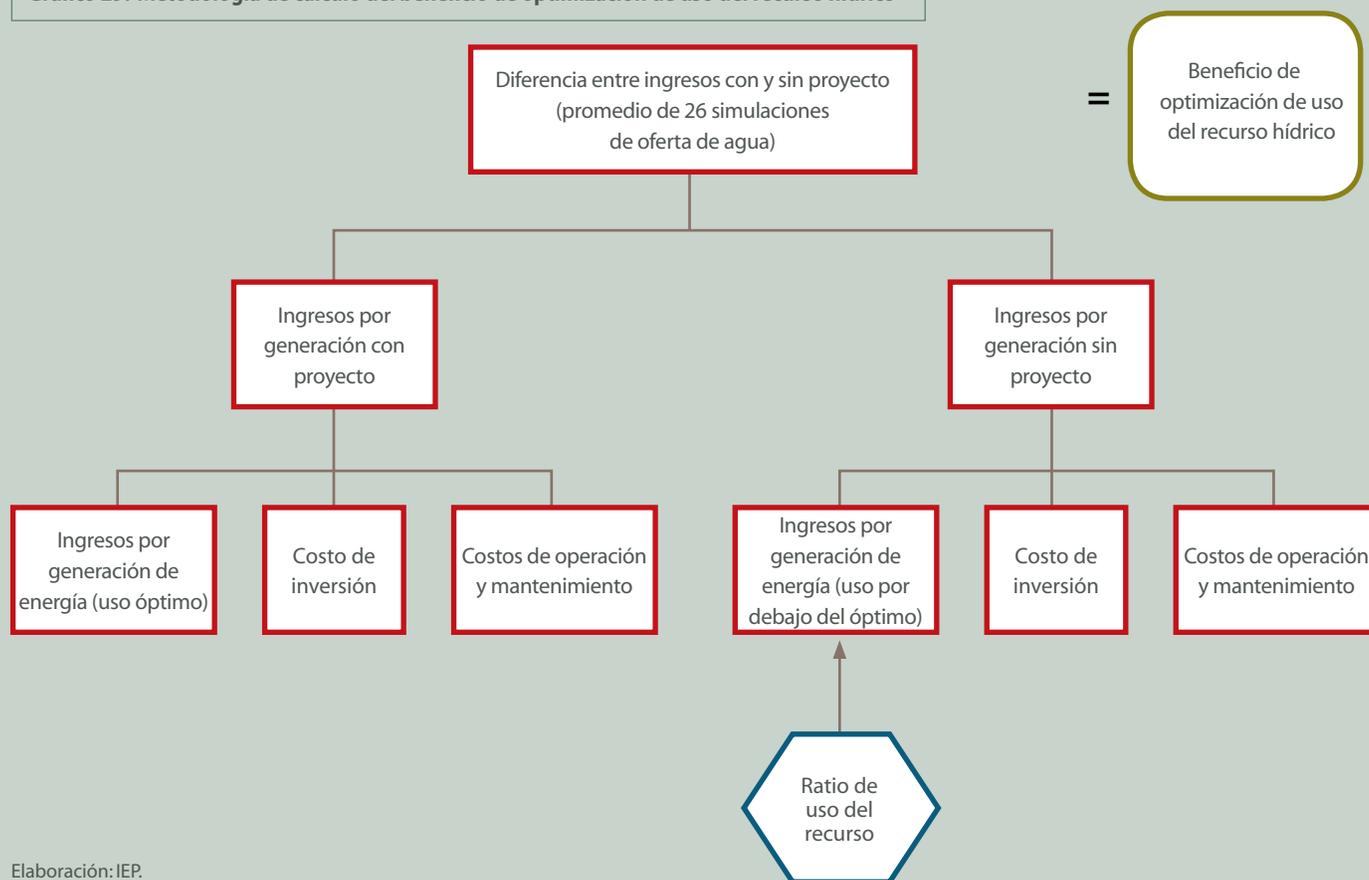
Sector energía

BENEFICIOS POR OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS FRENTE A VARIACIONES CLIMÁTICAS

Este beneficio es el de los costos de oportunidad evitados al lograr un uso óptimo del recurso hídrico disponible para la generación de energía.⁹⁵ Su monto se establece calculando en una serie histórica representativa la capacidad de generación en una situación de uso óptimo del recurso hídrico con la generación que se registró en dicho periodo, con el objetivo de obtener un ratio de generación para la situación sin proyecto. Luego, con proyecciones sobre la oferta de agua, se calcula la capacidad de generación en las situaciones con proyecto (uso óptimo) y sin proyecto (uso por debajo del óptimo). Esa diferencia en la generación, multiplicada por el margen de ganancia proyectado para dicho periodo (diferencia entre el precio de venta y el costo de producción), da como resultado los beneficios por optimización del uso del recurso hídrico. Para efectos de la evaluación se debe hallar el valor presente de dichos ingresos. Este cálculo requiere de la utilización de supuestos sobre la oferta futura de agua, el precio y el costo futuro de la energía (gráfico 29).

⁹⁵ El cálculo de este beneficio ha sido tomado de Harza Engineering Company International L.P.S.P. 2001.

Gráfico 29. Metodología de cálculo del beneficio de optimización de uso del recurso hídrico



Elaboración: IEP.

4.2. FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS EVITADOS

Uno de los requerimientos del estudio es conocer valores referenciales para la estimación de los beneficios de las MRR en los cuatro sectores priorizados. Debido a que el número de PIP analizados ha sido reducido, básicamente por la disponibilidad de información sobre estos, sería temerario ofrecer valores referenciales. Por esta razón, se ha optado por detallar las fuentes de información que se necesitará consultar para estimar los beneficios de las MRR. A continuación se presentan las posibles fuentes de información identificadas para los datos necesarios en el cálculo de los beneficios descritos en el punto anterior.

4.2.1. Costo evitado de la reconstrucción o la rehabilitación

Sector agricultura

COSTO EVITADO DE LA RECONSTRUCCIÓN O LA REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA (TAMBIÉN APLICABLE A INFRAESTRUCTURA VIAL O DE ALCANTARILLADO)

Debido a que las inundaciones por efecto de las avenidas de los ríos son un fenómeno recurrente, se puede obtener información aproximada sobre el tipo de daño a la infraestructura y su costo de reconstrucción utilizando series históricas de eventos que hayan ocurrido en el área del proyecto en evaluación, o bien sobre proyectos en los que la semejanza de las características de su ubicación permita emplear esa información. En caso no se cuente con este tipo de data es posible conseguir costos aproximados de información histórica de proyectos de reconstrucción de dicha infraestructura (o similares con características parecidas), bajo el supuesto de que el daño ocasionado por la ocurrencia del evento sería equivalente.

Sector energía

COSTO EVITADO DE REPARACIÓN DE DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS, COSTO EVITADO DE ELIMINACIÓN DE ESCOMBROS

Los datos correspondientes a los derrumbes que se activarían ante la ocurrencia de lluvias de gran intensidad y los costos de reparación de las estructuras correspondientes están estrechamente vinculados con las características específicas de las estructuras y sus alrededores, por lo que son las instituciones propietarias (o administradoras) de las estructuras las que, por su actividad, poseen la información necesaria para realizar dichas estimaciones.

Sector saneamiento

COSTO EVITADO DE RECONSTRUCCIÓN DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN, INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE O ALCANTARILLADO

Los datos relacionados con el costo total de los proyectos de reconstrucción pueden basarse en proyectos de reconstrucción previamente realizados, así como en información que pueda brindar la EPS correspondiente.

Sector transportes

COSTO EVITADO DE RECONSTRUCCIÓN DE PUENTES

Debido a que los cálculos correspondientes a la reconstrucción de un puente deben tomar en cuenta las características del terreno, ubicación, tamaño y tipo de obra, dicha información debe ser consultada con las instituciones involucradas, como la autoridad regional o la autoridad del sector transportes, o bien con información histórica de costos de reconstrucción.

4.2.2. Costo evitado de pérdida de vidas humanas y empeoramiento de las condiciones sociales

Sector agricultura

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA TEMPORAL DE EMPLEO POR INUNDACIÓN

La información del número de jornales que se perderían por hectárea debe ser consultada con las instituciones relacionadas con la actividad agropecuaria de la zona del proyecto, pues se debe considerar el cultivo y la forma de producción del lugar donde se realiza este. Para el caso del salario por jornal, si no se cuenta con datos específicos para el área afectada por el proyecto (información que puede ser consultada en las instituciones locales del sector) se debe recurrir a la información disponible en el MINAG regional.

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DEFINITIVA DE EMPLEO POR INUNDACIÓN

Los datos correspondientes a este cálculo son similares a los necesarios para el cálculo anterior, aunque considerando la extensión y los cultivos específicos del área en riesgo de pérdida; por ello se debe recurrir a las mismas fuentes de información. Las más idóneas son las juntas de usuarios, la ATDR o las agencias agrarias locales que, por su labor, cuentan con datos más detallados y actualizados.

Sector saneamiento

COSTO INDIRECTO DE SALUD EVITADO

La información sobre la población para el cálculo de los costos evitados debe ser representativa del ámbito territorial analizado, por lo que deberán consultarse las diferentes fuentes de información lo más desagregadas posible del INEI, sean censos nacionales o encuestas de hogares (Enaho) u otras bases de datos confiables.

Para el caso de las tasas de morbilidad, debido a que se requiere de tasas para las situaciones con y sin proyecto, es necesario obtener información histórica de dichas tasas, de modo que se pueda identificar la tasa promedio para los años en los que los servicios del proyecto no se vieron afectados y el comportamiento de la incidencia de la enfermedad en casos en los cuales haya ocurrido algún evento similar al evaluado (por ejemplo, las tasas registradas en el último FEN). Si no es posible identificar en los datos disponibles algún pico relacionado con la ocurrencia de ese fenómeno, se puede identificar para otro nivel de análisis o ámbito geográfico comparable y asumir que la relación entre las situaciones con y sin evento se mantendría. Se debe procurar obtener las tasas de incidencias relevantes al ámbito geográfico del proyecto, aunque en su defecto se puede utilizar información más agregada, en cuyo caso se debe indicar el sesgo que podría estarse introduciendo en el análisis. Las posibles fuentes de información son las autoridades locales de salud, el MINSA, estudios realizados sobre la enfermedad o datos de organismos internacionales como la OMS.

Para el caso de los salarios se puede utilizar el salario promedio de la población afectada o, en su defecto, el salario mínimo, lo que dará estimados conservadores sobre el costo evitado de la enfermedad.

Respecto de los días de tratamiento de la enfermedad es necesario identificar esa información en las NTS del MINSA, aunque una alternativa es indagar con las autoridades de salud del ámbito de influencia del proyecto sobre los días de tratamiento necesarios para la atención de la enfermedad.

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS

Los valores de la tasa de mortalidad se deben calcular siguiendo lo indicado para el caso de las tasas de morbilidad. En cuanto a la esperanza de vida, existen datos disponibles tanto en las estadísticas del Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA), como en el índice de desarrollo humano (IDH) del PNUD. La edad promedio de la población debe ser calculada como el promedio ponderado de la población por edades, a partir de los datos disponibles en los censos nacionales y encuestas de hogares del INEI.

Sector transportes

COSTO EVITADO DEL TIEMPO ADICIONAL DE TRANSPORTE Y EL GASTO ADICIONAL EN PASAJES

Los datos sobre el promedio diario de personas que utilizan el puente para trasladarse y el tiempo de viaje y el gasto en pasajes adicionales pueden recogerse en la ubicación del proyecto mediante encuestas, en caso el proyecto ya haya sido afectado, o bien en el expediente del proyecto, ya que los proyectos de transporte realizan estimaciones de flujos de tráfico. En caso contrario, se debe obtener la información sobre el destino de los pasajeros que transitan por el puente para estimar el costo de los pasajes adicionales que pagarían desde la ubicación del proyecto hasta dicho lugar, y del tiempo adicional que tomaría la conexión. Los costos del tiempo de viaje corresponden al valor social del tiempo para usuarios de transporte de los parámetros de evaluación del SNIP, es necesario identificar el tipo de costo correspondiente.

4.2.3. Costo evitado por gasto en salud pública (menos casos de enfermedades)*Sector saneamiento*

COSTO DIRECTO EVITADO DE GASTO EN SALUD

Los costos de tratamiento de las enfermedades se basan en los procedimientos que estipula el MINSA en las NTS de cada una de ellas. Los costos del tratamiento pueden calcularse con información recogida en el área del proyecto o, en su defecto, a partir de otras fuentes de información disponible como el Observatorio de Precios de Medicamentos

de la Digemid. Para identificar y estimar las tasas de morbilidad en las situaciones con y sin proyecto de reducción del riesgo es necesario consultar la información estadística del MINSA o estudios que registren las tasas de morbilidad de la enfermedad evaluada.

4.2.4. Costo evitado de atender la emergencia*Sector agricultura*

COSTO DE RESTABLECIMIENTO DE PROVISIÓN DE AGUA DE RIEGO

Las horas de trabajo necesarias para completar las acciones de emergencia están estrechamente relacionadas con las características del proyecto que se evalúe y el tipo de evento que pueda afectarlo. Por ello, los estimados sobre el tiempo de atención de la emergencia pueden establecerse a partir de información de eventos previos que hayan afectado la infraestructura que forma parte del proyecto u otras obras similares. En caso dicha información no esté disponible, el personal técnico de las instituciones del sector puede ser de gran ayuda para establecer supuestos razonables, por su conocimiento de las obras y las características del terreno.

La información sobre los costos por hora de trabajo debe incluir los diferentes costos involucrados en la atención de la emergencia, como la maquinaria y el combustible que consume. Las instituciones que poseen esta información son las agencias agrarias u otras instituciones locales.

Sector energía

COSTO EVITADO DE COMPRA DE ENERGÍA Y POTENCIA PARA ATENDER OBLIGACIONES

Las empresas generadoras son la principal fuente de información de los datos para la estimación del costo de compra de energía y potencia para atender sus obligaciones, como el monto total de energía para cumplir sus

contratos durante el periodo de paralización, los ingresos que obtendrían de lograrlo y la cantidad de energía que podrían generar de ocurrir el evento. El costo en el mercado spot puede calcularse a partir de datos históricos, se debe considerar el posible aumento del costo marginal por la reducción de la generación de la planta afectada y la consiguiente entrada de otras menos eficientes.

Sector transportes

COSTO EVITADO DE PUENTE Y DIQUE DE TIERRA PROVISIONALES

Para el caso del costo evitado del puente provisional, la información de la longitud requerida y el costo aproximado por metro debe ser consultada a instituciones del sector transportes, por tratarse de costos ligados a las características del puente y su ubicación. En el mismo sentido, debido a que el costo de un dique de tierra provisional depende de las características del lecho del río, es necesario consultar con instituciones o analistas del sector con conocimiento de las características de la zona para establecer ese costo.

4.2.5. Beneficios directos por no interrumpir la actividad del proyecto (costo evitado por la interrupción de la actividad del proyecto)

Sector energía

LUCRO CESANTE EVITADO

En este caso, los datos de generación media diaria e ingresos promedio diarios pueden ser consultados en la empresa generadora. Respecto del costo marginal ponderado de la energía en el mercado spot, este puede ser consultado con el COES-SINAC.

Sector saneamiento

COSTO EVITADO DE AUMENTO DEL GASTO EN AGUA

Los datos del número total de viviendas conectadas, para el caso de la situación con proyecto, corresponden a la información sobre las viviendas que se encuentra en los censos nacionales de vivienda del INEI, que consideran las categorías «red pública dentro de la vivienda» y «red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio». En la situación sin proyecto (en la cual la infraestructura se ve afectada por la ocurrencia del fenómeno) se calcula a partir de los datos del total de viviendas con conexión y la proporción de viviendas afectadas en eventos previos.

La información del precio del metro cúbico del agua para la situación con proyecto corresponde a la tarifa de agua cobrada por la EPS, mientras que en el caso de una situación sin proyecto corresponde al precio del agua comprada a los camiones cisterna, por lo que se debe recurrir a fuentes de información locales. Si bien en los proyectos analizados se contaba con una estimación de la función de demanda de la cantidad de agua que permitió calcular el consumo mensual de agua de las viviendas, este también puede tomarse de la información disponible a través de la EPS.

4.2.6. Beneficios indirectos por no interrumpir los servicios del proyecto (costo evitado por la interrupción de los servicios del proyecto)

Sector agricultura

DAÑOS EVITADOS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

El área correspondiente a la superficie con riesgo de inundación se debe determinar sobre la base de las características del terreno y la información histórica de eventos similares, diferenciando además la extensión correspondiente a cada uno de los cultivos realizados en dicha área. La información sobre el rendimiento por hectárea, el precio que obtienen los productores agrícolas y los costos de producción por hectárea, así como el porcentaje de la producción que se perdería si sucediera la inundación corresponde también a información específica relacionada con las características del terreno y la producción del área afectada. En consecuencia, son las instituciones locales del sector las que pueden proveer la información más detallada, como las juntas de usuarios, ATDR o agencias agrarias.

COSTO EVITADO DE PÉRDIDA DE TERRENOS AGRÍCOLAS

De modo similar a la estimación de daños a la producción agrícola, los datos sobre la superficie sujeta a pérdida y el valor neto de producción anual de la superficie afectada están estrechamente vinculados con las características del terreno y la producción que en él se realiza, por lo que son las instituciones del sector las que cuentan con la información necesaria.

Sector transportes

COSTO EVITADO DE AUMENTO DEL GASTO DE OPERACIÓN VEHICULAR

Los gastos de operación considerados corresponden a los diferentes usos de los vehículos teniendo en cuenta las características de las rutas utilizadas, tanto para la situación con proyecto como aquella sin proyecto, por lo que se deberá recurrir a fuentes de información locales del sector transportes para su cálculo.

El número estimado de vehículos que requieren trasladarse utilizando el puente puede ser calculado a partir de los estudios de tráfico realizados por los gobiernos regionales para la elaboración de sus respectivos planes viales departamentales participativos así como mediante la aplicación de encuestas.

4.2.7. Beneficios por optimización de recursos frente a variaciones climáticas

Sector energía

BENEFICIOS POR OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS FRENTE A VARIACIONES CLIMÁTICAS

La información necesaria para el cálculo de los beneficios de la optimización del uso del recurso hídrico debe provenir de las mismas empresas generadoras. El cálculo del margen de ganancia de la empresa generadora proyectado se puede realizar con datos de la generación y sus costos de la empresa, tanto para las situaciones de generación optimizada como sin optimizar. Sobre la información histórica de la disponibilidad del recurso hídrico y las proyecciones de la oferta de agua se puede utilizar datos tanto de la empresa generadora como la estadística disponible a través de la Intendencia de Recursos Hídricos de la actual Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre (ex Inrena).

CONCLUSIONES

El objetivo del estudio fue realizar una evaluación de los impactos que han tenido eventos hidrometeorológicos extremos sobre PIP seleccionados en cuatro sectores priorizados: agricultura, energía, saneamiento y transportes, con el propósito de evaluar la rentabilidad económica y social de las MRR de desastre que se implementaron.

El estudio se orienta a la aplicación de la metodología del análisis costo-beneficio y propone el procedimiento para identificar y estimar los beneficios de implementar MRR (costos evitados) mediante la aplicación del ratio beneficio/costo.

En todos los casos considerados la implementación de las MRR es rentable económica y socialmente como se puede apreciar en los cuadros 75, 76, 77 y 78.

Cuadro 75. Resultados de los proyectos del sector agricultura: ratio

| Proyecto | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Dique con enrocado en el río Chicama, Sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa: evaluación económica | 1,9 | 2,3 | 1,5 | 1,9 |
| Dique con enrocado del río Chicama, Sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa: evaluación social | 2,2 | 2,8 | 1,8 | 2,2 |
| Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas: evaluación económica | 2,5 | 3,0 | 2,0 | 2,4 |
| Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas: evaluación social | 2,6 | 3,3 | 2,1 | 2,6 |

Cuadro 76. Resultados de los proyectos del sector energía: ratio B/C

| Proyecto | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Proyecto integral del embalse Tablachaca: evaluación económica | 27,7 | 34,55 | 22,19 | 27,64 |
| Proyecto integral del embalse Tablachaca: evaluación social | 39,6 | 49,3 | 31,7 | 39,4 |
| Sistema hidrometeorológico y control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro: evaluación económica | 1,7 | 1,7 | 1,4 | 1,4 |
| Sistema hidrometeorológico y control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro: evaluación social | 2,1 | 2,1 | 1,7 | 1,7 |

Cuadro 77. Resultados de los proyectos del sector saneamiento: ratio B/C

| Proyecto | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el Eje Paita-Talara: evaluación económica | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 2,0 |
| Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el Eje Paita-Talara: evaluación social | 2,0 | 2,5 | 1,6 | 2,0 |
| Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara: evaluación económica | 2,5 | 3,1 | 2,0 | 2,4 |
| Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara: evaluación social | 2,9 | 3,2 | 2,3 | 2,5 |
| Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua: evaluación económica | 1,3 | 1,6 | 1,0 | 1,3 |
| Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua: evaluación social | 1,5 | 1,9 | 1,2 | 1,5 |

Cuadro 78. Resultados de los proyectos del sector transportes: ratio B/C

| Proyecto | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos: evaluación económica | 8,9 | 11,0 | 7,1 | 8,8 |
| Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos: evaluación social | 9,2 | 11,3 | 7,4 | 9,1 |

La rentabilidad de las MRR dependerá del escenario de peligro que se asuma (probabilidad de ocurrencia y periodo en el que puede presentarse). Así, se aprecia en los cuadros que la rentabilidad es mayor cuando el peligro puede ocurrir en los primeros 5 años que en el año 5 o 10. Igualmente, estará en función de los daños y las pérdidas que ocasionará el peligro, nótese que el escenario de efectividad de las medidas considera que estas pueden evitar el 100 o el 80% de las pérdidas, siendo más rentables en el primer caso.

Considerando la incertidumbre en las variables que determinan los beneficios de las MRR, se efectuó el análisis de sensibilidad considerando escenarios distintos. En la práctica, los escenarios de peligro deberán tener un soporte en información adecuado al nivel de estudio de los PIP en los que se debe considerar el cambio climá-

tico, pues se espera que, debido a este, aumenten la frecuencia y la intensidad de los fenómenos similares a los incluidos en el estudio. Las predicciones sobre el curso del clima mundial no son exactas, tanto en un sentido catastrófico como moderado. Queda claro el papel que el tratamiento de la incertidumbre debe desempeñar en los análisis sobre los efectos del cambio climático. Junto a este consenso científico se constata que a la fecha no se cuenta con instrumentos de predicción adecuados y que la incertidumbre sobre los futuros efectos de estos fenómenos aumentará. Por todo ello se confirma la importancia de incorporar el AdR en la evaluación de la inversión pública.

En el estudio, los daños y las pérdidas evitados se basaron en la situación de desastre que ocurrió en cada caso; esta es una alternativa pertinente siempre y cuando las condiciones de vulnerabilidad y la severidad del peligro sean similares. Los daños y las pérdidas que se generan en una situación de desastre son los mismos efectos que se generan al no disponer del servicio; si se está evaluando la rentabilidad social de las MRR la estimación de los beneficios del PIP servirán de base para definir los beneficios de estas.

Las limitaciones encontradas por este estudio deben ser notadas por su efecto para la evaluación de futuros PIP. Las dificultades más importantes encontradas son:

- La identificación de proyectos relacionados con los efectos de los peligros hidrometeorológicos y el cambio climático constituyó una limitación ya que es discutible atribuir al cambio climático cualquier alteración en la magnitud o la frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos.
- No se cuenta con un banco de datos de PIP completo y actualizado, por lo que la selección de estos para el análisis dependió en gran medida de la disponibilidad de información. La consecuencia es que la representatividad de los proyectos analizados es limitada. En algunos casos no ha sido posible estimar todos los beneficios identificados; esto, sin embargo, significa que los resultados presentados en dichos casos corresponden a una estimación conservadora de los beneficios.
- Aun cuando se incorporaron MRR en los PIP, no se ha contado con información sobre el peligro y las condiciones de vulnerabilidad que precedieron al desastre. Esto conlleva a que se haya efectuado el AdR, en cuanto a los escenarios de peligros y condiciones de vulnerabilidad, de manera cualitativa y se hayan estimado los costos de sus efectos en función de la experiencia pasada.

Bibliografía

- Azqueta, Diego. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Barrantes, Roxana. (1993). *Economía del medio ambiente: consideraciones teóricas*. Documento de Trabajo N.º 48. Serie Economía. Lima: Instituto de Estudios Peruanos (IEP).
- Beltrán, Arlette y Hanny Cueva. (1999). *Evaluación privada de proyectos*. Lima: Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP).
- Beltrán, Arlette y Hanny Cueva. (2007). *Evaluación social de proyectos para países en desarrollo*. Lima: CIUP.
- Cesel S. A. (s. f. a). *Elaboración de los expedientes técnicos de las obras de reconstrucción de los sistemas de agua potable y alcantarillado afectados por el Fenómeno El Niño*. Tercer Informe. Expediente Técnico Definitivo Grupo 2. Obra: Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el Eje Paita-Talara. Lima: Cesel.
- Cesel S. A. (s. f. b). *Elaboración de los expedientes técnicos de las obras de reconstrucción de los sistemas de agua potable y alcantarillado afectados por el Fenómeno El Niño*. Tercer Informe. Expediente Técnico Definitivo Grupo 2. Obra: Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la localidad de Talara. Lima: Cesel.
- Comité Ejecutivo de Reconstrucción El Niño (Ceren). (2001). *Programa de Apoyo a la Emergencia Fenómeno El Niño. Informe de situación, diciembre 2000*. Lima: Oficina de Inversiones, Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).
- Consejo Nacional del Ambiente (Conam). (2005a). *Evaluación local integrada y estrategia de adaptación al cambio climático en la cuenca del río Piura*. Serie Cambio Climático. Lima: Conam.
- Consejo Nacional del Ambiente (Conam). (2005b). *Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050: cuenca del río Piura*. Serie Cambio Climático. Lima: Conam.
- Consejo Nacional del Ambiente (Conam). (2005c). *Atlas climático de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro*. Volumen I. Serie Cambio Climático. Lima: Conam.
- Consejo Nacional del Ambiente (Conam). (2005d). *Diagnóstico de la cuenca del Mantaro bajo la visión del cambio climático*. Volumen II. Serie Cambio Climático. Lima: Conam.



- Consejo Nacional del Ambiente (Conam). (2005e). *Vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la cuenca del río Mantaro. Volumen III. Serie Cambio Climático*. Lima: Conam.
- Consejo Nacional del Ambiente (Conam). (2005f). *Escenarios climáticos futuros y disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Santa. Serie Cambio Climático*. Lima: Conam.
- Consorcio Ingetec-SVS. (2007a). *Informe ejecutivo del estudio integral del embalse Tablachaca. Revisión 0*. Lima: Consorcio Ingetec-SVS.
- Consorcio Ingetec-SVS. (2007b). *Estudio integral del embalse Tablachaca. Revisión 1. Versión final. Volumen 1*. Lima: Electroperú S. A.
- Corporación Andina de Fomento (CAF). (2000). *Las lecciones de El Niño. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998: retos y propuestas para la Región Andina. Volumen V: Perú*. Caracas: CAF. Disponible en <http://www.minsa.gob.pe/ogdn/cd1/pdf/ELAI_04/elai_4.htm>.
- Cuanto. (2007). *Perú en números 2006: Anuario Estadístico*. Lima: Cuanto.
- Diamond, Peter. (1993). *Economic approaches to Greenhouse Warming: Comments*. En Rudiger Dornbusch y James Poterba (eds.). *Global Warming: Economic policy responses*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology (MIT).
- Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF). (2007a). *Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres. N.º 1*. Lima: DGPM-MEF.
- Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF). (2010). *Evaluación de la rentabilidad de las medidas de reducción del riesgo de desastre en los proyectos de inversión pública. Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres. N.º 4*. Lima: DGPM-MEF.
- Dirección General de Programación Multianual del Sector Público, Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-MEF). (2007b). *Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública. Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres. N.º 3*. Lima: DGPM-MEF.

BIBLIOGRAFÍA

- Dixon, John, Louise Fallon, Richard Carpenter y Paul Sherman. (1994). *Análisis económico de impactos ambientales*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie).
- Encuentro Hemisférico. (2007). *Análisis costo-beneficio: probando que invertir en reducción de vulnerabilidad en las Américas es una mejor opción*. Documento de Discusión. Santa Fe de Bogotá (11 y 12 de diciembre de 2007). Disponible en <<http://www.oas.org/dsd/Spanish/Desastresnaturales/Eventos/DocMeeting/Microsoft%20Word%20-%20Anexo%20IV%20-%20Documento%20de%20Discusion.pdf>>.
- Ferradas, Pedro. (2000). *Las aguas del cielo y de la tierra. Impacto del Fenómeno El Niño en el Perú. Enfoques y experiencias locales*. Lima: Centro de Estudios y Prevención de Desastres (Predes).
- Fontaine, Ernesto. (1999). *Evaluación social de proyectos*. México, D. F.: Alfaomega (12.ª edición).
- Gobierno Regional Moquegua. (2007). *Proyecto de inversión pública «Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en la Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de Alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua»*. Estudio a nivel de perfil. Moquegua: Gobierno Regional Moquegua.
- Harbenger, Arnold. (1971). Three basic postulates for applied Welfare Economics. *Journal of Economic Literature*, septiembre,.
- Harza Engineering Company International L. P. S. P. (2001). *Estudio de modernización del sistema hidrometeorológico y sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro. Informe Final*. Volumen 1. Informe de Factibilidad Técnico-Económica. Lima: Harza Engineering Company International L. P. S. P.
- Instituto Geofísico del Perú. (IGP). (2005). *Vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la cuenca del río Mantaro. Serie Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Mantaro*. Volumen 3. Lima: Conam.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (s. f.). *Metodología del índice de precios al consumidor*. Lima: Dirección Técnica de Indicadores Económicos (DTIE) Disponible en <<http://www.inei.gob.pe/web/Metodologias/Attach/6603.pdf>>.
- Mankiw, N. Gregory. (2007). *Principios de Economía*. Madrid: Thomson (4.ª edición).
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2003). *Guía general de identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública a nivel de perfil*. Lima: Dirección General de Programación Multianual del Sector Público.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2006). *Identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública a nivel de perfil. Guía de Orientación N.º 2*. Lima: Programa Pro Descentralización.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2007). *Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública. Resolución Directoral N.º 009-2007-EF/68.01, Anexo SNIP 09: Parámetros de Evaluación*. Lima: MEF.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (s. f.) *Gestión correctiva del riesgo. Estudio de preinversión a nivel de perfil «Proyecto rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos»*. Lima: MTC.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Gerencia de Proyectos, Subgerencia de Estudios (Gerencia de Proyectos-MTC). (2005). *Perfil a nivel de preinversión «Proyecto rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos»*. Lima: Gerencia de Proyectos-MTC.
- Nordhaus, William. (1993). Economic approaches to Greenhouse Warming. En Rudiger Dornbusch y James Poterba (eds.). *Global Warming: Economic policy responses*. Cambridge, MA: MIT.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Grupo de Trabajo II. (2007). *Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for Policymakers. FALTA CIUDAD: IPCC.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (ipcc). (2007). *Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina*. Trabajo desarrollado a partir del Capítulo 13, América Latina, de la contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). Lima: GTZ.
- Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación-Ica (Perpec-Ica). (2006). *Expediente técnico «Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas»*. Ica: Perpec-Ica.
- Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación-La Libertad (Perpec-La Libertad). (2007a). *Perfil de inversión pública «Proyecto dique con enrocado del río Chicama, sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa*. Trujillo: Perpec-La Libertad.
- Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación-La Libertad (Perpec-La Libertad). (2007b). *Expediente técnico «Proyecto dique con enrocado del río Chicama, sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa*. Trujillo: Perpec-La Libertad.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2007). *Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido*. Madrid: PNUD.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2002). *Geo-3: perspectivas del medio ambiente mundial*. Londres: PNUMA. Disponible en <<http://www.unep.org/Geo/>>.
- Vásquez, Felipe, Arcadio Cerda y Sergio Orrego. (2007). *Valoración económica del ambiente. Fundamentos económicos, econométricos y aplicaciones*. Buenos Aires: Thomson.

Principales siglas, abreviaturas y conceptos

| | |
|-------------------|---|
| ACB | Análisis costo-beneficio |
| AdR | Análisis del riesgo |
| ATDR | Administración Técnica del Distrito de Riego |
| BCRP | Banco Central de Reserva del Perú |
| CAF | Corporación Andina de Fomento |
| CC | Cambio climático |
| CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático |
| COES-SINAC | Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional |
| Cofide | Corporación Financiera de Desarrollo |
| Conam | Consejo Nacional del Ambiente |
| CTAR | Consejo Transitorio de Administración Regional |
| DGE | Dirección General de Epidemiología |
| DGPM | Dirección General de Programación Multianual del Sector Público |
| EDA | Enfermedades diarreicas agudas |
| EPS | Empresa prestadora de servicios de saneamiento |
| FEN | Fenómeno El Niño |
| GdR | Gestión del riesgo |
| GEI | Gases de efecto invernadero |
| GTZ | Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit GmbH |
| IDH | Índice de desarrollo humano |
| IEP | Instituto de Estudios Peruanos |
| IGP | Instituto Geofísico del Perú |
| INEI | Instituto Nacional de Estadística e Informática |
| INP | Instituto Nacional de Planificación |
| Inrena | Instituto Nacional de Recursos Naturales (actual Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre) |
| IPCC | Panel Intergubernamental de Cambio Climático |
| MINAG | Ministerio de Agricultura |
| MINAM | Ministerio del Ambiente |

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



| | |
|----------------|--|
| MINEM | Ministerio de Energía y Minas |
| MINSA | Ministerio de Salud |
| MEF | Ministerio de Economía y Finanzas |
| MMC | Millones de metros cúbicos |
| MRR | Medidas de reducción del riesgo de desastre |
| MTC | Ministerio de Transportes y Comunicaciones |
| ODI | Oficina de Inversiones del MEF |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| Parssa | Programa de Apoyo a la Reforma del Sector Saneamiento |
| PAPT | Programa Agua para Todos |
| Perpec | Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación |
| PIP | Proyecto de inversión pública |
| PNUD | Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo |
| PNUMA | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente |
| Predes | Centro de Estudios de Prevención de Desastres |
| Proclim | Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Calidad del Aire |
| Promuvi | Programa Municipal de Vivienda |
| Pronap | Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado |
| Provias | Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional |
| PTAP | Planta de tratamiento de agua potable |
| SNIP | Sistema Nacional de Inversión Pública |
| TIR | Tasa interna de retorno |
| UNFPA | Fondo de Población de las Naciones Unidas |
| UPIS | Urbanizaciones populares de interés social |
| VAB | Valor actual de beneficios |
| VAC | Valor actual de costos |
| VAN | Valor actual neto |

Todos los cuadros de este anexo, al igual que en todo el estudio, están expresados en soles constantes de 2007. Además, en los cuadros de evaluación económica se trata de precios privados y en los de evaluación social, de precios sociales.

Cuadro 1.1. Dique con enrocado del río Chicama, Sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 300.000 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.549.345 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -300.000 | -15.000 | -14.700 | -14.400 | -14.100 | 1.535.545 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 300.000 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 309.869 | 309.869 | 309.869 | 309.869 | 309.869 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -300.000 | 294.869 | 295.169 | 295.469 | 295.769 | 296.069 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 300.000 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.239.476 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -300.000 | -15.000 | -14.700 | -14.400 | -14.100 | 1.225.676 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 300.000 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 247.895 | 247.895 | 247.895 | 247.895 | 247.895 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -300.000 | 232.895 | 233.195 | 233.495 | 233.795 | 234.095 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Cuadro 1.2. Dique con enrocado del río Chicama, Sector Toma Chiclín-Cartavio, II Etapa: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 255.690 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.276.715 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -255.690 | -15.000 | -14.700 | -14.400 | -14.100 | 1.262.915 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 255.690 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 255.343 | 255.343 | 255.343 | 255.343 | 255.343 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -255.690 | 240.343 | 240.643 | 240.943 | 241.243 | 241.543 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 255.690 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.021.372 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -255.690 | -15.000 | -14.700 | -14.400 | -14.100 | 1.007.572 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 255.690 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 204.274 | 204.274 | 204.274 | 204.274 | 204.274 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -255.690 | 189.274 | 189.574 | 189.874 | 190.174 | 190.474 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Costos | 255.690 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.021.372 |
| Flujo neto | -255.690 | -15.000 | -14.700 | -14.400 | -14.100 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | 1.007.572 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Costos | 255.690 | 15.000 | 14.700 | 14.400 | 14.100 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 | 13.800 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.276.715 |
| Flujo neto | -255.690 | -15.000 | -14.700 | -14.400 | -14.100 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | -13.800 | 1.262.915 |

Cuadro 1.3. Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Cansas: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.249.877 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.216.606 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.249.877 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | 8.091.618 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.249.877 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 |
| Beneficios | 0 | 1.643.321 | 1.643.321 | 1.643.321 | 1.643.321 | 1.643.321 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.249.877 | 1.518.333 | 1.518.333 | 1.518.333 | 1.518.333 | 1.518.333 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.249.877 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.573.284 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.249.877 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | 6.448.297 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.249.877 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 | 124.988 |
| Beneficios | 0 | 1.314.657 | 1.314.657 | 1.314.657 | 1.314.657 | 1.314.657 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.249.877 | 1.189.669 | 1.189.669 | 1.189.669 | 1.189.669 | 1.189.669 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 | -124.988 |

Cuadro 1.4. Rehabilitación y construcción de diques en la quebrada de Casnas: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.050.317 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 15.032 | 105.032 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.348.145 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.050.317 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | 7.243.114 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.050.317 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 |
| Beneficios | 0 | 1.469.629 | 1.469.629 | 1.469.629 | 1.469.629 | 1.469.629 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.050.317 | 1.364.597 | 1.364.597 | 1.364.597 | 1.364.597 | 1.364.597 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.050.317 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.878.516 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.050.317 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | 5.773.485 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.050.317 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 |
| Beneficios | 0 | 1.175.703 | 1.175.703 | 1.175.703 | 1.175.703 | 1.175.703 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.050.317 | 1.070.672 | 1.070.672 | 1.070.672 | 1.070.672 | 1.070.672 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Costos | 1.050.317 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.348.145 |
| Flujo neto | -1.050.317 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | 7.243.114 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Costos | 1.050.317 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 | 105.032 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.878.516 |
| Flujo neto | -1.050.317 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | -105.032 | 5.773.485 |

Cuadro 1.5. Proyecto integral del embalse Tablachaca I: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100 de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 44.177.056 | 129.112 | 193.726 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.121.523.711 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -44.177.056 | -129.112 | -193.726 | -225.255 | -225.255 | 2.121.298.456 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 44.177.056 | 129.112 | 193.726 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 |
| Beneficios | 0 | 424.304.742 | 424.304.742 | 424.304.742 | 424.304.742 | 424.304.742 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -44.177.056 | 424.175.630 | 424.111.017 | 424.079.488 | 424.079.488 | 424.079.488 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 44.177.056 | 129.112 | 193.726 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.697.218.969 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -44.177.056 | -129.112 | -193.726 | -225.255 | -225.255 | 1.696.993.714 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 44.177.056 | 129.112 | 193.726 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 | 225.255 |
| Beneficios | 0 | 339.443.794 | 339.443.794 | 339.443.794 | 339.443.794 | 339.443.794 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -44.177.056 | 339.314.682 | 339.250.068 | 339.218.539 | 339.218.539 | 339.218.539 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 | -225.255 |

Cuadro 1.6. Proyecto integral del embalse Tablachaca I: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 25.157.073 | 102.124 | 132.789 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.731.285.115 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -25.157.073 | -102.124 | -132.789 | -147.752 | -147.752 | 1.731.137.363 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 25.157.073 | 102.124 | 132.789 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 |
| Beneficios | 0 | 346.257.023 | 346.257.023 | 346.257.023 | 346.257.023 | 346.257.023 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -25.157.073 | 346.154.899 | 346.124.234 | 346.109.271 | 346.109.271 | 346.109.271 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 25.157.073 | 102.124 | 132.789 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.385.028.092 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -25.157.073 | -102.124 | -132.789 | -147.752 | -147.752 | 1.384.880.340 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 25.157.073 | 102.124 | 132.789 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 |
| Beneficios | 0 | 277.005.618 | 277.005.618 | 277.005.618 | 277.005.618 | 277.005.618 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -25.157.073 | 276.903.494 | 276.872.830 | 276.857.866 | 276.857.866 | 276.857.866 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| Costos | 25.157.073 | 102.124 | 132.789 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.731.285.115 |
| Flujo neto | -25.157.073 | -102.124 | -132.789 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | 1.731.137.363 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| Costos | 25.157.073 | 102.124 | 132.789 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 | 147.752 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.385.028.092 |
| Flujo neto | -25.157.073 | -102.124 | -132.789 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | -147.752 | 1.384.880.340 |

Cuadro 1.7. Proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y del sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos | 9.399.993 | 7.096.876 | 1.568.562 | 1.568.562 | 10.583.047 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 |
| Beneficios | 0 | 7.698.676 | 11.440.410 | 11.750.088 | 8.000.316 | 6.883.931 | 6.812.423 | 7.299.215 | 7.072.281 | 7.724.832 | 7.774.815 |
| Flujo neto | -9.399.993 | 601.800 | 9.871.848 | 10.181.526 | -2.582.731 | 5.315.369 | 5.243.861 | 5.730.653 | 5.503.719 | 6.156.270 | 6.206.253 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos | 9.399.993 | 7.096.876 | 1.568.562 | 1.568.562 | 10.583.047 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 |
| Beneficios | 0 | 7.698.676 | 11.440.410 | 11.750.088 | 8.000.316 | 6.883.931 | 6.812.423 | 7.299.215 | 7.072.281 | 7.724.832 | 7.774.815 |
| Flujo neto | -9.399.993 | 601.800 | 9.871.848 | 10.181.526 | -2.582.731 | 5.315.369 | 5.243.861 | 5.730.653 | 5.503.719 | 6.156.270 | 6.206.253 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos | 9.399.993 | 7.096.876 | 1.568.562 | 1.568.562 | 10.583.047 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 |
| Beneficios | 0 | 6.158.941 | 9.152.328 | 9.400.071 | 6.400.253 | 5.507.145 | 5.449.938 | 5.839.372 | 5.657.825 | 6.179.866 | 6.219.852 |
| Flujo neto | -9.399.993 | -937.935 | 7.583.766 | 7.831.509 | -4.182.795 | 3.938.583 | 3.881.376 | 4.270.810 | 4.089.263 | 4.611.304 | 4.651.290 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos | 9.399.993 | 7.096.876 | 1.568.562 | 1.568.562 | 10.583.047 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 |
| Beneficios | 0 | 6.158.941 | 9.152.328 | 9.400.071 | 6.400.253 | 5.507.145 | 5.449.938 | 5.839.372 | 5.657.825 | 6.179.866 | 6.219.852 |
| Flujo neto | -9.399.993 | -937.935 | 7.583.766 | 7.831.509 | -4.182.795 | 3.938.583 | 3.881.376 | 4.270.810 | 4.089.263 | 4.611.304 | 4.651.290 |

Cuadro 1.8. Proyecto de modernización del sistema hidrometeorológico y del sistema de control de las lagunas reguladas de la cuenca del Mantaro: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos | 6.972.266 | 5.735.181 | 1.568.562 | 1.568.562 | 8.287.423 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 |
| Beneficios | 0 | 7.698.676 | 11.440.410 | 11.750.088 | 8.000.316 | 6.883.931 | 6.812.423 | 7.299.215 | 7.072.281 | 7.724.832 | 7.774.815 |
| Flujo neto | -6.972.266 | 1.963.495 | 9.871.848 | 10.181.526 | -287.108 | 5.315.369 | 5.243.861 | 5.730.653 | 5.503.719 | 6.156.270 | 6.206.253 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Costos | 6.972.266 | 5.735.181 | 1.568.562 | 1.568.562 | 8.287.423 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 | 1.568.562 |
| Beneficios | 0 | 6.158.941 | 9.152.328 | 9.400.071 | 6.400.253 | 5.507.145 | 5.449.938 | 5.839.372 | 5.657.825 | 6.179.866 | 6.219.852 |
| Flujo neto | -6.972.266 | 423.760 | 7.583.766 | 7.831.509 | -1.887.171 | 3.938.583 | 3.881.376 | 4.270.810 | 4.089.263 | 4.611.304 | 4.651.290 |

Cuadro 1.9. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el Eje Paita-Talara: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.819.419 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9.300.821 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.819.419 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | 9.134.812 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.819.419 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 1.860.164 | 1.860.164 | 1.860.164 | 1.860.164 | 1.860.164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.819.419 | 1.694.156 | 1.694.156 | 1.694.156 | 1.694.156 | 1.694.156 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.819.419 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.440.657 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.819.419 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | 7.274.648 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.819.419 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 1.488.131 | 1.488.131 | 1.488.131 | 1.488.131 | 1.488.131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.819.419 | 1.322.123 | 1.322.123 | 1.322.123 | 1.322.123 | 1.322.123 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Cuadro 1.10. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en el Eje Paita-Talara: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.660.085 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.929.042 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.660.085 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | 8.763.033 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.660.085 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 1.785.808 | 1.785.808 | 1.785.808 | 1.785.808 | 1.785.808 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.660.085 | 1.619.800 | 1.619.800 | 1.619.800 | 1.619.800 | 1.619.800 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.660.085 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.143.233 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.660.085 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | 6.977.225 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Costos | 1.660.085 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 1.428.647 | 1.428.647 | 1.428.647 | 1.428.647 | 1.428.647 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.660.085 | 1.262.638 | 1.262.638 | 1.262.638 | 1.262.638 | 1.262.638 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Costos | 1.660.085 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.929.042 |
| Flujo neto | -1.660.085 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | 8.763.033 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 85% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Costos | 1.660.085 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 | 166.009 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.589.685 |
| Flujo neto | -1.660.085 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | -166.009 | 7.423.677 |

Cuadro 1.11. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 616.116 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.042.445 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -616.116 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | 3.980.833 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 616.116 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 |
| Beneficios | 0 | 808.489 | 808.489 | 808.489 | 808.489 | 808.489 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -616.116 | 746.877 | 746.877 | 746.877 | 746.877 | 746.877 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 616.116 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.233.956 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -616.116 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | 3.172.344 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 616.116 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 | 61.612 |
| Beneficios | 0 | 646.791 | 646.791 | 646.791 | 646.791 | 646.791 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -616.116 | 585.180 | 585.180 | 585.180 | 585.180 | 585.180 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 | -61.612 |

Cuadro. 1.12. Reconstrucción de los daños causados por el Fenómeno El Niño en la ciudad de Talara: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 552.710 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.229.045 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -552.710 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | 4.173.774 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 552.710 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 |
| Beneficios | 0 | 736.061 | 736.061 | 736.061 | 736.061 | 845.809 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -552.710 | 680.790 | 680.790 | 680.790 | 680.790 | 790.538 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 552.710 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.383.236 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -552.710 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | 3.327.965 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 552.710 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 |
| Beneficios | 0 | 588.849 | 588.849 | 588.849 | 588.849 | 676.647 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -552.710 | 533.578 | 533.578 | 533.578 | 533.578 | 621.376 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Costos | 552.710 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.680.305 |
| Flujo neto | -552.710 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | 3.625.034 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| Costos | 552.710 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 | 55.271 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.944.244 |
| Flujo neto | -552.710 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | -55.271 | 2.888.973 |

Cuadro.1.13. Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 3.158.725 | 28.410 | 28.727 | 28.837 | 29.011 | 29.665 | 30.000 | 30.354 | 30.700 | 31.066 | 31.773 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7.058.292 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -3.158.725 | -28.410 | -28.727 | -28.837 | -29.011 | 7.028.627 | -30.000 | -30.354 | -30.700 | -31.066 | -31.773 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 3.158.725 | 28.410 | 28.727 | 28.837 | 29.011 | 29.665 | 30.000 | 30.354 | 30.700 | 31.066 | 31.773 |
| Beneficios | 0 | 1.411.658 | 1.411.658 | 1.411.658 | 1.411.658 | 1.411.658 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -3.158.725 | 1.383.249 | 1.382.931 | 1.382.822 | 1.382.648 | 1.381.993 | -30.000 | -30.354 | -30.700 | -31.066 | -31.773 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 3.158.725 | 28.410 | 28.727 | 28.837 | 29.011 | 29.665 | 30.000 | 30.354 | 30.700 | 31,066 | 31,773 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.646.634 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -3.158.725 | -28.410 | -28.727 | -28.837 | -29.011 | 5.616.968 | -30.000 | -30.354 | -30.700 | -31,066 | -31,773 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 3.158.725 | 28.410 | 28.727 | 28.837 | 29.011 | 29.665 | 30.000 | 30.354 | 30.700 | 31.066 | 31.773 |
| Beneficios | 0 | 1.129.327 | 1.129.327 | 1.129.327 | 1.129.327 | 1.129.327 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo Neto | -3.158.725 | 1.100.917 | 1.100.600 | 1.100.490 | 1.100.316 | 1.099.661 | -30.000 | -30.354 | -30.700 | -31.066 | -31.773 |

Cuadro 1.14. Mejoramiento del abastecimiento de agua potable en Pampa Inalámbrica y ampliación de las redes de alcantarillado en las UPIS del Promuvi VII, distrito y provincia de Ilo, región Moquegua: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 2.504.890 | 24.255 | 24.520 | 24.612 | 24.757 | 25.305 | 25.585 | 25.881 | 26.169 | 26.475 | 27.067 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.716.112 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -2.504.890 | -24.255 | -24.520 | -24.612 | -24.757 | 6.690.807 | -25.585 | -25.881 | -26.169 | -26.475 | -27.067 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 2.504.890 | 24.255 | 24.520 | 24.612 | 24.757 | 25.305 | 25.585 | 25.881 | 26.169 | 26.475 | 27.067 |
| Beneficios | 0 | 1.343.222 | 1.343.222 | 1.343.222 | 1.343.222 | 1.343.222 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -2.504.890 | 1.318.967 | 1.318.702 | 1.318.611 | 1.318.465 | 1.317.918 | -25.585 | -25.881 | -26.169 | -26.475 | -27.067 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 2.504.890 | 24.255 | 24.520 | 24.612 | 24.757 | 25.305 | 25.585 | 25.881 | 26.169 | 26.475 | 27.067 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.372.890 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -2.504.890 | -24.255 | -24.520 | -24.612 | -24.757 | 5.347.585 | -25.585 | -25.881 | -26.169 | -26.475 | -27.067 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Costos | 2.504.890 | 24.255 | 24.520 | 24.612 | 24.757 | 25.305 | 25.585 | 25.881 | 26.169 | 26.475 | 27.067 |
| Beneficios | 0 | 1.074.578 | 1.074.578 | 1.074.578 | 1.074.578 | 1.074.578 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -2.504.890 | 1.050.323 | 1.050.058 | 1.049.966 | 1.049.821 | 1.049.273 | -25.585 | -25.881 | -26.169 | -26.475 | -27.067 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Costos | 2.504.890 | 24.255 | 24.520 | 24.612 | 24.757 | 25.305 | 25.585 | 25.881 | 26.169 | 26.475 | 27.067 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.716.112 |
| Flujo neto | -2.504.890 | -24.255 | -24.520 | -24.612 | -24.757 | -25.305 | -25.585 | -25.881 | -26.169 | -26.475 | 6.689.045 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Costos | 2.504.890 | 24.255 | 24.520 | 24.612 | 24.757 | 25.305 | 25.585 | 25.881 | 26.169 | 26.475 | 27.067 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.372.890 |
| Flujo neto | -2.504.890 | -24.255 | -24.520 | -24.612 | -24.757 | -25.305 | -25.585 | -25.881 | -26.169 | -26.475 | 5.345.823 |

Cuadro 1.15. Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos: evaluación económica

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 1.015.009 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15.799.896 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.015.009 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | 15.796.511 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 1.015.009 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 3.106.239 | 3.112.358 | 3.135.639 | 3.153.675 | 3.159.979 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.015.009 | 3.102.854 | 3.108.973 | 3.119.725 | 3.150.290 | 3.156.594 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 1.015.009 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12.639.917 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.015.009 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | 12.636.532 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 1.015.009 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 2.484.991 | 2.489.887 | 2.508.511 | 2.522.940 | 2.527.983 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -1.015.009 | 2.481.606 | 2.486.502 | 2.492.597 | 2.519.555 | 2.524.598 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Cuadro 1.16. Rehabilitación y mejoramiento del puente Simón Rodríguez y accesos: evaluación social

Escenario 1. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 801.857 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.039.084 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -801.857 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | 13.035.699 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 2. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 801.857 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 2.554.076 | 2.560.196 | 2.583.477 | 2.601.512 | 2.607.817 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -801.857 | 2.550.691 | 2.556.811 | 2.567.563 | 2.598.127 | 2.604.432 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 3. Evento en el año 5, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 801.857 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.431.267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -801.857 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | 10.427.882 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 4. Evento con 20% de probabilidad de ocurrencia en los años 1 a 5, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Costos | 801.857 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 2.043.261 | 2.048.157 | 2.066.782 | 2.081.210 | 2.086.253 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo neto | -801.857 | 2.039.876 | 2.044.772 | 2.050.868 | 2.077.825 | 2.082.868 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 |

Escenario 5. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 100% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|------------|
| Costos | 801.857 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.409.635 |
| Flujo neto | -801.857 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | 13.406.250 |

Escenario 6. Evento en el año 10, 100% de probabilidad de ocurrencia, 80% de efectividad de la MRR

| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 | Año 7 | Año 8 | Año 9 | Año 10 |
|------------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|------------|
| Costos | 801.857 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 | 3.385 | 15.914 | 3.385 |
| Beneficios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.727.708 |
| Flujo neto | -801.857 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | -3.385 | -3.385 | -15.914 | 10.724.323 |

Cuadro 2.1. Fenómenos naturales registrados en las provincias de la cuenca del río Mantaro, 1970-2003

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------------|------------|--------------------|------|-----|-----|-----------------|---------|------------|
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1994 | 2 | 10 | 1 | Alud | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1998 | 1 | 6 | 0 | Alud | Otra causa |
| Junín | Tarma | Palca | 2003 | 1 | 18 | 4 | Alud | Lluvias |
| Ayacucho | Huanta | Ayahuanco | 2001 | 11 | 5 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Churcampa | Anco | 2000 | 1 | 25 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Churcampa | Churcampa | 1998 | 11 | 27 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Churcampa | San Pedro de Coris | 2000 | 2 | 23 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | | 1986 | 1 | 19 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | | 1984 | 3 | 4 | 1 | Aluvi3n | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Colcabamba | 1985 | 4 | 8 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Colcabamba | 1993 | 5 | 25 | 1 | Aluvi3n | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Colcabamba | 1995 | 11 | 18 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Huachocolpa | 1994 | 2 | 14 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Huachocolpa | 2001 | 4 | 1 | 0 | Aluvi3n | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Huando | 1993 | 2 | 4 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Huaribamba | 1984 | 3 | 28 | 1 | Aluvi3n | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Pampas | 1998 | 10 | 22 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Salcahuasi | 1994 | 2 | 14 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Surcubamba | 1994 | 2 | 14 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Junín | | | 1994 | 11 | 16 | 0 | Aluvi3n | Otra causa |
| Junín | Concepci3n | | 1993 | 12 | 24 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Junín | Concepci3n | Cochas | 1994 | 2 | 10 | 0 | Aluvi3n | Lluvias |
| Junín | Concepci3n | Comas | 1996 | 3 | 31 | 1 | Aluvi3n | Otra causa |
| Junín | Concepci3n | Orcotuna | 1993 | 3 | 25 | 1 | Aluvi3n | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1971 | 8 | 4 | 0 | Aluvi3n | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1991 | 2 | 28 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1993 | 2 | 11 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 2 | 13 | 1 | Aluvi3n | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Carhuacallanga | 1993 | 4 | 1 | 20 | Aluvi3n | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chacapampa | 1993 | 4 | 1 | 20 | Aluvi3n | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|---------------------------|------|-----|-----|-----------------|---------|---------------|
| Junín | Huancayo | Colca | 1993 | 4 | 1 | 20 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1990 | 12 | 28 | 1 | Aluvión | Inundación |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1991 | 1 | 24 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1998 | 2 | 11 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1977 | 3 | 26 | 1 | Aluvión | Deslizamiento |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1991 | 1 | 24 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1997 | 11 | 13 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1997 | 12 | 25 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 1 | 10 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 1 | 18 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 1 | 18 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 2 | 7 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 2002 | 3 | 2 | 0 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pucara | 1994 | 1 | 31 | 1 | Aluvión | Inundación |
| Junín | Huancayo | Santo Domingo de Acobamba | 1986 | 2 | 0 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Santo Domingo de Acobamba | 1990 | 10 | 31 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Santo Domingo de Acobamba | 1993 | 12 | 0 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Santo Domingo de Acobamba | 1996 | 5 | 22 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Jauja | Leonor Ordóñez | 1972 | 3 | 31 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Jauja | Monobamba | 1990 | 3 | 13 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Jauja | Monobamba | 1994 | 2 | 2 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Jauja | Paccha | 1997 | 11 | 6 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Jauja | Parco | 1987 | 11 | 14 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Jauja | Sincos | 1972 | 3 | 31 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Junín | Carhuamayo | 1997 | 12 | 18 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Junín | Ulcumayo | 1994 | 1 | 9 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Junín | Ulcumayo | 1997 | 12 | 26 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | | 1995 | 1 | 2 | 1 | Aluvión | Lluvias |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|------------------|------|-----|-----|-----------------|---------|--------------|
| Junín | Tarma | | 2001 | 2 | 28 | 3 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Acobamba | 1991 | 1 | 24 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Huaricolca | 1982 | 2 | 17 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Tarma | Huaricolca | 1998 | 2 | 25 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Huasahuasi | 1997 | 12 | 31 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Huasahuasi | 1998 | 1 | 10 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Palca | 1977 | 2 | 24 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Tarma | Palca | 1991 | 2 | 25 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Palca | 1994 | 11 | 6 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Palca | 1997 | 1 | 27 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Palca | 1997 | 11 | 12 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Palca | 1997 | 12 | 7 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Palca | 1997 | 12 | 9 | 3 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Palca | 1998 | 2 | 25 | 0 | Aluvión | FEN |
| Junín | Tarma | Palca | 2001 | 2 | 27 | 0 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Tapo | 1999 | 2 | 26 | 0 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Tarma | 1996 | 2 | 4 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Tarma | Tarma | 1997 | 1 | 11 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1982 | 11 | 6 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1983 | 1 | 24 | 1 | Aluvión | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1994 | 3 | 7 | 1 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1999 | 12 | 17 | 0 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Yauli | La Oroya | 2000 | 1 | 1 | 6 | Aluvión | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1985 | 3 | 18 | 1 | Avenida | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1993 | 4 | 2 | 1 | Avenida | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1993 | 12 | 0 | 1 | Avenida | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1993 | 12 | 24 | 1 | Avenida | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancan | 2001 | 2 | 1 | 1 | Avenida | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1986 | 2 | 8 | 1 | Avenida | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1998 | 2 | 11 | 0 | Avenida | FEN |
| Junín | Huancayo | Ingenio | 1996 | 1 | 31 | 0 | Avenida | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Viques | 2001 | 5 | 31 | 6 | Avenida | Error humano |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1994 | 3 | 5 | 1 | Avenida | Lluvias |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------------|------------|--------------|------|-----|-----|-----------------|---------------|------------|
| Huancavelica | Churcampa | La Merced | 1970 | 4 | 12 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Huachocolpa | 1976 | 5 | 18 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | | | 1994 | 1 | 9 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Concepción | Chambara | 2002 | 4 | 3 | 0 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Concepción | Comas | 1996 | 4 | 2 | 0 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1971 | 2 | 5 | 0 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1981 | 2 | 18 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 2 | 2 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 2000 | 1 | 25 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huacrapuquio | 1978 | 2 | 11 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1970 | 2 | 9 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1972 | 1 | 16 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1991 | 1 | 24 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1991 | 3 | 20 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1970 | 1 | 7 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1970 | 1 | 23 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1975 | 1 | 14 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1995 | 3 | 13 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 1 | 31 | 0 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 2003 | 2 | 7 | 0 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Huancayo | San Agustín | 1979 | 2 | 7 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Junín | Ulcumayo | 1994 | 1 | 9 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Junín | Ulcumayo | 1994 | 1 | 9 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Tarma | | 1986 | 1 | 27 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Tarma | | 1991 | 3 | 14 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Junín | Tarma | | 1998 | 2 | 11 | 0 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Tarma | Acobamba | 2000 | 2 | 1 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Tarma | Huasahuasi | 2000 | 2 | 1 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Tarma | Palca | 1998 | 6 | 10 | 0 | Deslizamiento | Falla |
| Junín | Tarma | Tarma | 2000 | 2 | 1 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Yauli | Chacapalpa | 2000 | 6 | 15 | 1 | Deslizamiento | Diseño |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1970 | 1 | 20 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1997 | 1 | 18 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1997 | 10 | 15 | 0 | Deslizamiento | Inundación |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1998 | 4 | 7 | 0 | Deslizamiento | Lluvias |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|------------|-----------------------|------|-----|-----|-----------------|---------------|------------|
| Junín | Yauli | Yauli | 1970 | 1 | 20 | 1 | Deslizamiento | Lluvias |
| Junín | Concepción | | 2002 | 12 | 22 | 0 | Granizada | Lluvias |
| Junín | Concepción | Concepción | 1971 | 11 | 22 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Concepción | 1987 | 12 | 5 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Concepción | 2001 | 2 | 0 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Matahuasi | 1971 | 11 | 22 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Matahuasi | 2001 | 2 | 0 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 10 | 23 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1998 | 11 | 2 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 2002 | 12 | 22 | 0 | Granizada | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Carhuacallanga | 2000 | 2 | 2 | 2 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1998 | 11 | 0 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Cullhuas | 1997 | 4 | 16 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Cullhuas | 2002 | 12 | 26 | 0 | Granizada | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huacrapuquio | 1997 | 4 | 16 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancan | 1998 | 11 | 2 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1986 | 4 | 1 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huayucachi | 1998 | 11 | 2 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huayucachi | 1994 | 1 | 17 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | San Jerónimo de Tunán | 1994 | 1 | 3 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Viques | 1994 | 1 | 17 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Viques | 1997 | 4 | 16 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Apata | 1971 | 11 | 22 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Yauyos | 1993 | 1 | 16 | 1 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Huasahuasi | 2002 | 5 | 18 | 0 | Granizada | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 1997 | 3 | 28 | 30 | Helada | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Concepción | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Matahuasi | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Mito | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Concepción | Santa Rosa de Ocopa | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 2 | 13 | 0 | Helada | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|-----------------------|------|-----|-----|-----------------|--------|------------|
| Junín | Huancayo | | 1997 | 3 | 28 | 30 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1993 | 6 | 21 | 1 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Ahuac | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Ahuac | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chupaca | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chupaca | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Cullhuas | 1975 | 2 | 2 | 1 | Helada | Lluvias |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huachac | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Hualhuas | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 2000 | 11 | 13 | 3 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1997 | 5 | 8 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 2000 | 11 | 21 | 3 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | San Agustín | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | San Agustín | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | San Jerónimo de Tunán | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | San Jerónimo de Tunán | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Sicaya | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | | 1997 | 3 | 28 | 30 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Apata | 1999 | 11 | 0 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Curicaca | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | El Mantaro | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | El Mantaro | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Huaripampa | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Huertas | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Jauja | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Leonor Ordóñez | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Llocllapampa | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Muquiyauyo | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Parco | 1998 | 12 | 2 | 6 | Helada | Otra causa |
| Junín | Jauja | Sincos | 2000 | 11 | 10 | 5 | Helada | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------------|------------|--------------------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| Junín | Tarma | Acobamba | 1997 | 5 | 2 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Acobamba | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Huaricolca | 1997 | 5 | 2 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | La Unión | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Palca | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Palcamayo | 1997 | 5 | 2 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Palcamayo | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | San Pedro de Cajas | 1997 | 5 | 2 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | San Pedro de Cajas | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Tapo | 1997 | 5 | 2 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Tapo | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Tarma | 1998 | 7 | 15 | 0 | Helada | Otra causa |
| Junín | Tarma | Tarma | 2000 | 11 | 20 | 8 | Helada | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | Huamanguilla | 1995 | 3 | 16 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | Huanta | 1976 | 2 | 5 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | Huanta | 1978 | 1 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Huancavelica | Churcampa | Churcampa | 1977 | 12 | 17 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | | 1980 | 1 | 3 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Huancavelica | Tayacaja | Salcabamba | 1982 | 1 | 6 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | | | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Concepción | 1973 | 3 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Concepción | Concepción | 1981 | 2 | 8 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Matahuasi | 1970 | 1 | 13 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Mito | 1972 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Concepción | Mito | 1973 | 3 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Concepción | Mito | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Mito | 1993 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Concepción | Mito | 1997 | 2 | 7 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1973 | 3 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1981 | 2 | 3 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1993 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|------------|------------------|------|-----|-----|-----------------|------------|---------------|
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1997 | 2 | 7 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Concepción | Orcotuna | 1998 | 1 | 28 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 2 | 7 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 2 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 2 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | 3 de Diciembre | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | 3 de Diciembre | 1997 | 2 | 0 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Chacapampa | 1997 | 3 | 10 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1972 | 3 | 17 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1976 | 2 | 18 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1991 | 3 | 23 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1994 | 2 | 2 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 2001 | 12 | 3 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Chongos Alto | 1974 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chupaca | 1997 | 11 | 5 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1990 | 12 | 28 | 0 | Inundación | Deslizamiento |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1994 | 2 | 7 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1995 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1998 | 2 | 25 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1972 | 1 | 12 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1997 | 2 | 0 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1997 | 12 | 25 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1998 | 2 | 10 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1999 | 2 | 0 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancan | 1981 | 2 | 2 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancan | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancan | 2001 | 3 | 15 | 2 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1970 | 1 | 14 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1972 | 3 | 17 | 1 | Inundación | Lluvias |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|---------------------------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1981 | 4 | 11 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1984 | 2 | 3 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1988 | 1 | 28 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1991 | 3 | 23 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 1 | 21 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 2 | 11 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 2 | 11 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 2 | 28 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 3 | 4 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1993 | 4 | 2 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1998 | 1 | 1 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Huayucachi | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Ingenio | 1996 | 2 | 1 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1993 | 2 | 28 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1993 | 4 | 2 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1994 | 1 | 5 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 1 | 10 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1972 | 3 | 17 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1972 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1997 | 2 | 0 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1997 | 12 | 25 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1998 | 2 | 10 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Huancayo | Pucará | 1994 | 1 | 31 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pucará | 1994 | 1 | 31 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Quilcas | 1996 | 3 | 5 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | San Jerónimo de Tunán | 1997 | 2 | 0 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | San Juan de Yscos | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Saño | 1996 | 3 | 5 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Santo Domingo de Acobamba | 1995 | 1 | 24 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Sicaya | 1979 | 4 | 13 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Sicaya | 1981 | 2 | 3 | 1 | Inundación | Lluvias |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|----------------|------|-----|-----|-----------------|------------|--------------|
| Junín | Huancayo | Sincos | 1972 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | | 1974 | 3 | 0 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | | 1986 | 4 | 0 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Acolla | 1981 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Apata | 1986 | 2 | 5 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Ataura | 1981 | 2 | 8 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Ataura | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Huaripampa | 1972 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Huaripampa | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Huertas | 1995 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Jauja | 1994 | 2 | 10 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Jauja | 1998 | 2 | 14 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Jauja | Leonor Ordóñez | 1993 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Masma | 1977 | 3 | 21 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Masma | 1998 | 2 | 14 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Jauja | Monobamba | 1991 | 3 | 20 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Muquiyauyo | 1972 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Muquiyauyo | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Muquiyauyo | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Muquiyauyo | 1993 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Paca | 1982 | 2 | 1 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Paca | 1982 | 2 | 17 | 30 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Paccha | 1994 | 2 | 10 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Pancán | 1995 | 4 | 7 | 1 | Inundación | Error humano |
| Junín | Jauja | Ricran | 1994 | 2 | 10 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | San Lorenzo | 1970 | 1 | 13 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Sausa | 1999 | 2 | 0 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Sincos | 1980 | 2 | 24 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Sincos | 1981 | 3 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Sincos | 1993 | 2 | 7 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Sincos | 1993 | 2 | 12 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Jauja | Sincos | 1998 | 1 | 28 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Jauja | Sincos | 1998 | 2 | 10 | 0 | Inundación | FEN |
| Junín | Jauja | Sincos | 2001 | 3 | 0 | 0 | Inundación | Diseño |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|----------|------------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|------------|--------------|
| Junín | Jauja | Yauyos | 1977 | 1 | 12 | 2 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Jauja | Yauyos | 1994 | 2 | 10 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Junín | | 2000 | 4 | 28 | 2 | Inundación | Error humano |
| Junín | Junín | Ondores | 2002 | 6 | 22 | 0 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Junín | Ondores | 2003 | 3 | 9 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Junín | Ulcumayo | 1994 | 1 | 9 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | | 1982 | 11 | 4 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | | 1991 | 2 | 28 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | Acobamba | 1991 | 2 | 25 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | Acobamba | 2002 | 2 | 25 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | Palca | 2000 | 3 | 7 | 2 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | Tapo | 2002 | 2 | 26 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | Tarma | 1986 | 3 | 8 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Tarma | Tarma | 1993 | 2 | 10 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Junín | Yauli | | 1982 | 1 | 14 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1983 | 1 | 25 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | Huamanguilla | 1993 | 1 | 10 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | Huanta | 1993 | 2 | 6 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 1992 | 11 | 23 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 1993 | 11 | 25 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 1997 | 11 | 8 | 5 | Lluvias | FEN |
| Junín | Concepción | | 1986 | 3 | 0 | 60 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Concepción | Heroínas Toledo | 1970 | 1 | 16 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1992 | 11 | 23 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1993 | 9 | 12 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1993 | 11 | 12 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1986 | 3 | 0 | 60 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | 3 de Diciembre | 1997 | 11 | 8 | 5 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Ahuac | 1997 | 11 | 8 | 5 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Chicche | 2001 | 2 | 1 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1974 | 1 | 9 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1988 | 1 | 19 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1991 | 1 | 18 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chilca | 1997 | 7 | 22 | 0 | Lluvias | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------|-----------|------------------|------|-----|-----|-----------------|---------|------------|
| Junín | Huancayo | Chongos Alto | 1993 | 4 | 2 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chongos Bajo | 1997 | 4 | 16 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1980 | 10 | 21 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1983 | 9 | 18 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1991 | 1 | 18 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1994 | 3 | 18 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1995 | 1 | 1 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1997 | 7 | 22 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1997 | 11 | 11 | 0 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | El Tambo | 1998 | 1 | 10 | 0 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Huacrapuquio | 1978 | 2 | 11 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huamancaca Chico | 1997 | 11 | 8 | 5 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Huancan | 1997 | 4 | 16 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1970 | 1 | 16 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1970 | 1 | 27 | 2 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1970 | 12 | 26 | 2 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1975 | 10 | 15 | 2 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1980 | 1 | 29 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1980 | 10 | 10 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1980 | 10 | 21 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1983 | 9 | 18 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1983 | 11 | 27 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1984 | 12 | 3 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1986 | 4 | 1 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1988 | 1 | 19 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1996 | 9 | 26 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1997 | 12 | 14 | 0 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1997 | 12 | 15 | 0 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1998 | 1 | 28 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1998 | 2 | 14 | 0 | Lluvias | FEN |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 2002 | 12 | 22 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huasicancha | 1993 | 4 | 2 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huayacachi | 1997 | 4 | 16 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1970 | 2 | 14 | 0 | Lluvias | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------------|-----------|-------------|------|-----|-----|-----------------|-------------|------------|
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1993 | 3 | 31 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1993 | 4 | 23 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 1998 | 1 | 18 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pariahuanca | 2000 | 1 | 7 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pilcomayo | 1988 | 1 | 19 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Pucará | 1997 | 4 | 16 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Saño | 1972 | 3 | 14 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Jauja | | 1973 | 10 | 17 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Jauja | | 1989 | 2 | 13 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Jauja | | 1997 | 11 | 8 | 5 | Lluvias | FEN |
| Junín | Jauja | Acolla | 2001 | 4 | 0 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Jauja | Jauja | 1996 | 9 | 26 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Jauja | Parco | 1973 | 3 | 2 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Jauja | San Lorenzo | 1998 | 2 | 24 | 0 | Lluvias | FEN |
| Junín | Junín | | 1984 | 1 | 4 | 90 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Tarma | | 1981 | 11 | 15 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Tarma | | 1993 | 2 | 12 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Tarma | Tarma | 1981 | 11 | 15 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Tarma | Tarma | 1981 | 11 | 15 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1997 | 10 | 15 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1998 | 4 | 11 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 2001 | 3 | 14 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Junín | Junín | | 1998 | 9 | 23 | 0 | Nevada | Otra causa |
| Junín | Yauli | La Oroya | 1997 | 9 | 27 | 0 | Nevada | Otra causa |
| Junín | Yauli | Morococha | 1976 | 8 | 23 | 3 | Nevada | Otra causa |
| Junín | Yauli | Morococha | 1993 | 1 | 20 | 2 | Nevada | Otra causa |
| Junín | Yauli | Morococha | 1993 | 3 | 21 | 1 | Nevada | Otra causa |
| Junín | Yauli | Morococha | 1997 | 8 | 7 | 3 | Nevada | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1982 | 6 | 12 | 0 | Ola de frío | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1982 | 7 | 7 | 0 | Ola de frío | Otra causa |
| Junín | Tarma | Huaricolca | 1998 | 7 | 15 | 0 | Ola de frío | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | | 1992 | 11 | 23 | 0 | Sequía | Otra causa |
| Ayacucho | Huanta | Huanta | 1990 | 1 | 1 | 80 | Sequía | Otra causa |
| Huancavelica | Churcampa | Churcampa | 1990 | 1 | 1 | 80 | Sequía | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Pampas | 1990 | 1 | 1 | 80 | Sequía | Otra causa |

| Región | Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|--------------|------------|------------|------|-----|-----|-----------------|----------------|------------|
| Junín | Concepción | | 1992 | 11 | 23 | 0 | Sequía | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1992 | 11 | 23 | 0 | Sequía | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1980 | 8 | 31 | 1 | Sequía | Otra causa |
| Huancavelica | Tayacaja | Colcabamba | 1983 | 2 | 5 | 1 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 1971 | 10 | 27 | 0 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 1994 | 10 | 18 | 1 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Concepción | | 2002 | 12 | 22 | 0 | Tempestad | Lluvias |
| Junín | Huancayo | | 1994 | 10 | 18 | 1 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 2002 | 12 | 22 | 0 | Tempestad | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1975 | 9 | 4 | 1 | Tempestad | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1976 | 5 | 31 | 2 | Tempestad | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1979 | 4 | 3 | 15 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1979 | 9 | 21 | 1 | Tempestad | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1994 | 8 | 7 | 1 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1994 | 10 | 24 | 1 | Tempestad | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1998 | 10 | 13 | 0 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Huancayo | | 1984 | 9 | 4 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Chupaca | 1975 | 11 | 17 | 1 | Tormenta elec. | Lluvias |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1977 | 12 | 10 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1979 | 12 | 13 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Huancayo | Huancayo | 1981 | 1 | 25 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Jauja | Apata | 1972 | 1 | 6 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Jauja | Marco | 2000 | 5 | 18 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |
| Junín | Junín | Ondores | 1979 | 12 | 5 | 1 | Tormenta elec. | Otra causa |

Fuente: Base de datos DesInventar.
Elaboración: IEP.

Cuadro 2.2. Fenómenos naturales registrados en las provincias de Paita y Talara, región Piura, 1970-2003

| Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|-----------|-----------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| Paita | Amotape | 1983 | 2 | 7 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | Amotape | 1983 | 2 | 20 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | Amotape | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | Amotape | 1983 | 5 | 12 | 0 | Lluvias | FEN |
| Paita | Amotape | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Amotape | 1993 | 4 | 1 | 1 | Avenida | Lluvias |
| Paita | El Arenal | 1972 | 3 | 24 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Paita | El Arenal | 1983 | 2 | 20 | 1 | Inundación | FEN |
| Paita | El Arenal | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | El Arenal | 1983 | 5 | 21 | 1 | Avenida | FEN |
| Paita | El Arenal | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | El Arenal | 1998 | 4 | 26 | 0 | Epidemia | FEN |
| Paita | El Arenal | 2001 | 3 | 29 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Paita | Colán | 1970 | 12 | 9 | 1 | Sismo | Otra causa |
| Paita | Colán | 1971 | 3 | 15 | 0 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Colán | 1972 | 3 | 23 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Paita | Colán | 1972 | 4 | 4 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Paita | Colán | 1978 | 2 | 6 | 2 | Marejada | Otra causa |
| Paita | Colán | 1983 | 2 | 7 | 1 | Inundación | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 2 | 9 | 1 | Avenida | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 2 | 20 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 4 | 4 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Paita | Colán | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 4 | 12 | 1 | Lluvias | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 5 | 16 | 1 | Lluvias | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 5 | 18 | 1 | Marejada | FEN |
| Paita | Colán | 1983 | 5 | 26 | 1 | Inundación | FEN |
| Paita | Colán | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Colán | 1998 | 4 | 26 | 0 | Epidemia | FEN |
| Paita | Colán | 2001 | 3 | 23 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Paita | La Huaca | 1970 | 12 | 9 | 1 | Sismo | Otra causa |

| Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|-----------|----------|------|-----|-----|-----------------|---------------|------------|
| Paita | La Huaca | 1972 | 3 | 20 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | La Huaca | 1972 | 3 | 23 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | La Huaca | 1981 | 3 | 16 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | La Huaca | 1983 | 2 | 20 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | La Huaca | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | La Huaca | 1983 | 5 | 17 | 1 | Lluvias | FEN |
| Paita | La Huaca | 1983 | 6 | 7 | 0 | Epidemia | FEN |
| Paita | La Huaca | 1988 | 5 | 30 | 0 | Sequía | Otra causa |
| Paita | La Huaca | 1991 | 6 | 20 | 1 | Vendaval | Otra causa |
| Paita | La Huaca | 1993 | 3 | 6 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Paita | La Huaca | 1997 | 12 | 16 | 0 | Lluvias | FEN |
| Paita | La Huaca | 1998 | 2 | 14 | 0 | Avenida | FEN |
| Paita | La Huaca | 2000 | 3 | 4 | 7 | Forestal | Otra causa |
| Paita | Paita | 1970 | 5 | 31 | 1 | Sismo | Falla |
| Paita | Paita | 1971 | 3 | 15 | 0 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Paita | 1976 | 5 | 13 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Paita | Paita | 1977 | 4 | 3 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Paita | 1983 | 2 | 20 | 1 | Inundación | FEN |
| Paita | Paita | 1983 | 3 | 24 | 0 | Lluvias | FEN |
| Paita | Paita | 1983 | 3 | 24 | 1 | Inundación | Lluvias |
| Paita | Paita | 1983 | 3 | 26 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Paita | Paita | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | Paita | 1983 | 5 | 11 | 1 | Inundación | FEN |
| Paita | Paita | 1983 | 5 | 18 | 1 | Marejada | FEN |
| Paita | Paita | 1983 | 5 | 18 | 1 | Tempestad | Otra causa |
| Paita | Paita | 1991 | 6 | 20 | 1 | Vendaval | Otra causa |
| Paita | Paita | 1996 | 5 | 7 | 0 | Otros | Otra causa |
| Paita | Paita | 1996 | 7 | 8 | 1 | Deslizamiento | Otra causa |
| Paita | Paita | 1997 | 6 | 15 | 0 | Otros | Otra causa |
| Paita | Paita | 1997 | 8 | 15 | 2 | Marejada | Otra causa |
| Paita | Paita | 1997 | 10 | 5 | 0 | Otros | FEN |
| Paita | Paita | 1998 | 1 | 13 | 0 | Lluvias | FEN |
| Paita | Paita | 1998 | 2 | 21 | 1 | Lluvias | FEN |
| Paita | Paita | 1998 | 3 | 27 | 1 | Accidente | Otra causa |
| Paita | Paita | 1999 | 8 | 1 | 0 | Deslizamiento | Otra causa |

| Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|-----------|-------------|------|-----|-----|-----------------|------------|------------|
| Paita | Paita | 2000 | 11 | 30 | 1 | Otros | Diseño |
| Paita | Tamarindo | 1983 | 2 | 7 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | Tamarindo | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | Tamarindo | 1983 | 5 | 12 | 0 | Lluvias | FEN |
| Paita | Tamarindo | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Vichayal | 1971 | 3 | 28 | 0 | Inundación | Lluvias |
| Paita | Vichayal | 1983 | 2 | 7 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | Vichayal | 1983 | 2 | 20 | 0 | Inundación | FEN |
| Paita | Vichayal | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Paita | Vichayal | 1983 | 5 | 18 | 1 | Marejada | FEN |
| Paita | Vichayal | 1987 | 2 | 18 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Paita | Vichayal | 1993 | 3 | 15 | 1 | Inundación | Otra causa |
| Paita | Vichayal | 1994 | 2 | 2 | 1 | Estructura | Diseño |
| Paita | Vichayal | 2001 | 4 | 1 | 21 | Inundación | Lluvias |
| Paita | Vichayal | 2001 | 4 | 4 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Talara | El Alto | 1983 | 1 | 30 | 3 | Marejada | Otra causa |
| Talara | El Alto | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Talara | El Alto | 1988 | 6 | 12 | 1 | Incendio | Otra causa |
| Talara | El Alto | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | La Brea | 1983 | 2 | 7 | 0 | Inundación | FEN |
| Talara | La Brea | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Talara | La Brea | 1986 | 1 | 17 | 1 | Incendio | Otra causa |
| Talara | La Brea | 1998 | 1 | 26 | 0 | Vendaval | FEN |
| Talara | La Brea | 1999 | 10 | 1 | 0 | Incendio | Otra causa |
| Talara | Lobitos | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Talara | Lobitos | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | Lobitos | 1992 | 3 | 21 | 1 | Inundación | FEN |
| Talara | Lobitos | 1996 | 5 | 28 | 2 | Marejada | Otra causa |
| Talara | Los Órganos | 1983 | 1 | 14 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Talara | Los Órganos | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Talara | Los Órganos | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | Los Órganos | 1998 | 1 | 26 | 0 | Vendaval | FEN |
| Talara | Los Órganos | 2001 | 2 | 14 | 1 | Epidemia | Otra causa |
| Talara | Máncora | 1970 | 12 | 9 | 1 | Sismo | Otra causa |
| Talara | Máncora | 1977 | 11 | 7 | 1 | Marejada | Otra causa |

| Provincia | Distrito | Año | Mes | Día | Duración (días) | Evento | Causa |
|-----------|--------------|------|-----|-----|-----------------|--------------|------------|
| Talara | Máncora | 1983 | 2 | 6 | 1 | Aluvión | FEN |
| Talara | Máncora | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Talara | Máncora | 1998 | 1 | 2 | 0 | Ola de calor | FEN |
| Talara | Pariñas | 1972 | 6 | 16 | 0 | Epidemia | Otra causa |
| Talara | Pariñas | 1983 | 3 | 26 | 1 | Marejada | Otra causa |
| Talara | Pariñas | 1983 | 4 | 4 | 2 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 1983 | 5 | 10 | 0 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 1983 | 5 | 18 | 1 | Tempestad | FEN |
| Talara | Pariñas | 1983 | 6 | 1 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 1983 | 6 | 5 | 1 | Avenida | FEN |
| Talara | Pariñas | 1985 | 6 | 9 | 1 | Estructura | Otra causa |
| Talara | Pariñas | 1987 | 3 | 3 | 1 | Lluvias | Otra causa |
| Talara | Pariñas | 1992 | 2 | 27 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 1992 | 3 | 8 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 1992 | 8 | 27 | 1 | Explosión | Otra causa |
| Talara | Pariñas | 1997 | 10 | 3 | 0 | Marejada | Otra causa |
| Talara | Pariñas | 1998 | 1 | 13 | 0 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 1998 | 1 | 26 | 0 | Vendaval | FEN |
| Talara | Pariñas | 1998 | 1 | 28 | 0 | Aluvión | FEN |
| Talara | Pariñas | 1998 | 3 | 18 | 1 | Lluvias | FEN |
| Talara | Pariñas | 2002 | 4 | 2 | 0 | Lluvias | Otra causa |
| Talara | Querecotillo | 1997 | 12 | 31 | 0 | Lluvias | FEN |

Fuente: Base de datos DesInventar.
Elaboración: IEP.





**Dirección General de Programación Multianual del Sector Público,
Ministerio de Economía y Finanzas (DGPM-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.***

Basado en el estudio de los consultores Roxana Barrantes Cáceres, Rosa Morales Saravia y Roberto Piselli Alvarado, realizado en el marco del Convenio de Cooperación Interinstitucional entre el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Economía y Finanzas como parte del Proyecto N° 0050356 "Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)";

Ministerio de Economía y Finanzas

Dra. Mercedes Aráoz Fernández

Ministra

Ministerio del Ambiente

Dr. Antonio Brack Egg

Ministro

Asesoría técnica y edición: Nancy Zapata y Alberto Aquino (PDRS-GTZ)

Corrección de estilo: Rosa Díaz

Cuidado de la edición: Verena Bruer

Diseño: Renzo Rabanal

Fotografías: Archivo PDRS-GTZ

La impresión del presente documento ha sido posible gracias al apoyo de la Cooperación Suiza para el Desarrollo.



Schweizerische Eidgenossenschaft

Confédération suisse

Confederazione Svizzera

Confederaziun svizra

**Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE**

Impreso en:

Forma e Imagen de Billy Victor Odiaga Franco

Av. Arequipa 4558, Miraflores

Primera edición

Lima – Perú, Agosto de 2010

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2010-13160

Cooperación Alemana al Desarrollo – GTZ

Prol. Arenales 801, Miraflores.



www.mef.gob.pe

www.pdrs.org.pe