



PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Viceministerio  
de Economía y Finanzas

Dirección General  
de Política de Inversiones



# Protección frente a inundaciones

Guía simplificada para PIP de servicios de protección frente a inundaciones





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Viceministerio de  
Economía y Finanzas

Dirección General  
de Política de Inversiones



# **Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de protección frente a inundaciones, a nivel de perfil**

## **Guía simplificada para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de protección frente a inundaciones, a nivel de perfil**

Ministerio de Economía y Finanzas  
Dirección General de Política de Inversiones – DGPI

### **Adaptación, desarrollo y tratamiento metodológico**

Coordinación metodológica:  
Dirección de Normatividad, Metodologías y Capacitación

### **Especialistas en contenidos**

Equipo Técnico de Prevención y Gestión de Riesgos de Desastres de la DGPI

### **Creación**

Corrección de estilo y cuidado de edición: Gabriela y Mario Ludens  
Diseño y diagramación: Renzo Rabanal Pérez-Roca

### **Imprenta**

Giacomotti Comunicación Gráfica SAC  
Santa Eduvigis 316 – Urb. Pando – Cercado de Lima

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2013-20133

Primera impresión: diciembre de 2013

La publicación de este documento ha sido posible gracias al apoyo del proyecto Inversión Pública y Adaptación al Cambio Climático, una iniciativa del Ministerio de Economía y Finanzas, el Ministerio del Ambiente y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, con financiamiento del Ministerio de Medio Ambiente y Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania, en el marco de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI).

La impresión ha sido posible gracias al apoyo del proyecto Adaptación al Cambio Climático y Reducción del Riesgo de Desastres en Cuencas Priorizadas de Ica y Huancavelica de la GIZ, implementado por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

© 2013 MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS

La información contenida en esta Guía puede ser reproducida parcial o totalmente, siempre y cuando se mencione la fuente de origen y se envíe un ejemplar a la Dirección General de Política de Inversiones del Ministerio de Economía y Finanzas (Jr. Junín 319 – Lima, Perú).

# ÍNDICE

<b>MÓDULO I : ASPECTOS GENERALES</b>	<b>9</b>
1.1 Nombre del proyecto	9
1.2 Unidad Formuladora y Unidad Ejecutora del proyecto	10
1.3 Matriz de involucrados	11
1.4 Marco de referencia	12
<b>MODULO II: IDENTIFICACIÓN</b>	<b>13</b>
2.1 Diagnóstico de la situación actual	13
2.2 Definición del problema, sus causas y efectos	18
2.3 Objetivo del proyecto, medios y fines	23
2.4 Determinación de las alternativas de solución	25
<b>MODULO III: FORMULACIÓN</b>	<b>29</b>
3.1 Horizonte de evaluación	29
3.2 Análisis de la demanda	29
3.3 Análisis de la oferta	30
3.4 Balance oferta demanda	30
3.5 Planteamiento técnico de las alternativas de solución	31
3.6 Costos a precios de mercado	35
<b>MÓDULO IV: EVALUACIÓN</b>	<b>39</b>
4.1 Evaluación social	39
4.2 Análisis de sensibilidad	44
4.3 Análisis de sostenibilidad	45
4.4 Impacto ambiental	47
4.5 Selección de alternativas	48
4.6 Organización y gestión	48
4.7 Cronograma de ejecución del proyecto	48
4.8 Matriz del marco lógico (MML)	49
<b>MÓDULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>

## **MÓDULO VI: ANEXOS**

**55**

**Anexo 1**

**57**

**Anexo 2**

**59**

**Anexo 3**

**63**

**Anexo 4**

**85**

# INTRODUCCIÓN

Después de los sismos, entre los peligros de mayor impacto en el Perú están las inundaciones ocasionadas por precipitaciones pluviales intensas y por las crecidas máximas de los cursos del agua (ríos y quebradas), las mismas que aumentan su magnitud cuando ocurre el fenómeno El Niño.

Las inundaciones pueden afectar la infraestructura usada para la provisión de bienes y servicios públicos, como es el caso de los sistemas de riego, carreteras, establecimientos de salud o de educación. Lo que puede conllevar a la interrupción de la provisión de bienes y servicios públicos y, por consiguiente, que los usuarios dejen de percibir beneficios. Es en esas circunstancias que el Estado asume los costos de la emergencia, la rehabilitación y la reconstrucción de la infraestructura dañada.

Uno de los requisitos para que un Proyecto de Inversión Pública (PIP) sea declarado viable es la sostenibilidad de los beneficios; es decir, que no haya factores que puedan interrumpir la provisión de bienes y servicios públicos. Una variable crítica es la localización. En la medida que se cumpla con las normas técnicas que establecen los sectores y que se evite, en lo posible, su exposición frente a peligros como las inundaciones, se estaría contribuyendo con su sostenibilidad.

La importancia de ejecutar intervenciones que reduzcan el riesgo frente a inundaciones en la producción de bienes y servicios públicos se sustenta en:

- ... El monto de inversión que podría estar en riesgo. Lo ejecutado en Proyectos de Inversión Pública tiene una tendencia creciente, variando entre los años 2005 y 2010 de S/. 4 169 millones de Nuevos Soles (US\$ 1 500 millones de dólares) a S/. 23 115 millones de Nuevos Soles (US\$ 8 400 millones)<sup>1</sup>.
- ... El número de emergencias por inundaciones ocurridas en el país. En el período 2003 - 2009 se reportaron 1 900 emergencias con las siguientes consecuencias: 64 700 personas damnificadas, 679 000 personas afectadas, 10 300 viviendas destruidas, 109 000 viviendas afectadas y daños considerables a la producción agrícola<sup>2</sup>.

1 Fuentes: Banco de Proyectos del SNIP y SIAF.

2 Fuente: *Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres del año 2009*, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, 2010.

... El cambio climático podría tener impacto en los patrones de variabilidad climática, aumentando la incertidumbre sobre la magnitud de los fenómenos meteorológicos como la precipitación pluvial, la temperatura del aire, así como la frecuencia de ocurrencia de eventos climáticos extremos.

Esta Guía presenta, en forma simplificada, los conceptos básicos y contenidos que deben tenerse en cuenta para la elaboración de un estudio de preinversión, a nivel de perfil, para un Proyecto de Inversión Pública relacionado con servicios de protección de Unidades Productoras de bienes y servicios públicos frente a inundaciones, apoyando así las labores de los operadores del SNIP(\*).

La DGPI-MEF espera que esta Guía simplificada impulse la elaboración de perfiles de proyectos técnicamente sustentados y que se incremente de manera significativa la inversión de calidad en Proyectos de Inversión Pública de servicios de protección frente a inundaciones.

---

(\*) La Guía ha sido adecuada al Anexo SNIP 5A Contenidos Mínimos-Perfil para declarar la viabilidad del PIP y toma como referente las "Pautas para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública, a nivel de perfil", publicada en marzo de 2011.

# CONSIDERACIONES PREVIAS

Esta Guía se aplicará a Proyectos de Inversión Pública (PIP) cuya naturaleza de intervención sean los servicios de protección de bienes y servicios públicos frente a inundaciones, para lo que se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ... Las intervenciones se deben realizar en el marco del Reglamento para la delimitación y mantenimiento de Fajas Marginales en cursos fluviales (Resolución Jefatural Nro. 300-2011 ANA), que establece y regula los criterios, términos y métodos para efectuar la delimitación, aprobación, señalización y mantenimiento de las Fajas Marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua, naturales y artificiales.
- ... La Faja Marginal es el área inmediata superior al cauce o álveo, en este caso de ríos o quebradas en su máxima crecida, sin considerar los niveles de las crecientes por causas de eventos extraordinarios. Constituye un bien de dominio público hidráulico.
- ... Según lo establecido en el Reglamento de Fajas Marginales (Artículo 14, Numeral 14.2), la ejecución de obras de infraestructura hidráulica en la Faja Marginal requiere de la autorización previa de la Autoridad Administrativa del Agua (AAA), la misma que aprobará el respectivo expediente técnico y verificará su ejecución.
- ... Los PIP corresponden a servicios de protección que se darán fundamentalmente a Unidades Productoras de bienes y servicios públicos (en adelante, UP). Se define como UP al conjunto de recursos (infraestructura, equipos, personal, organización, capacidades de gestión, entre otros) con los que se provee de bienes y servicios públicos. En tal sentido, los PIP buscan proteger sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano o riego, tramos de carreteras, instituciones educativas, establecimientos de salud, entre otros.
- ... Esta Guía orienta la definición del área inundable en los casos en que no se disponga de información hidrometeorológica, complementando así las orientaciones provistas en la “Guía metodológica para proyectos de protección y control de inundaciones en áreas agrícolas o urbanas”.



# MÓDULO I

## Aspectos generales >

Caracteriza brevemente el PIP precisando el nombre, la Unidad Formuladora, la Unidad Ejecutora, la matriz de involucrados y el marco de referencia.

### 1.1 Nombre del proyecto

El nombre debe considerar tres características del proyecto:

... **Naturaleza de la intervención:** acciones principales que el proyecto ejecutará para solucionar el problema identificado. Las tipologías de intervención aplicables son:

<b>Instalación</b>	Intervenciones que permiten proveer del servicio de protección contra inundaciones donde no existe.
<b>Mejoramiento</b>	Intervenciones que permiten mejorar una o más características del servicio de protección contra inundaciones. El mismo número de beneficiarios disponen de un servicio con mayor calidad.
<b>Ampliación</b>	Intervenciones en uno o varios componentes del servicio de protección contra inundaciones, que permiten ampliar la cobertura del servicio existente. Más beneficiarios disponen del servicio.

... **Objeto de la intervención:** servicio de protección contra inundaciones para la UP que corresponda.

... **Localización geográfica:** de acuerdo con el área de influencia del proyecto, precisar la ubicación de las UP que se van a proteger, incluyendo esquemas de macro y microlocalización. Precisa el nombre de la quebrada o río, especificando la progresiva (kilometraje) respectiva.

A continuación, se presentan ejemplos sobre nombres de PIP de servicios de protección frente a inundaciones:

¿Qué se va a hacer?	¿Cuál es el servicio o bien a proveer?	¿Dónde se va a localizar? Ubicación geográfica	Nombre del proyecto
Se va a ampliar.	El servicio de protección contra inundaciones.	En la localidad de Mollebamba, margen izquierda del Río Pachachaca (progresiva km 0 + 000 - 0 + 700), distrito de Tamburco, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.	Ampliación del servicio de protección contra inundaciones en la localidad de Mollebamba, margen izquierda del Río Pachachaca (progresiva km 0 + 000 - 0 + 700) en el distrito de Tamburco, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.
Se va a instalar.	El servicio de protección contra inundaciones.	En la localidad de Paullo, margen derecha del Río Chumbao (progresiva km 6 + 250 - 7 + 000), distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.	Instalación del servicio de protección contra inundaciones en la localidad de Paullo, margen derecha del río Chumbao (progresiva km 6 + 250 - 7 + 000) del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.
Se va a mejorar.	El servicio de protección contra inundaciones.	En la localidad de Macay, margen izquierda del Río Vilcanota, progresiva km 4 + 750 - 5 + 200), distrito de Coya, de la provincia de Calca, departamento de Cusco.	Mejoramiento del servicio de protección contra inundaciones en la localidad de Macay, margen izquierda del Río Vilcanota (progresiva km 4 + 750 - 5 + 200), distrito de Coya, de la provincia de Calca, departamento de Cusco.

## 1.2 Unidad Formuladora y Unidad Ejecutora del proyecto

... Unidad Formuladora (UF), señala:

- ▶ El nombre de la Unidad Formuladora a cargo de la elaboración del perfil y el responsable de ésta, incluyendo información como dirección, teléfono y fax.

- ▶ De contar con el equipo de profesionales necesarios, la UF elabora los estudios o, en caso contrario, puede contratar los servicios de consultoría o los servicios de profesionales especializados para complementar su equipo.
- ▶ En cualquiera de los casos indicados, la UF es la responsable del estudio.
- ▶ La UF debe estar registrada en el Banco de Proyectos del SNIP.

... **Unidad Ejecutora (UE)**<sup>3</sup>, señala:

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

Para llevar a cabo todas las actividades en la fase de ejecución del PIP, a veces no basta la UE registrada en la DGPP del MEF. En ese caso es necesario que se designe a un órgano técnico de la entidad para que se encargue de gestionar la ejecución en todos sus componentes; la designación debe basarse en su capacidad técnica y operativa, lo que se explicará, clara y concisamente.

### 1.3 Matriz de involucrados

Presenta la matriz de involucrados<sup>4</sup> en la que se incluirá información sobre los grupos sociales y entidades, públicas o privadas, que tendrán relación con la ejecución de las inversiones y con la operación y mantenimiento del proyecto. Tal es el caso de las entidades del Gobierno Nacional, los Gobiernos Regionales y Locales, los potenciales beneficiarios (por ejemplo las entidades que

3 Registrada en la Dirección General de Presupuesto Público (DGPP) del Ministerio de Economía y Finanzas.

4 Ver el numeral 1.3.2 de las Pautas para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública, a nivel de perfil, en adelante "Pautas Generales 2011".

administran los servicios públicos, los usuarios de éstos), así como la Plataforma de Defensa Civil (Ley Nro. 29664, SINAGERD).

Describe el proceso utilizado para recoger la opinión de los beneficiarios y los demás involucrados; en especial de las autoridades locales, quienes deberán pronunciarse por escrito sobre la prioridad que tiene el proyecto.

Como parte del perfil, debes presentar en un anexo copia de las actas suscritas por los involucrados con relación a los acuerdos, compromisos y opiniones.

#### **1.4 Marco de referencia**

Indica los antecedentes del proyecto describiendo los hechos importantes relacionados al origen del mismo e intentos anteriores para solucionar los problemas.

Realiza una breve descripción del mismo y cómo éste se enmarca en los lineamientos de política sectorial-funcional, los planes de desarrollo concertados y el Programa Multianual de Inversión Pública en el contexto nacional, regional y local.

Es importante tomar en cuenta la Ley Nro. 29664 de creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - SINAGERD<sup>5</sup>, así como su Reglamento<sup>6</sup>. Del mismo modo, el Reglamento para la delimitación y mantenimiento de Fajas Marginales en cursos fluviales<sup>7</sup>. Puedes acceder a más información de este tipo en el Anexo 1.

---

5 Promulgada el 18 de febrero de 2011.

6 Decreto Supremo Nro. 048-2011-PCM, publicado el 26 de mayo de 2011.

7 Resolución Jefatural Nro. 300-2011 ANA.

# MODULO II

## Identificación >

### 2.1 Diagnóstico de la situación actual

Recopila, sistematiza, interpreta y analiza la información de fuentes primarias y secundarias. El contacto con los involucrados y la visita de campo son esenciales. El diagnóstico sustentará el planteamiento del proyecto, vale decir cuáles son los objetivos que se pretenden lograr y cuáles son las posibles alternativas de solución.

En este tipo de proyectos, el diagnóstico corresponde al análisis del riesgo de las UP que se ubican en el área inundable.

#### 2.1.1 Diagnóstico del área de influencia y área de estudio

Inicialmente debes definir:

- ▶ El área de influencia, que es el ámbito donde se ubican los afectados por el problema y a la que también conocemos como área inundable.
- ▶ El área de estudio que, además del área de influencia, incluye el área donde se localiza o localizarán los servicios de protección contra inundaciones.

Para definir el área de influencia o área inundable se requiere de información sobre los niveles o altura del agua (tirante hidráulico), resultado de las máximas crecidas de los ríos o quebradas, y el área que sería cubierta por el desborde del agua.

Utiliza la información disponible a nivel nacional, regional, local y sectorial y la literatura existente sobre los temas relacionados: INEI, MINAG, ANA, INDECI, MINAM, CENEPRED, SENAMHI, CEPLAN, Gobierno Regional, Municipalidad Provincial y/o Distrital, plataformas de defensa civil y/o las organizaciones de usuarios de agua.

Cuando existe información hidrometeorológica (descargas de ríos, precipitación pluvial, etc.), información proveniente de estaciones de aforo de caudales o se dispone de instrumentos de medición de precipitación pluvial, aplica la metodología propuesta

en la “Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas”, disponible en: ([http://www.mef.gob.pe/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/agricultura/GuiaInundaciones.pdf](http://www.mef.gob.pe/inv_publica/docs/instrumentos_metod/agricultura/GuiaInundaciones.pdf)).

Si no dispones de la información para establecer la máxima crecida, señalada en el párrafo anterior, puedes emplear los procedimientos de observación directa de campo o métodos empíricos. En el Anexo 2 puedes encontrar la descripción de esta metodología.

Para el diagnóstico del área de influencia considera, entre otras, las siguientes variables:

**a) Características físicas**

Examina las características geográficas, climáticas, hidrológicas, geológicas, fluviales, etc. Analiza el medio físico, natural, biológico y ecosistemas que podrían ser afectados por el proyecto. Identifica y especifica los peligros que pueden ocurrir en el área de influencia (sismos, inundaciones, socavaciones fluviales, aluviones, huaycos, etc.).

**b) Vías de comunicación**

- Accesibilidad, existencia y condiciones de funcionalidad de los caminos como también de los medios de transporte.
- Distancia y tiempo para llegar al lugar del proyecto a través de diferentes medios de transporte.
- Riesgos que podría confrontar la movilización de los recursos e insumos para ejecutar el proyecto.

**c) Aspectos socioeconómicos**

- Situación socioeconómica de la población, determinando las posibilidades de crecimiento y desarrollo económico.
- Tipos de producción, actividad económica predominante y en qué forma la desarrollan (individual, empresas, cooperativas, otros).
- Indicadores demográficos, niveles de educación, niveles de salud, condiciones del saneamiento, cantidad y calidad de las viviendas, condiciones económicas, niveles de ocupación, entre otros.

**d) Unidades Productoras de bienes y servicios existentes en la zona inundable**

Se busca identificar los “elementos expuestos” al peligro de inundaciones; es decir, las UP que están en el área inundable, tal como se señala a continuación.

■ **Zona rural:**

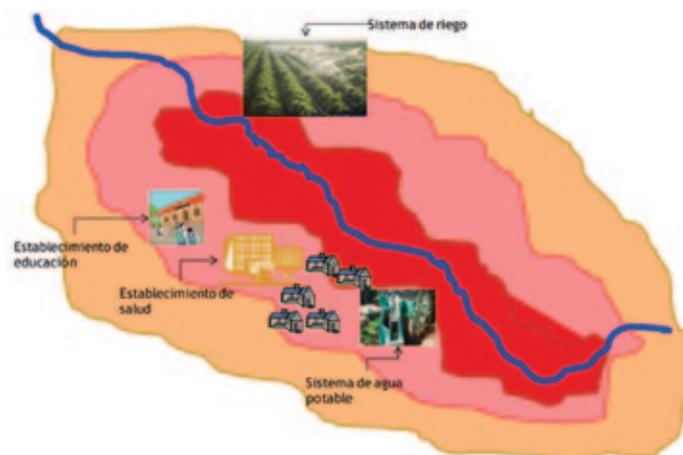
- ▶ Carreteras, especificando si son pavimentadas, afirmadas o trochas carrozables. Señala con precisión el tramo o tramos que están expuestos a inundaciones.
- ▶ Establecimientos de salud e instituciones educativas.
- ▶ Sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Precisa los componentes que se ubican en el área inundable: captación, conducción, tratamiento, almacenamiento o regulación, distribución, etc.
- ▶ Sistemas de abastecimiento de agua para riego. Especifica los componentes que se ubican en el área inundable: captación, conducción, almacenamiento o regulación, distribución, etc.
- ▶ Otras UP.

■ **Zona urbana:**

Establecimientos de salud e instituciones educativas.

- ▶ Sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado. Detalla los componentes que se ubican en el área inundable.
- ▶ Sistema de disposición de residuos sólidos. Precisa los componentes que se ubican en el área inundable (accesos a disposición final).
- ▶ Infraestructura urbana (calles, veredas, etc.). Especifica sus características.
- ▶ Otras UP.

Utiliza ilustraciones (mapas cartográficos o croquis) en los que se visualice el área de influencia y las UP (infraestructura pública) existentes. Ten presente que la UP está expuesta al peligro y podría ser dañada o destruida, generando interrupción de los servicios y sus consecuentes efectos sobre los usuarios.



### 2.1.2 Diagnóstico de los involucrados en el PIP

#### a) Identificación de los involucrados

Analiza los grupos sociales, organizaciones y entidades que serán beneficiados o perjudicados con el proyecto, así como a aquellos que apoyarían la ejecución y posterior mantenimiento. Entre ellos señala a los vinculados con la gestión del riesgo de desastres (plataformas de gestión del riesgo, grupos de trabajo de Defensa Civil, etc.).

Para estimar los beneficios sociales del proyecto necesitamos conocer el número y características de los usuarios de los bienes y servicios que proveen las UP ubicadas en el área inundable, así como las alternativas de acceso a los servicios, en caso se interrumpieran como consecuencia de los daños generados por la inundación.

A partir del contacto directo con los involucrados (trabajo de campo), precisar sus percepciones sobre el riesgo, sus expectativas e intereses, así como su predisposición para participar en el ciclo del proyecto.

## b) Análisis de vulnerabilidad

Después de identificar las Unidades Productoras de bienes y servicios públicos expuestas<sup>8</sup> (ubicadas en el área inundable), determina su propensión a sufrir daños por inundación. Para ello evalúa:

- El grado de exposición, es decir su localización respecto a las áreas inundables. Es importante saber la distancia al cauce del río o la quebrada.
- El nivel de fragilidad, que implica definir el nivel de resistencia frente a la inundación. El diseño y los materiales de la infraestructura son factores que debes analizar, entre otros.
- Resiliencia: capacidad de asimilación o recuperación de los bienes y servicios públicos como consecuencia de los daños y pérdidas generadas por la inundación. Analiza la capacidad de gestión de la organización o entidad que opera la UP para saber si tiene previstas acciones de respuesta en caso de inundación, como mecanismos de alerta temprana, preparación de los usuarios, atención de la emergencia por la interrupción de éstos, rehabilitación y recuperación de los mismos.

También es importante que evalúes las capacidades de las organizaciones vinculadas con la gestión del riesgo (plataformas, comités, entre otras).

Recaba información existente y referencias históricas de la comunidad respecto a anteriores inundaciones y los impactos que ocasionaron.

En caso haya población y/o viviendas en el área de estudio determina cuántas son y sus perspectivas de crecimiento. Es posible que puedan constituirse como beneficiarios indirectos del PIP.

Recurre a censos, proyecciones de población, estadísticas de los sectores, muestreos, diagnósticos, entre otros.

8 Recuerda que nos referimos a establecimientos de salud, instituciones educativas, sistemas de abastecimiento de agua (consumo humano o riego), carreteras, sistemas de recolección y disposición final de residuos sólidos, aguas residuales, etc.

### 2.1.3 Diagnóstico de los servicios de protección contra inundaciones

Los servicios de protección contra inundaciones disminuyen la posibilidad de desbordes de los cuerpos de agua y/o que las inundaciones afecten a las UP.

De existir defensas ribereñas u otros mecanismos de protección frente a inundaciones en el área de influencia, señala las principales características (por ejemplo: tipo, ubicación, longitud, materiales, estado de conservación). Además, evalúa si cumplen con las normas pertinentes y si, en las condiciones en que se encuentran, servirán de protección en una eventual inundación.

Analiza cómo se gestiona el servicio:

- ▶ Describe la organización encargada del mantenimiento. Señala:
  - Los documentos legales con que cuenta (registro de la organización u organizaciones, estatutos, reglamentos, actas, entre otros).
  - El personal y capacidades de los que se dispone.
  - Si existieran, frecuencia de reuniones de los miembros de las organizaciones o asambleas.
- ▶ Señala las acciones de mantenimiento preventivo que se han realizado.
- ▶ Indica si existe presupuesto para el mantenimiento y su fuente de financiamiento.

Acompaña el diagnóstico con evidencias fotográficas.

## 2.2. Definición del problema, sus causas y efectos

### 2.2.1 Definición del problema central

El problema central debe ser planteado sobre la base de las percepciones de los demandantes de los servicios de protección. El análisis realizado sobre los involucrados ayudará a definir el problema.

Problemas típicos	Indicador sin proyecto
UP en riesgo frente a inundaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de instituciones educativas, número de establecimientos de salud, sistema de abastecimiento de agua potable, red de riego, tramos de carreteras, entre otros, ubicados en el área inundable.</li> <li>• Número de usuarios de los servicios públicos cuya infraestructura (parte o todo) está ubicada en el área inundable.</li> <li>• Número de veces que han ocurrido inundaciones anteriormente.</li> </ul>
UP en riesgo acceden a servicios inadecuados de protección frente a inundaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismos de protección frente a inundaciones inadecuadamente ubicados.</li> <li>• Mecanismos de protección frente a inundaciones deteriorados.</li> <li>• Mecanismos de protección frente a inundaciones que no cumplen con las normas técnicas.</li> </ul>

### 2.2.2 Análisis de causas

Las causas responden a los factores del riesgo, vale decir, los peligros, que en este caso son las inundaciones, la exposición y la vulnerabilidad de los servicios y de la población (fragilidad y resiliencia). La identificación y el sustento de las causas se basarán en el diagnóstico realizado a la población afectada y servicios.

La que sigue es una lista de posibles causas relacionadas con los problemas típicos. Ten presente que cada proyecto tendrá causas específicas de acuerdo con la realidad analizada, por ello las que anotamos a continuación no son necesariamente aplicables en todos los casos.

Causas directas	Causas indirectas
Desbordes del agua del río o de las quebradas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insuficiente estabilidad de taludes de las riberas de los cauces por procesos de erosión y socavación.</li> <li>• Reducción de la sección transversal del cauce del río por acumulación de sedimentos y residuos sólidos en el cauce del río.</li> <li>• Incremento del tirante de agua.</li> </ul>
Inadecuada localización de las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento de regulaciones del uso y ocupación del territorio.</li> <li>• Limitadas capacidades de las autoridades para regular o hacer cumplir las regulaciones.</li> <li>• Limitada percepción del riesgo de los involucrados en las fases de preinversión e inversión de los PIP.</li> <li>• Incumplimiento de las normas técnicas sobre localización de servicios públicos.</li> <li>• No está delimitada la Faja Marginal.</li> </ul>
Fragilidad de las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diseño de la infraestructura de los bienes y servicios públicos no ha considerado las probables inundaciones.</li> <li>• Los materiales empleados son inadecuados.</li> </ul>
Baja resiliencia en las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la gestión de los servicios públicos no se considera la ocurrencia de emergencias e interrupción de los servicios.</li> <li>• Conocimiento inoportuno del peligro.</li> <li>• Usuarios de los servicios no están organizados.</li> <li>• Grupos de trabajo de gestión del riesgo de desastres no operan.</li> <li>• La plataforma de gestión del riesgo de desastres no funciona.</li> </ul>

Presenta un cuadro consolidado de las causas sustentado con evidencias inscritas en el diagnóstico<sup>9</sup>. Selecciona solo aquellas causas relevantes que explican el problema, ya sea de manera directa (causas directas) o de manera indirecta (causas indirectas). Observa el siguiente ejemplo.

9

Para mayores orientaciones consultar el numeral 2.3.2 de las “Pautas Generales 2011”.

Causas	Evidencias
Causa directa: desbordes del agua del río o las quebradas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>En los últimos diez años han ocurrido dos inundaciones. Fuente información del SINPAD<sup>10</sup> y la población.</li> </ul>
Causa indirecta: inadecuada localización de las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La institución educativa (IE) y el establecimiento de salud se han construido en áreas inundables.</li> </ul>
Causa indirecta: insuficiente estabilidad de taludes de las riberas de los cauces por procesos de erosión y socavación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dstrucción de taludes en la ribera de los ríos.</li> <li>Fotografías.</li> </ul>
Causa indirecta: incumplimiento de las normas técnicas sobre localización de servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localización de UP en áreas expuestas a inundaciones.</li> <li>Fotografías.</li> </ul>

Muestra las causas directas e indirectas en un esquema de árbol. Esto ayudará a verificar la lógica causal del planteamiento del problema y sus razones. Se recomienda leerlas de abajo hacia arriba.

### 2.2.3 Análisis de efectos

Los efectos del problema central se presentan o pueden presentarse en las UP y en los usuarios de los mismos. Considera que el problema es el riesgo y, por tanto, los efectos son los probables daños o pérdidas que pudieran ocurrir como consecuencia de la inundación. Utiliza información de inundaciones pasadas y asume que en un nuevo evento ocurrirá lo mismo, salvo que exista información sobre posibles efectos distintos.

Ten presente que los efectos del problema se convertirán en los fines del proyecto y, seguidamente, en los beneficios del PIP; por ello debes identificar todos los efectos posibles.

La que sigue es una lista de posibles efectos relacionados con los probables problemas señalados y que no necesariamente son aplicables a todos los casos. Ten presente que cada proyecto tendrá efectos específicos de acuerdo con su ámbito de influencia.

Efectos directos	Efectos indirectos
Daños o destrucción de la infraestructura de las Unidades Productoras <sup>11</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interrupción de los servicios.</li> <li>• Costos de atención de emergencia, rehabilitación y reconstrucción.</li> <li>• Incremento en costos por acceso a servicios.</li> <li>• Costos en los que incurren los usuarios por no disponer del servicio.</li> </ul>
Daños físicos y psicológicos de los usuarios de los bienes y servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de tratamiento de la salud.</li> <li>• Interrupción de actividades.</li> </ul>
Daños o destrucción de viviendas y enseres de los usuarios de los bienes y servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de reparaciones o reposición.</li> <li>• Costos de reposición.</li> </ul>

Presenta un cuadro consolidado de los efectos<sup>12</sup>, sustentados con evidencias inscritas en el diagnóstico. Observa los ejemplos en el siguiente cuadro:

Efectos	Evidencias
Daños o destrucción de la infraestructura de las Unidades Productoras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En dos casos anteriores, el pabellón de aulas de la institución educativa (IE) colapsó y la estructura de captación de agua para riego fue dañada.</li> </ul>
Incremento en los costos de acceso a los servicios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Según encuesta a padres de familia, el 90 % de los alumnos que asisten a la IE dañada irán a otra localidad para recibir el servicio, gastando en pasajes.</li> </ul>
Costos en tratamiento de la salud.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En anteriores inundaciones se incrementó en x % la tasa de morbilidad en malaria y se trataron X pacientes en el establecimiento de salud.</li> </ul>

11 El análisis debe ser específico por UP (institución educativa (IE), sistema de abastecimiento de agua potable, por ejemplo).

12 Para mayores orientaciones consultar el numeral 2.3.3 de las "Pautas Generales 2011".

Es imprescindible que el árbol de efectos lo cierres con un efecto final; vale decir, el efecto negativo que se espera en el mediano o largo plazo si no se soluciona el problema.

Finalmente, construye el árbol de problema, causas y efectos<sup>13</sup>.

## 2.3 Objetivo del proyecto, medios y fines<sup>14</sup>

### 2.3.1 Objetivo central

El objetivo central del PIP es lo que se pretende lograr al finalizar su ejecución. La forma de definir el objetivo central es planteando la solución al problema.

Por ejemplo, observa cómo el problema central se transforma en el objetivo central.

Problemas	Objetivos
UP en riesgo frente a inundaciones.	Se reduce el riesgo de UP frente a inundaciones.
Problemas	Objetivos
UP en riesgo acceden a servicios de protección inadecuados frente a inundaciones.	UP y población en riesgo acceden a servicios de protección adecuados frente a inundaciones.

### 2.3.2 Planteamiento de medios

Los medios para solucionar el problema central se obtienen transformando en positivo cada una de las causas que lo ocasionan.

Las causas directas se transforman en los medios de primer nivel, las causas indirectas (del último nivel) se convertirán en los medios fundamentales.

13 Ver ejemplo en el numeral 2.3.4 de las "Pautas Generales 2011".

14 Consultar el numeral 2.5 de las "Pautas Generales 2011".

Sigue el ejemplo para que observes cómo se definen los medios.

Medios de primer nivel	Medios fundamentales
Se reduce la posibilidad de desbordamientos del agua del río o de las quebradas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilidad de taludes de las riberas de los cauces.</li> <li>• Recuperación de la sección transversal del río por la reducción de acumulación de sedimentos y residuos sólidos del cauce del río.</li> </ul>
Adecuada localización de las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de regulaciones del uso y ocupación del territorio.</li> <li>• Capacidades de las autoridades para regular o hacer cumplir las regulaciones mejoradas.</li> <li>• Mejora en la percepción del riesgo de los involucrados en las fases de preinversión e inversión de los PIP.</li> <li>• Cumplimiento de las normas técnicas sobre localización de servicios públicos.</li> <li>• Faja Marginal delimitada.</li> </ul>
Disminución de la fragilidad de las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diseño de la infraestructura de los bienes y servicios públicos considera las probables inundaciones.</li> <li>• Los materiales empleados son los adecuados.</li> </ul>
Incremento de la resiliencia en las UP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la gestión de los servicios públicos se considera la ocurrencia de emergencias e interrupción de los servicios.</li> <li>• Conocimiento oportuno del peligro.</li> <li>• Usuarios de los servicios están organizados.</li> <li>• Operan los grupos de trabajo de gestión del riesgo de desastres.</li> <li>• Funciona adecuadamente la plataforma de la gestión del riesgo de desastres.</li> </ul>

### 2.3.3 Análisis de fines

Los fines se refieren a las consecuencias positivas que se generarán al alcanzar los objetivos del PIP. Los fines se alcanzarán con la reversión de los efectos del problema. Los efectos directos e indirectos se convierten en fines directos e indirectos, respectivamente, y el efecto final se convierte en el fin último.

Fines directos	Fines indirectos
Disminución de daños o destrucción de la infraestructura pública y privada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provisión de bienes y servicios públicos sin interrupciones.</li> <li>• Costos evitados de atención de emergencia, rehabilitación y reconstrucción.</li> <li>• Costos evitados por disponer del servicio no interrumpido.</li> </ul>
Daños físicos y psicológicos de usuarios de los servicios públicos, evitados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos de tratamiento evitados.</li> <li>• Interrupción evitada de actividades de las personas.</li> </ul>

Ten presente que los fines del proyecto constituyen los beneficios. A partir de los fines indirectos se puede concluir que los beneficios de este tipo de PIP son costos evitados y beneficios que no se pierden.

Finalmente, construye el árbol de objetivos, medios y fines.

## 2.4 Determinación de las alternativas de solución

Las alternativas de solución se plantean sobre la base de los medios fundamentales identificados en el árbol de medios y fines.

### 2.4.1 Análisis de la interrelación de los medios fundamentales

A continuación, se clasifican los medios fundamentales según su relación:

- a) Complementarios: porque resulta conveniente llevarlos a cabo conjuntamente, pueden ser agrupados en un único medio fundamental.
- b) Independientes: porque no se interrelacionan con otros medios.
- c) Mutuamente excluyentes: no pueden ser llevados a cabo al mismo tiempo.

Este paso es importante porque, a partir de los resultados, podrán definirse las alternativas de solución al problema.

### 2.4.2 Identificación de las acciones

Para lograr cada uno de los medios fundamentales se requiere ejecutar acciones factibles de realizar. Estas acciones son factibles cuando:

- a) Se tiene la capacidad física y técnica de llevarla a cabo.
- b) Muestra relación con el objetivo a alcanzar.
- c) Está de acuerdo con las competencias de la institución ejecutora.

Para saber si existen alternativas de solución hay que analizar la interrelación entre las acciones previamente identificadas, establecer si son mutuamente excluyentes y complementarias o independientes. Las acciones mutuamente excluyentes definirán distintas alternativas de solución.

En el ejemplo se han tomado algunos medios fundamentales para plantear posibles acciones.

Medios fundamentales	Acciones	Relación
1. Estabilidad de taludes de las riberas de los cauces.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de muros de encauzamiento.</li> <li>• Construcción de espigones.</li> <li>• Instalación de cobertura vegetal en la Faja Marginal.</li> </ul>	Mutuamente excluyentes.
2. Reducción de acumulación de sedimentos y residuos sólidos en el cauce del río.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de cobertura vegetal en la cuenca alta.</li> <li>• Descolmatación de sedimentos en el cauce.</li> <li>• Norma para prohibir disposición de residuos sólidos en el cauce del río.</li> </ul>	Complementarias.
3. Cumplimiento de regulaciones del uso y ocupación del territorio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difusión de información sobre regulaciones.</li> <li>• Implementación de sistemas de monitoreo y control de la ocupación del territorio.</li> <li>• Normas que prohíban la ocupación en la Faja Marginal.</li> </ul>	Complementarias.

Medios fundamentales	Acciones	Relación
4. Cumplimiento de las normas técnicas sobre localización de servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reubicación de las Unidades Productoras de servicios.</li> <li>• Construcción de diques de defensa para proteger las Unidades Productoras de servicios (longitudinales, perimetrales, espigones).</li> </ul>	Mutuamente excluyentes.

### 2.4.3 Planteamiento de las alternativas de solución

Las alternativas de solución son las distintas posibles agrupaciones de acciones planteadas, de tal forma que cada agrupación solucione el problema. Las alternativas tienen que ser técnicamente posibles, pertinentes y comparables entre sí. Pueden diferir en localización y medidas para alcanzar los medios fundamentales.

En el ejemplo podemos ver que hay dos alternativas de solución que están relacionadas con el cumplimiento de las normas de localización de los servicios públicos y la población.



# MODULO III

## *Formulación* ➤

Planteadas las alternativas de solución del proyecto y las acciones a realizar, se debe ahora organizar y procesar la información de cada alternativa. Esta información constituye el punto de partida para evaluar y seleccionar la mejor opción de solución. Si solo hay una alternativa de solución se organizará la información para evaluar el proyecto.

### 3.1 Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación será definido considerando la duración de la fase de ejecución de las inversiones, al que denominamos “Período 0”, y que puede tener una duración mayor o menor a 1 año y 10 años en la fase de post inversión. Por ejemplo, si la fase de ejecución durase 1 año, el horizonte de evaluación será de 11 años.

### 3.2 Análisis de la demanda<sup>15</sup>

Para estimar y proyectar la demanda debes tener en cuenta los resultados de:

- ▶ Diagnóstico del área de influencia (área inundable), ya que la demanda dependerá de cuál es el área inundable y qué “elementos expuestos” se identificaron.
- ▶ Diagnóstico de involucrados, donde se analizó la fragilidad y resiliencia de los “elementos expuestos”.

#### Estimación y proyecciones de la población demandante y demanda

Las UP en riesgo frente a las inundaciones deben considerarse como población demandante potencial.

Asumiendo que las UP necesitan de los servicios de protección cuando están en riesgo, también se considera como población demandante efectiva.

En este tipo de PIP bastará que se estime la población demandante efectiva, asumiendo que la demanda de cada una es de un servicio de protección.

### **3.3 Análisis de la oferta<sup>16</sup>**

La oferta de servicios de protección es la capacidad que tiene la estructura de protección (de existir) de preservar las Unidades Productoras de bienes y servicios públicos. En el diagnóstico debe haberse evaluado las características y condiciones en las que se encuentra la estructura de protección y a qué UP puede proteger efectivamente.

Sobre la base del análisis anterior señala las UP que estarían protegidas por la estructura existente. En caso la estructura no esté en óptimas condiciones, considera que no hay oferta.

### **3.4 Balance oferta-demanda**

Sobre la base de la información trabajada en los numerales 3.2 y 3.3 de esta Guía, en este tipo de PIP, el balance se efectuará estableciendo las UP que no están siendo protegidas.

Por ejemplo, si se encuentra que hay dos instituciones educativas y, además, el sistema de abastecimiento de agua en riesgo, se considera que hay tres UP que están demandando el servicio. Pero si se ubica una estructura de protección de 0,5 km en condiciones óptimas y que protege a una de las instituciones educativas; entonces, la oferta será protección de una UP y la brecha será servicios de protección para dos UP.

---

16 Se sugiere revisar el numeral 3.3 de las "Pautas Generales 2011".

### 3.5 Planteamiento técnico de las alternativas de solución<sup>17</sup>

En esta etapa se plantea y especifica adecuadamente todas las condiciones, procedimientos y diseños necesarios para implementar cada una de las alternativas. No debe entenderse solamente como la descripción de las características técnicas de estas.

Para cada alternativa se requiere analizar los siguientes aspectos:

#### 3.5.1 Localización

Es un factor esencial en relación con la ubicación de las estructuras de protección o de traslado de la UP en riesgo frente a inundaciones.

La localización de la infraestructura de protección contra inundaciones debe corresponder, principalmente, a la zona establecida en la Faja Marginal para diques longitudinales, muros de encauzamiento y espigones.

La localización de la infraestructura correspondiente a diques perimetrales se puede construir en áreas privadas, pero con la autorización respectiva de los propietarios.

Es importante que se consideren las variables hidrológicas para definir la localización de las estructuras de protección o disponibilidad de terrenos y de agua, si se tratara de cobertura vegetal.

Para las alternativas que plantean el cambio de localización de las UP (o de parte de estas) considera, entre otros factores, disponibilidad de terrenos, de servicios, accesibilidad, salubridad y normas técnicas de los sectores en relación con la localización de los servicios.

#### 3.5.2 Tamaño

Se define a partir de la brecha establecida en el balance oferta-demanda.

En el ejemplo del numeral 3.4 el tamaño del proyecto dependerá de la ubicación de las UP que no están protegidas.

Considera los siguientes criterios para definir el tamaño de la UP de los servicios de protección:

- a) Distribución de las UP en riesgo por desborde en el área de influencia. Estima el nivel o cota de piso de las UP en riesgo en relación a las cotas de tramos críticos (puntos de probables desbordes) del río o quebrada previamente identificados. La diferencia de ambas cotas servirá de indicador para precisar si es necesaria una propuesta estructural y la altura de la misma.

Ejemplo: si la cota del tramo crítico (punto de desborde) es mayor que la cota de piso de la UP en riesgo se requiere una propuesta estructural, y la diferencia de ambas cotas proporciona la altura de la misma. Es a esta a la que se le debe adicionar la seguridad respectiva.

- b) Distribución de las UP en riesgo por procesos de erosión y socavación de la ribera del río o quebrada. Estima el nivel o cota de las huellas, o evidencias de las alturas de agua del río o quebradas (tirantes), en procesos de erosión y socavación cercanas a las UP en riesgo. Esta altura servirá de un indicador para precisar si es necesario una propuesta estructural y la altura de la misma (tirante). La cimentación de la propuesta de estructura estará en función del tipo de protección. Más información en el Anexo 3.
- c) El espesor de las estructuras propuestas para los dos casos anteriores estará en función del tipo de protección y de la velocidad de la corriente del río o quebrada. Más información en el Anexo 3.
- d) La distribución de las UP en riesgo por desborde o por procesos de erosión y socavación de las riberas del río o quebrada. La longitud de las estructuras propuestas para proteger a las UP en riesgo estará en función de los tramos críticos identificados, y la longitud de estos en relación a la ubicación de las UP en riesgo.
- e) Las UP en riesgo también requieren de propuestas no estructurales, cuyas características estarán en función de los resultados del diagnóstico y del análisis del árbol de problemas y objetivos.

### 3.5.3 La tecnología

La tecnología debe ser la pertinente en las etapas de inversión y operación, de acuerdo a las condiciones del área de estudio (clima, suelos, topografía, etc.).

El diseño de la infraestructura debe considerar opciones tecnológicas que sean comparables entre sí, además de usar materiales disponibles, accesibles y apropiados para la zona. Las obras de protección comprenden diques perimetrales, diques longitudinales, muros de encauzamiento y espigones.

Los diques perimetrales están constituidos por material de préstamo u otros, que se disponen rodeando total o parcialmente al perímetro del área donde se ubica la población, bienes y servicios.

Los diques longitudinales son estructuras de material de préstamo u otros, que se disponen a lo largo de las márgenes de los cursos de agua (ríos o quebradas), encauzando las máximas avenidas y protegiendo contra inundaciones a la población, bienes y servicios. Se ubican sobre la Faja Marginal.

Los muros de encauzamiento son similares a los longitudinales, se construyen a ambos lados del cauce y constituyen barreras entre el cauce y las zonas vecinas. Se utilizan cuando no se dispone de áreas para la construcción de las estructuras de protección, generalmente cuando los cauces cruzan las ciudades o pueblos.

Los espigones son obras transversales a la dirección del flujo del agua en el cauce. Se emplean para reducir el cauce extenso de un río y que el agua llegue estable al álveo. Su longitud comprende desde la orilla existente hasta la nueva línea de orilla. Una institución educativa (IE) no será igual en una zona lluviosa que en una seca. Si la localización muestra que la infraestructura está expuesta a algún peligro, verifica que se adopten medidas para reducir el riesgo, las mismas que estarán relacionadas con el diseño, los materiales empleados y las normas técnicas de construcción generales y sectoriales.

Criterios para diseñar las estructuras de protección:

**i) Diques perimetrales, diques longitudinales y espigones**

Para seleccionar el tipo de estructura se considerará la información técnica levantada en el diagnóstico como: área inundable, tirante de agua, delimitación de la Faja Marginal, presencia de socavación y erosión en las riberas, determinación del desborde de agua fuera del cauce, disponibilidad de materiales (roca, cantos rodados, canteras de roca y agregados), conformación topográfica de las riberas, Faja Marginal y área inundable, entre otros. De igual manera, se analizarán las características del suelo (tipo de suelo, granulometría y capacidad portante), topografía del terreno donde se ejecutarán dichas obras.

Posteriormente, se precisarán la longitud y altura, diseño estructural y geométrico, definiéndose principalmente las dimensiones de la cimentación (profundidad, ancho), volumen de la estructura, forma geométrica, plano de ubicación, plano de planta y secciones transversales (ancho de base y corona, altura del tirante de agua, altura del bordo libre, talud, entre otros). Se elaborará el plano de acotación de los niveles topográficos de la estructura y obras complementarias.

En el caso de los diques perimetrales, si es que se va a disponer de propiedad privada, además de contar con la autorización del propietario, se debe tener la aprobación de la autoridad del Gobierno Local correspondiente.

En el caso de los espigones, es necesario detallar la longitud correspondiente a empotramiento o anclaje y longitud de trabajo ubicado en el cauce; la orientación de los espigones en relación a la dirección del flujo de agua, la cantidad de espigones y el distanciamiento entre ellos.

**ii) Muros de encauzamiento**

Su diseño corresponde a ambas márgenes del cauce y se establecerán, de ser necesario, los refuerzos. Especifica las cotas o niveles de estructuras cercanas a los muros de encauzamiento.

### 3.5.4 Momento del inicio de la ejecución

La infraestructura de protección debe ejecutarse en el período de abril a noviembre, ya que en esa época, en nuestro país, no ocurren descargas de agua en los cauces ni precipitaciones pluviales.

En el período de noviembre a marzo deben realizarse las acciones previas a la ejecución, como los procedimientos de licitaciones, concursos y también la suscripción de contratos para la ejecución y la supervisión.

### 3.5.5 El análisis del riesgo de desastres

Aún cuando este tipo de PIP constituye una medida de reducción de riesgos de desastres frente a inundaciones, se debe evaluar si la estructura de protección o la cobertura vegetal considerada en la alternativa seleccionada protege de otros peligros a los que pudiesen estar expuestos.

De igual forma, se requiere evaluar las capacidades de las UP para recuperarse de los efectos de la inundación, si es que ésta se diera como consecuencia de variables o situaciones no previstas cuando se planteó el PIP.

### 3.5.6 Descripción de las alternativas

Presenta una breve descripción de cada una de las alternativas precisando aspectos de tamaño, localización, tecnología, monto de inversión, entre otros.

## 3.6 Costos a precios de mercado

El objeto en esta etapa de la formulación es determinar tanto los costos de inversión, como de operación y mantenimiento de cada alternativa de solución, a precios privados o de mercado. Se deberá incluir los costos asociados a las medidas de reducción de riesgos (MRR) del PIP, de ser el caso, y la mitigación de los impactos ambientales negativos.

Los costos están dados por:

- ... Costos de inversión: estudios definitivos o expediente técnico, obras civiles, adquisición de terrenos, supervisión, costos de organización.
- ... Costos de mantenimiento: los costos pertinentes para la evaluación son solo los incrementales, es decir, aquellos que resultan de comparar las situaciones “con proyecto” y “sin proyecto”. Por tanto, se requiere definir la situación base de comparación o situación “sin proyecto”.

### 3.6.1 Costos en la situación “sin proyecto”

Los costos en la situación “sin proyecto” están conformados por todos los costos en los que se seguirá incurriendo de no ejecutarse el proyecto.

Determina los costos actuales de la gestión de los servicios de protección existentes (costos de mantenimiento). Evalúa, como base del cálculo, los gastos de ejercicios de años anteriores, considerando gastos de personal, de administración y de herramientas.

En caso no haya servicio de protección en la situación actual, los costos “sin proyecto” deben considerarse igual a cero.

### 3.6.2 Costos en la situación “con proyecto”

#### a) Inversiones

Los costos en inversiones son aquellos en los que se incurre en la fase de ejecución del proyecto. De manera referencial, un proyecto de servicios de protección puede incluir los siguientes costos de inversión:

- Adquisición de terrenos.
- Preparación o habilitación del terreno.
- Construcción y/o mejoramiento de estructuras de protección.

**b) Costos de mantenimiento de cada alternativa**

Los costos de mantenimiento se inician con la puesta en funcionamiento del proyecto y se generan durante toda su vida útil. Estos se calculan anualmente e incluyen, entre otros, mano de obra, materiales, herramientas y equipos.

**3.6.3 Flujo de costos incrementales a precios de mercado**

Con los flujos totales de los costos de inversión, operación y mantenimiento se calculan los costos incrementales, considerando la diferencia entre la situación “con proyecto” menos la situación “sin proyecto”, a precios privados o de mercado.



# MÓDULO IV

## *Evaluación* >

### 4.1 Evaluación social

#### 4.1.1 Beneficios sociales<sup>18</sup>

Los beneficios sociales del proyecto, en términos del bienestar que generan a la sociedad, se miden a través de los costos que se evitarían, en caso de ocurrir una inundación en el área de influencia o inundable, donde se ubican las UP. Su estimación se basará en la información analizada en el diagnóstico.

En el caso de UP los beneficios sociales se darían, entre otros, por los siguientes conceptos:

- a) Costo evitado de atención de la emergencia (provisión temporal del servicio por otras formas alternativas).
- b) Costo evitado de la rehabilitación y reconstrucción de la UP.
- c) Beneficios directos no perdidos.
- d) Costo evitado por efectos indirectos de la interrupción del servicio (gastos en tratamiento de enfermedades generadas por la no disponibilidad de agua potable, por ejemplo).

Facilita la identificación de los beneficios y analiza los efectos directos e indirectos de la interrupción del servicio por daños a la UP. El análisis debe hacerse a cada servicio proporcionado por dichas unidades.

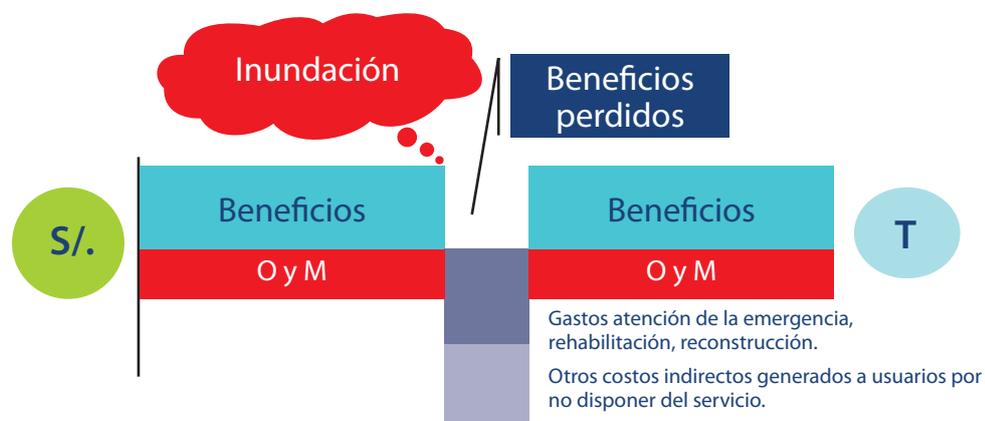
Una interrogante pertinente sería cuándo podría ocurrir la inundación y, otra, cuál sería la magnitud de los daños. En recientes publicaciones, donde se analiza la

rentabilidad social de las medidas de reducción de riesgos de desastres (MRRD)<sup>19</sup>, se propone evaluar bajo la hipótesis de que la inundación ocurrirá a la mitad del horizonte de evaluación del PIP, es decir, en el año 5, si es que no se ha podido estimar la recurrencia sobre la información de eventos pasados.

En ese contexto, el flujo en la situación de una inundación sería el que se presenta en el gráfico siguiente.

Gráfico 1

**Perfil de beneficios y costos en una Unidad Productora de servicios en la situación “sin proyecto”**



En caso hubiera personas que habitan en el área inundable y que se beneficiarían indirectamente con el PIP, considera que estas podrían sufrir accidentes, fallecer y que sus viviendas y enseres podrían experimentar daños (parciales o totales). En este caso, los beneficios sociales se darían, entre otros, por los siguientes conceptos:

- a) Costo evitado de atención de la emergencia.
- b) Costo evitado de reparaciones y reconstrucción.

19 Revisar: (a) Evaluación de la rentabilidad social de las medidas de reducción del riesgo de desastres en los PIP (2010). MEF-GIZ y (b) Sistema Nacional de Inversión Pública y Cambio Climático. Una estimación de los costos y los beneficios de implementar medidas de reducción de riesgos (2010). MEF-MINAM-GIZ, pág. 29 a 38. Página Web del MEF, Inversión Pública/Documentación/documentos de interés. [http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/documentos/MEF5-ABCreducciondriesgosVf.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/MEF5-ABCreducciondriesgosVf.pdf)

- c) Costo evitado por efectos indirectos de la inundación (gastos en tratamiento de enfermedades generadas por la proliferación de vectores, por ejemplo).

La información para la estimación provendrá del diagnóstico, particularmente del diagnóstico de los involucrados.

#### 4.1.2 Costos sociales<sup>20</sup>

Los precios privados no reflejan situaciones de eficiencia económica debido a distorsiones del mercado, por la presencia de impuestos, subsidios, monopolios, oligopolios, entre otros. Por tanto, es necesario corregir los costos del proyecto para pasarlos de precios de mercado a precios sociales, aplicando factores de corrección. Entonces, de acuerdo a la premisa anterior:

$$\text{Costo social} = \text{costo a precios privados} \times \text{factor de corrección}$$

Para simplificar el proceso de cálculo se han establecido factores de corrección para cada tipo de componente, los mismos que se muestran a continuación:

- a) **Inversiones**  
Para ajustar, de manera práctica, los costos de los componentes de inversión del PIP de precios de mercado a precios sociales se puede utilizar el factor de corrección de 0,85. No obstante, si el formulador lo considera pertinente, puede realizar los ajustes de manera desagregada por componentes, aplicando los factores de corrección correspondientes<sup>21</sup>.
- b) **Costos de mantenimiento**  
Para efectos prácticos, se puede utilizar un factor de ajuste promedio de 0,85 para convertir, en forma agregada, el costo incremental anual de mantenimiento de precios de mercado a precios sociales. **Costos incrementales a precios sociales.**

20 Revisar el numeral 4.1.2 de las "Pautas Generales 2011".

21 De acuerdo al Anexo SNIP 10.

Para la evaluación del proyecto se requiere establecer los costos incrementales de inversión y mantenimiento. Estos resultan de la diferencia entre los costos de la situación “con proyecto” y “sin proyecto”.

### 4.1.3 Flujos incrementales para la evaluación social

La situación “sin proyecto” es aquella en la que ocurre la inundación, generando daños y pérdidas que se han podido apreciar en el gráfico anterior.

En la situación “con proyecto” se considerarán los costos sociales de inversión y mantenimiento. Se asume que se reducirían los daños y pérdidas porque se instalarían o mejorarían los servicios de protección o porque se cambiaría la localización de los “elementos expuestos”.

En este sentido, los beneficios de los bienes y servicios públicos no se interrumpirían y no se generarían los costos que se detallaron en el numeral 4.1. El flujo con proyecto sería el siguiente:

Gráfico 2

#### Flujos incrementales de beneficios y costos sociales en la situación “con proyecto”



Esto implica que, en virtud a las inversiones en medidas de protección (así como los costos de operación y mantenimiento), los bienes y servicios que proporcionan las UP en riesgo serían sostenibles a lo largo de su período de vida útil.

Finalmente, los flujos incrementales con los cuales se evaluaría la rentabilidad social del PIP serían:

Gráfico 3

**Flujos incrementales de beneficios y costos sociales atribuibles al proyecto**



Como puedes apreciar, el PIP tendrá como beneficios los costos evitados (liberación de recursos) tanto para las UP como para los usuarios de los bienes y servicios que estas proporcionan; así como los beneficios que continuarán recibiendo los usuarios al no interrumpirse la provisión de bienes y servicios.

**4.1.4 Metodología de evaluación social<sup>22</sup>**

Para determinar la rentabilidad social de este tipo de PIP, o de sus alternativas, se aplica la metodología Beneficio Costo. Los indicadores de rentabilidad social serán el Valor Actual Neto Social (VANS), la Tasa Interna de Rentabilidad Social (TIRS) y el ratio de Beneficio Costo (BC). La tasa social de descuento vigente es de (9 %).

El proyecto o la alternativa será rentable socialmente:

- a) Si el VANS es = o > que 0.
- b) Si la TIRS es = o > a la tasa social de descuento.
- c) Si el ratio BC es = o > 1.

Estos valores nos indican que los costos del PIP (que son medidas de reducción de riesgos) son compensados por los costos evitados y los beneficios no perdidos.

## 4.2 Análisis de sensibilidad

Considerando que hay incertidumbre en algunas variables que sirven de base para estimar los beneficios y costos sociales, el análisis de sensibilidad se torna crítico para identificar las variables cuyos cambios pueden hacernos modificar la decisión respecto a la selección de una alternativa o la rentabilidad social del PIP.

Las variables que pueden generar mayor incertidumbre son: el momento -dentro del horizonte de evaluación del PIP- en que ocurriría la inundación, el área que sería inundada, la magnitud de los daños y la efectividad de las medidas. Estas afectarán principalmente a los beneficios.

Veamos un caso donde se efectúa el análisis de sensibilidad al tiempo de ocurrencia de la inundación. Primero se asume que ocurriría en el año 5 (100 % de probabilidad de ocurrencia el año 5), luego que podría darse entre los años 6 a 10 (20 % de probabilidad de ocurrencia cada año) y finalmente en el año 10 (100 % de probabilidad de ocurrencia el año 10). De los resultados del análisis de estas tres situaciones se concluye que el PIP será rentable aún si la inundación ocurriera en el año 10. Observa el gráfico siguiente:

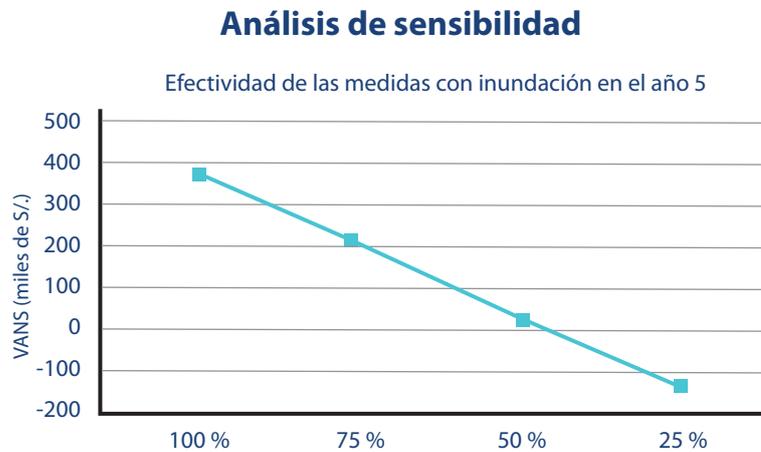
Gráfico 4



Recuerda que si la situación en la que estás prevé la ocurrencia de la inundación en cualquiera de los últimos cinco años del horizonte de evaluación, los costos evitados de cada año serán el 20 % del riesgo total estimado.

Otra variable que se analizó en el ejemplo fue la efectividad de la medida de reducción de riesgos, en este caso se asume que la inundación ocurre en el año 5 y varía el nivel de efectividad de la medida. Si esta es de 45 %, el VANS se vuelve negativo. Ante esta situación, se debe verificar las características técnicas de diseño para asegurarse de que proteja con un 100 % de efectividad o un nivel cercano a este. Observa el gráfico siguiente.

Gráfico 5



### 4.3 Análisis de sostenibilidad

Demuestra que se han incorporado o efectuado las provisiones para garantizar, con la mayor certidumbre posible, que el proyecto generará los beneficios esperados a lo largo de su vida útil. Entre otros, se considerarán los siguientes temas:

#### 4.3.1 Arreglos institucionales para las fases de inversión y operación

Indica todas las consideraciones que deben tenerse en cuenta, desde el punto de vista institucional y de gestión, para lograr el éxito del proyecto.

Menciona los roles y competencias de los participantes del proyecto, así como su compromiso, que permitan garantizar la sostenibilidad del mismo.

Los actores involucrados del proyecto deben estar claramente identificados, señalando los compromisos de cada uno de ellos, los que deben demostrarse mediante algún documento: (i) convenios, (ii) disponibilidad de recursos, (iii) compromisos de compra y venta, si fuera pertinente.

#### 4.3.2 Organización y gestión

##### ▶ Fase de inversión

Incluye información acerca de la capacidad de gestión de la unidad encargada de la ejecución del proyecto. Enfatiza en los siguientes aspectos: experiencia institucional en la ejecución de este tipo de proyectos, existencia de suficientes recursos humanos con calificación adecuada, disponibilidad de recursos económicos, equipamiento, apoyo logístico, etc.

##### ▶ Fase de post inversión

Evalúa la capacidad de gestión de los promotores o responsables del proyecto, analizando la organización necesaria para la operación y el mantenimiento respectivo.

#### 4.3.3 Esquema de financiamiento de la inversión

Indica las posibles fuentes de financiamiento y su nivel de participación en las inversiones del proyecto. Entre ellas pueden figurar el Gobierno Nacional, los Gobiernos Regionales y los Gobiernos Locales.

Señala las condiciones del financiamiento, especificando si se trata de recursos ordinarios, recursos determinados, transferencias, recursos propios, donaciones o préstamos. En este último caso, especifica las posibles condiciones financieras.

En caso haya aportaciones en especies (mano de obra, materiales, herramientas, etc.) efectúa una valorización de dichos aportes para saber, de manera integral, el financiamiento del proyecto.

#### 4.3.4 Participación de los beneficiarios

Indica los momentos y formas de participación de los beneficiarios del proyecto, desde la etapa de identificación hasta la fase de mantenimiento. Por ejemplo:

- a) En la fase de preinversión: participación en la identificación del problema y selección de alternativas.
- b) En la fase de inversión: participación con mano de obra no calificada, acarreo de materiales, dinero.
- c) En la fase de mantenimiento: participación en las acciones establecidas.

#### 4.3.5 Los probables conflictos que se pueden generar

En caso se haya identificado posibles conflictos con algún grupo social, ya sea porque se opone a la ejecución del proyecto o porque se siente perjudicado por este, se deberán señalar las medidas que se han adoptado o se adoptarán para resolver los conflictos o minimizarlos. Especifica cuáles son esas medidas.

#### 4.3.6 Los riesgos de desastres

Considera que el PIP es una medida para la reducción de riesgos de desastres, por lo que deberán adoptarse las previsiones para que no sea afectado por otros peligros o colapse ante un fuerte caudal del río o la quebrada.

### 4.4 Impacto ambiental

Identifica los impactos ambientales posibles del proyecto en las etapas de ejecución (construcción) y de operación (funcionamiento), proponiendo las medidas para prevenir o mitigar los impactos ambientales negativos y fortalecer los positivos. Para el efecto, se considerarán las normas del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental, concordadas con las del Sistema Nacional de Inversión Pública<sup>23</sup>.

23

[http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/documentos/ambiente/rm\\_052\\_2012\\_minam\\_concordancia\\_SEIA\\_SNIP.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/ambiente/rm_052_2012_minam_concordancia_SEIA_SNIP.pdf)

Es importante establecer los costos de las medidas de mitigación necesarias, a fin de incluirlas como parte del presupuesto del proyecto y que se consideren en la evaluación del mismo.

#### **4.5 Selección de alternativas**

Selecciona la alternativa más favorable con base en la evaluación económica de las alternativas analizadas, el análisis de sensibilidad y la evaluación del impacto social.

#### **4.6 Organización y gestión**

En el marco de los roles y funciones que deberá cumplir cada uno de los actores que participan en la ejecución (Gobiernos Local, Regional o Nacional), así como en el mantenimiento del proyecto, se deben analizar sus capacidades técnicas, administrativas y financieras para poder efectuar las funciones asignadas.

Se deberá recomendar la modalidad de ejecución (por contrata, administración directa) más apropiada para cada uno de los componentes de la inversión, sustentando los criterios utilizados.

En aquellos proyectos que contemplen la ejecución de obras por administración directa se deberá sustentar que la unidad ejecutora, responsable de su ejecución, cuente con el personal técnico-administrativo, los equipos necesarios y la capacidad operativa para asegurar el cumplimiento de las metas previstas. La entidad debe demostrar que el costo total de la obra por ejecutarse por administración directa será menor del que costaría si se realizara por contrata, tomando como referencia costos de proyectos similares.

#### **4.7 Cronograma de ejecución del proyecto**

Presenta el cronograma de ejecución física y financiera que permitirá monitorear la ejecución de las actividades programadas del proyecto. Indica el tiempo en que se estima realizar cada una de las actividades previstas de las alternativas analizadas. La temporalidad puede ser expresada en términos de meses o años, según el tipo de proyecto presentado.

## 4.8 Matriz del marco lógico (MML)

El marco lógico es un resumen ejecutivo de la alternativa seleccionada que permite verificar la consistencia del proyecto, así como la evaluación *ex post* del PIP. En esta matriz se muestran los objetivos del proyecto, sus metas expresadas cuantitativamente (indicadores), las fuentes de información que pueden proporcionar la situación sobre el avance en dichas metas (medios de verificación) y los aspectos no manejados por el proyecto que podrían afectarlo (supuestos).

Mayor orientación relacionada a la elaboración de la matriz del marco lógico se puede encontrar en las “Pautas para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública, a nivel de perfil”, publicada en marzo de 2011.

A continuación, se presenta a manera de ejemplo una matriz de marco lógico para un proyecto de carácter referencial y no responde a un PIP en particular.

### Matriz de marco lógico: caso de protección de servicios de riego

	Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
FIN	Los ingresos de los usuarios del sistema de riego no se reducen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desde el primer año de operación del PIP, el 100 % de los cultivos establecidos en el área de influencia no son afectados por falta de agua para riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuestas a los usuarios del sistema de riego.</li> <li>Reportes de la plataforma de defensa civil.</li> </ul>	
PROPÓSITO	Se reduce el riesgo del sistema de riego frente a las inundaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La estructura de captación y el canal principal en el tramo ubicado en el área inundable del sistema de riego están protegidas desde el primer año de operación del PIP.</li> <li>La estructura de protección se mantiene en buen estado desde el primer año de operación del PIP.</li> <li>La cobertura vegetal en la ribera se mantiene desde el primer año de instalación de las plantas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informes de la plataforma de defensa civil.</li> <li>Verificaciones en campo de estructura y cobertura vegetal.</li> <li>Reportes anuales de mantenimiento realizado a la estructura de protección y cobertura vegetal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se mantiene el interés de los involucrados por disponer de medidas que reduzcan el riesgo.</li> </ul>

	Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
<b>COMPONENTES</b>	1. Estabilidad de taludes de las riberas del cauce del río.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al finalizar la ejecución del proyecto se dispone de muros de encauzamiento en una longitud de 1,0 km.</li> <li>A partir del tercer año de inicio de operaciones del PIP se ha recuperado la cobertura vegetal en la ribera en un tramo de 300 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe de cierre del PIP.</li> <li>Resolución de liquidación técnica y financiera de la obra.</li> <li>Actas de recepción de área con cobertura vegetal instalada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se cumple con el plan de mantenimiento de la estructura.</li> <li>Se cumple con el plan de manejo de la cobertura vegetal.</li> </ul>
	2. Suficiente capacidad de conducción del agua por el cauce del río.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al finalizar la ejecución del PIP se ha incrementado la capacidad del cauce del río en 1 m.</li> <li>Desde el primer año de operación del PIP se prohíbe la disposición de residuos sólidos y material de desecho (desmonte) en el cauce del río.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificación en campo.</li> <li>La municipalidad ha emitido ordenanza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se realizan acciones para evitar la acumulación de sedimentos.</li> <li>La municipalidad realiza las acciones de control y seguimiento del cumplimiento de las prohibiciones.</li> </ul>
	3. Estructura de captación y tramo del canal principal son resistentes a peligros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desde el primer año de operación del PIP la estructura de captación es resistente a fuertes caudales.</li> <li>Desde el primer año de operación del PIP el tramo expuesto del canal principal es resistente a inundaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informes técnicos especializados realizados anualmente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se efectúa el mantenimiento y las acciones que recomiendan los informes técnicos.</li> </ul>
	4. Junta de usuarios de riego preparada para la emergencia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desde el primer año de operación del PIP los integrantes de la junta de usuarios de riego sabe cómo actuar en caso de una emergencia en el sistema de riego.</li> <li>Desde el primer año la junta de usuarios dispone de un protocolo de actuación en caso de una emergencia en el sistema de riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encuestas a integrantes de la junta de usuarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La capacitación se realiza periódicamente cuando se cambia a los integrantes de la junta de usuarios.</li> </ul>

	Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
ACCIONES	1.1 Construcción de muros de encauzamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de muros de encauzamiento en una longitud de 1,0 km con un costo de S/. XXX.</li> <li>• Instalación de cobertura vegetal en tramo de 300 m con un costo de S/. XXX.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes de supervisión.</li> <li>• Informes de liquidación de obra.</li> <li>• Comprobantes de pago.</li> <li>• Informes administrativos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad oportuna de recursos financieros.</li> <li>• Existen proveedores de bienes y servicios requeridos para el PIP con capacidad de suministrarlos en tiempo oportuno.</li> </ul>
	2.1 Remoción de sedimentos y residuos sólidos en cauce del río.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de 35 000 m<sup>3</sup> de sedimentos acumulados en el cauce con un costo de S/. XXX.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes de supervisión.</li> <li>• Informes de liquidación de obra.</li> <li>• Informes administrativos.</li> </ul>	
	3.1 Diseño de la estructura de captación y canal principal adecuado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración del expediente técnico a un costo de S/. XXX.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes de supervisión.</li> <li>• Informes de aprobación del expediente.</li> <li>• Comprobantes de pago.</li> </ul>	
	4.1 Integrantes de la junta de usuarios conocen cómo actuar en emergencias del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de dos cursos de capacitación a un costo de S/. XXX.</li> <li>• Elaboración de protocolo para casos de emergencias a un costo de S/. XXX.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de capacitaciones realizadas.</li> <li>• Informes de supervisión.</li> <li>• Comprobantes de pago.</li> </ul>	



# MÓDULO V

## *Conclusiones y recomendaciones* >

---

Se debe demostrar sucintamente la pertinencia del PIP para solucionar el problema, la viabilidad técnica de la alternativa seleccionada, la rentabilidad social (VANS, TIRS) y la sostenibilidad.

Se podrán sugerir acciones complementarias para mejorar el estudio y garantizar el logro de los objetivos del proyecto.

Se deben recomendar las acciones a realizar después de la aprobación del perfil y si se requiere de un estudio a nivel de factibilidad para efectos de declarar la viabilidad del proyecto, dentro del marco del SNIP.



# MÓDULO VI

## *Anexos* >

---

Incluir información documentaria que se considere pertinente y aquella que permita precisar o sustentar los aspectos analizados en el estudio del perfil.



# Anexo 1

## Normas y políticas relacionadas con la gestión del riesgo de desastres

Instrumento de política/gestión	Especificación
Marco de Acción de Hyogo – MAH (2005-2015).	Primer objetivo estratégico: La integración más efectiva de las consideraciones del riesgo de desastres en las políticas, los planes y los programas del desarrollo sostenible a todo nivel.
Acuerdo Nacional Perú.	Política de Estado 32: Gestión del Riesgo de Desastres. c) Priorizará y orientará las políticas de estimación y reducción del riesgo de desastres en concordancia con los objetivos del desarrollo nacional contemplados en los planes, políticas y proyectos de desarrollo de todos los niveles de gobierno.
Ley Nro. 29338 - Ley de Recursos Hídricos.	<p>Artículo 74: Faja Marginal. En los terrenos aledaños a los cauces naturales o artificiales se mantiene una Faja Marginal de terreno necesaria para la protección, el uso primario del agua, el libre tránsito, la pesca, caminos de vigilancia u otros servicios.</p> <p>Artículo 119: Programas de control de avenidas, desastres e inundaciones. La Autoridad Nacional del Agua, conjuntamente con los Consejos de Cuenca respectivos, fomenta programas integrales de control de avenidas, desastres naturales o artificiales y prevención de daños por inundaciones o por otros impactos del agua y sus bienes asociados, promoviendo la coordinación de acciones estructurales, institucionales y operativas necesarias.</p>
D.S. Reglamento de la Ley Nro. 29338 – Ley de Recursos Hídricos.	<p>Título V, Capítulo III: Cauces, riberas y Fajas Marginales. Artículo 118: La Autoridad Administrativa del Agua, en coordinación con el Ministerio de Agricultura, Gobiernos Regionales, Gobiernos Locales y organizaciones de usuarios de agua promoverá el desarrollo de programas y proyectos de forestación en las Fajas Marginales para su protección de la acción erosiva de las aguas.</p> <p>Título XI, Capítulo I, Capítulo II: Programas integrales del control de avenidas. Artículo 263: La Autoridad Nacional del Agua definirá y pondrá a disposición de los Gobiernos Regionales y Locales los criterios generales y caudales de los ríos que se utilizarán para el dimensionamiento de las obras que se proyecten en los programas de control de avenidas, desastres e inundaciones y otros proyectos específicos.</p>

Instrumento de política/gestión	Especificación
<p>Resolución Jefatural Nro. 300-2011 ANA – Reglamento para la delimitación y mantenimiento de Fajas Marginales en cursos fluviales y cuerpos de agua naturales y artificiales.</p>	<p>Artículo 5.2: La delimitación de la Faja Marginal tiene por objeto establecer las dimensiones y localización de áreas y espacios destinados para las actividades y usos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección de los cursos fluviales y cuerpos de agua.</li> <li>• Vías de libre tránsito, caminos de acceso, vigilancia y/o mantenimiento de los cursos fluviales y cuerpos de agua.</li> <li>• Áreas y accesos para las presas, reservorios, embalses, obras de captación y derivación, canales de riego, obras de drenaje, entre otros.</li> </ul>
<p>Ley Nro. 29664 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).</p>	<p>Artículo 8: Objetivos del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.</p> <p>a. La identificación de los peligros, el análisis de las vulnerabilidades y el establecimiento de los niveles de riesgo para la toma de decisiones oportunas en la gestión del riesgo de desastres.</p> <p>d. La prevención y la reducción del riesgo, evitando gradualmente la generación de nuevos peligros y limitando el impacto adverso de los mismos, a fin de contribuir al desarrollo sostenible del país.</p>
<p>D.S. Reglamento de la Ley Nro. 29664 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).</p>	<p>Título II, Capítulo II: Grupos de Trabajo y Plataformas de Defensa Civil.</p> <p>18.1. Los grupos de trabajo coordinan y articulan la gestión prospectiva, correctiva y reactiva en el marco del SINAGERD.</p> <p>19.1 Las Plataformas de Defensa Civil son espacios permanentes de participación, coordinación, convergencia de esfuerzos e integración de propuestas, que se constituyen en elementos de apoyo para la preparación, respuesta y rehabilitación.</p>
<p>Plan de Desarrollo Regional Concertado.</p>	<p>Objetivo 7: La incorporación de la Gestión de Riesgos de Desastres en los procesos de planificación del desarrollo y en el ordenamiento territorial.</p>
<p>Plan de Desarrollo Local Concertado.</p>	<p>Objetivo 12: La prevención y reducción del riesgo a fin de contribuir al desarrollo sostenible de la localidad.</p>
<p>Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública – Directiva Nro. 001-2011 -EF/68.01.</p>	<p>Artículo 20°: Declaratoria de Viabilidad.</p> <p>La viabilidad de un proyecto es un requisito previo a la fase de inversión. Se aplica a un Proyecto de Inversión Pública que a través de sus estudios de preinversión ha evidenciado ser socialmente rentable, sostenible y compatible con los Lineamientos de Política y con los Planes de Desarrollo respectivos.</p>

## Anexo 2

### Procedimiento para establecer la máxima crecida

#### Introducción

Cuando no se dispone de la información hidrometeorológica (descargas de ríos, precipitación pluvial, etc.), así como información proveniente de estaciones de aforo de caudales o de medición de precipitación pluvial, se pueden emplear los siguientes procedimientos: observación directa de campo o métodos empíricos.

#### 1. Observación directa de campo

Este procedimiento se aplica en cursos y cuerpos de agua en los cuales el régimen hidrológico es intermitente o transitorio (períodos sin descargas de agua) y carentes de registros históricos, con cauces naturales, sin estructuras de encauzamiento o defensas ribereñas.

La delimitación del cauce o álveo y las Fajas Marginales se realizará con base en la observación directa de las evidencias físicas válidas, encontradas en las secciones del curso fluvial o cuerpo de agua, así como por las referencias proporcionadas por experiencia de los pobladores de las zonas de ocurrencia de las máximas avenidas.

Con este método se debe identificar la Faja Marginal<sup>24</sup>, así como el tirante de agua de su máxima creciente. Para definir el área de influencia o área inundable, el nivel topográfico del tirante de agua de la máxima creciente se debe proyectar horizontalmente, a ambos márgenes del cauce y deberá ser establecido mediante hitos de concreto, con equidistancia adecuada entre ellos, que permita definir la línea de contorno del área inundable.

#### 2. Métodos empíricos

La determinación del caudal de máxima avenida se realiza a través de métodos expeditivos establecidos en los estudios hidrológicos, que se basan en las características de la cuenca hidrográfica donde se ubica el río o la quebrada.

Es por eso que debe tenerse en cuenta las limitaciones de los mismos, ya que como son una generalización surgida del análisis de un gran número de casos, las condiciones particulares del estudio pueden provocar divergencias importantes en los resultados.

Las fórmulas utilizadas son del tipo:

$$Q = C x I^n x A^m$$

Donde:

Q = Caudal máximo de crecida (m<sup>3</sup>/sg)

C = Coeficiente de escorrentía

A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

I = Intensidad de lluvia en mm/hr

n, m = parámetros según la fórmula utilizada

Las fórmulas son las denominadas: Método Racional, Envolvente Creager, Método de Mac Math, etc.

Como ejemplo podemos utilizar el Método Racional:

$$Q = 0,278 x C x I x A$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en m<sup>3</sup>/sg

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en mm/hr

A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

n, m = son 1,1 respectivamente

*Tabla 1*

**Coefficiente de escorrentía método racional**

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		> 50 %	> 20 %	> 5 %	> 1 %	< 1 %
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

El método empírico permite calcular el caudal máximo de crecida y, posteriormente, se debe establecer la sección transversal con la determinación de las secciones topográficas transversales al cauce, se fija el tirante de agua para la crecida, cuyo nivel topográfico permite definir el área de inundación en ambas riberas.

Para la determinación del Ancho Estable (B) del cauce, así como el cálculo del tirante hidráulico (Y), ancho (T), área transversal (A), se recomienda aplicar el manual de Diseño de Defensas Ribereñas, disponible en la página Web de la Autoridad Nacional del Agua (<http://www.ana.gob.pe/media/280693/manual%20river.pdf>).

El diseño geométrico y estructural de las obras para considerar al servicio de protección de las obras públicas expuestas a inundaciones, comprende:

- ... Establecer inicialmente la Faja Marginal, sobre la cual se ubicarán las obras.
- ... En el emplazamiento propuesto de estructuras de protección se debe evaluar la ocurrencia de: i) socavación y erosión de riberas y/o ii) capacidad de desborde de las avenidas a las áreas vecinas. En los casos de riberas estables sin presencia de erosión (cauce de roca maciza u otro), se debe considerar solo el diseño para contener los desbordes, determinándose el tirante de agua y el bordo libre con el establecimiento de la altura de las obras.
- ... El tipo de obras a considerarse está en función de: la topografía, los materiales disponibles en la zona, los costos, etc. Las estructuras de protección pueden ser muros o diques.
- ... Los muros pueden ser: i) gravedad: concreto ciclópeo, mampostería, gaviones, enrocados, etc., y ii) muros en voladizo de concreto armado.

## Anexo 3

### Estructuras de protección contra inundaciones en ríos

#### 1. Estructuras longitudinales

Son estructuras construidas directamente sobre las riberas o Faja Marginal de un río y orientadas paralelamente al flujo, con el objetivo de que las líneas de corriente, con una determinada velocidad, no puedan arrastrar materiales de las riberas o Faja Marginal. La principal forma de protección a lo largo del río se da con revestimientos que pueden ser rígidos o flexibles. La experiencia indica que el comportamiento de elementos flexibles es mejor ante procesos de socavación general o local, asentamientos y/o problemas estructurales.

Estas obras de protección requieren:

- ... Conformación de la ribera con una pendiente estable.
- ... De ser necesario, propuesta de drenes para reducir los efectos de la saturación y las fuerzas de filtración.
- ... Revestimientos de los taludes con materiales resistentes a la erosión.
- ... Defensa de la ribera inferior contra socavación.

#### 1.1 Enrocados

##### 1.1.1 Diques enrocados

Los diques enrocados son estructuras de roca que se acomodan en los taludes de diques de material propio o de préstamo, y que se complementan con las uñas, que son disposiciones también de rocas en el fondo del cauce del río, al pie del talud. Su diseño se realiza en función de la velocidad del flujo y de la profundidad de las socavaciones esperadas.

El material propio se consigue al descolmatar el fondo del cauce del río y acomodarlo en las márgenes previamente identificadas y aprobadas. El material de préstamo se obtiene trasladándolo de una cantera cercana a la obra.

Dependiendo de las características de la protección y del cauce se puede colocar debajo del enrocado una capa de material bien gradado, durable, redondeado o angular, suelto o con mortero, sin o sobre filtros de gravilla y arena o geotextiles.

### 1.1.2 Algunos objetivos de los enrocados

- Proteger el río de la erosión o socavación.
- Conservar la forma de la sección transversal del río, en especial de los taludes.
- Proteger estructuras de la acción erosiva de las aguas.

### 1.1.3 Consideraciones generales sobre los enrocados

Antes de proponer los enrocados como solución a procesos erosivos del agua se debe tener en cuenta:

- Existencia o no de roca cercana al punto de obra.
- De existir roca cercana ver su disponibilidad, accesibilidad y la propiedad de la cantera.
- Características físico mecánicas de las rocas.
- Tipo de cauce del río, granulometría.
- Características hidráulicas del río (velocidad del flujo, profundidad del agua y tipo de flujo).
- Comparación entre el enrocado y otros tipos de protecciones.
- Probables pérdidas al no colocar el enrocado en los puntos que se requieren.



Una de las funciones que cumplirá el enrocado será proteger contra la erosión o socavación del río. Es importante tener en cuenta la disponibilidad, cercanía y acceso a las canteras; las características de roca; las características hidráulicas, tipo de cauce, entre otros.



### 1.1.4 Diseño de diques enrocados

En la etapa de diseño se deben definir algunos elementos básicos del revestimiento, entre los que están:

- Pendiente y forma del talud.
- Elevación de la cresta.
- Espesor de las diversas capas que componen el revestimiento.
- Materiales que conforman estas capas.
- Sistemas de protección en el pie y otras obras de estabilización.

#### 1.1.4.1 Cálculo del tamaño de los bloques o elementos individuales

En los revestimientos de enrocado, los elementos individuales no se encuentran cementados uno con otro y la estabilidad de la estructura depende del tamaño de los bloques de roca.

El objetivo del dimensionamiento es determinar un diámetro característico de la escollera o enrocado que no sea movido o arrastrado bajo unas condiciones hidráulicas dadas. El cálculo no puede considerarse exacto sino estimativo.

Para el cálculo del tamaño de la roca se puede emplear lo siguiente:

#### a) Fórmula de Maynard

$$D_{50} = C_1 * y * F^3$$

Donde:

$$F = \frac{C_2 * V}{\sqrt{g * y}}$$

$D_{50}$  : Diámetro medio de las rocas

$V$  : Velocidad del flujo en m/s

$y$  : Tirante del flujo en m

$C_1$  : 0,28 Coeficiente de fondo plano

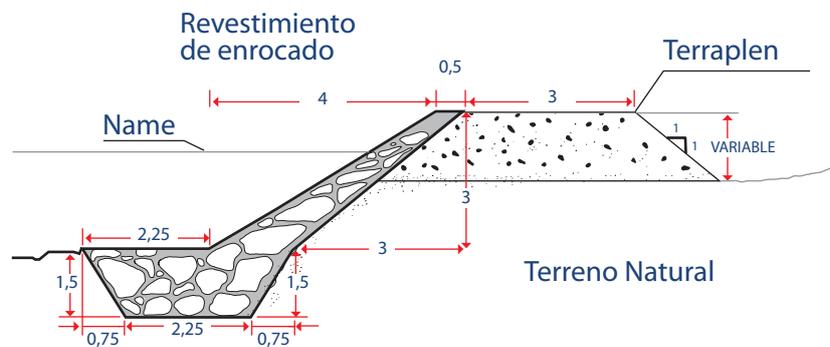
$C_2$  : 1,25 Coeficiente de tramos recto

$g$  : Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

$F$  : Número de Froude (adimensional)

b) **Recomendaciones de la Comisión Federal de Electricidad de México: para diámetros mínimos para un tirante igual a 1,00 m**

Velocidad de la corriente	Peso específico del material en kg/m <sup>3</sup>				
	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400
1,00	8	8	7	6	6
2,00	18	16	13	13	12
3,00	38	34	31	28	26
4,00	68	60	54	50	46
> 4,00			85	77	70



Si el tirante calculado es diferente de 1,00 m, entonces se debe ajustar la velocidad:

$$V_1 = \frac{V}{y^a} \quad a = \frac{1}{2 + y}$$

### 1.1.4.2 Cálculo del espesor requerido de revestimiento

El espesor mínimo del enrocado se obtiene a través de la fórmula de California Division of Highways Study, que se expresa como:

$$e = 0,13322 W^{(1/3)} \text{ (m)}$$

Donde:

e = Espesor mínimo del enrocado en m

W = Peso mínimo de la roca (kg)

### 1.1.4.3 Distribuciones granulométricas del enrocado

El tamaño de los bloques de roca, la forma, la distribución de tamaños y el espesor de la capa de enrocado son los elementos básicos en el diseño. El tamaño de los bloques se puede dar en peso (kg) o en diámetro (mm).

La gradación puede caracterizarse por medio de una curva granulométrica similar a la utilizada para clasificación en mecánica de suelos.

Se tienen las siguientes recomendaciones:

#### **Recomendaciones de Simons y Senturk**

La relación del tamaño máximo de la roca entre el diámetro  $D_{50}$  debe ser aproximadamente igual a 2.

#### **Recomendaciones U.S. Department of Transportation**

$$\begin{array}{l} 1.5D_{50} \text{ a } 1.7 D_{50} \\ 1.2D_{50} \text{ a } 1.4 D_{50} \\ 1.0D_{50} \text{ a } 1.15D_{50} \\ 0.4D_{50} \text{ a } 0.6 D_{50} \end{array}$$

Donde:  $D_{50}$  = Diámetro medio de las rocas

#### 1.1.4.4 Diseño del filtro

Debajo de la capa de enrocado se debe colocar una capa de grava, de piedra o geotextil, que impida la migración de finos del suelo hacia la superficie por acción de las fuerzas del agua. Adicionalmente, este filtro no debe ser capaz de ser extraído a través de los vacíos del enrocado.

En el caso de filtros de geotextil se requiere definir las especificaciones del material con relación a la resistencia, deformación y tamaño de los poros.

#### 1.1.5 Procedimientos constructivos

Los procedimientos constructivos de los enrocados se pueden clasificar en dos grupos, atendiendo a la facilidad de disposición del enrocado en el cauce del río.

- Roca al volteo: es la disposición de la roca inmediatamente después de que el volquete o vehículo de transporte de la roca deja su carga. Dependiendo del volumen de roca de trabajo y número de maquinarias en campo que el volquete puede arrojar directamente al cauce del río, o el desplazamiento de la roca al cauce de este, puede ser realizado con un bulldozer o topadora.
- Roca colocada en forma ordenada: es la disposición de la roca colocada por maquinaria pesada que tiene brazo hidráulico-mecánico que puede coger las rocas, llevarlas a la ubicación precisa y trabarlas una a una, conformando todo un bloque de rocas alineadas, compactas y uniformes. La cara visible del talud expuesta a la solicitud fluvial deberá evitar en lo máximo posible singularidades o discontinuidades.

##### 1.1.5.1 Actividades generales para la instalación del enrocado con maquinaria pesada

Si utiliza grandes volúmenes de roca, las actividades son:

- Movilización y desmovilización de maquinaria pesada.
- Trazo y replanteo preliminar.

- Preparación y transporte de material de préstamo.
- Acomodo de dique de material de préstamo.
- Instalación del filtro de geotextil.
- Extracción de roca en cantera (voladura de roca).
- Preparación y selección de roca.
- Carguío y transporte de roca para conformar el dique enrocado.
- Acomodo de roca para conformar el dique enrocado.

#### 1.1.5.2 Procedimiento de instalación del filtro de geotextil

Para garantizar un buen comportamiento del material del filtro se recomienda tomar las siguientes precauciones en su instalación:

- Conforme el área y remueva los obstáculos.
- Coloque el geotextil en forma suelta, desenrollándolo en la dirección principal del flujo.
- Cosa o traslape el geotextil.
- El geotextil no debe colocarse en taludes de pendiente superior a 2,5 H: 1 V, a menos que se diseñen y construyan sistemas especiales de anclaje y se diseñe un geotextil suficientemente resistente para soportar esfuerzos que se generan en la dirección de la pendiente.
- Coloque el enrocado en forma suave sobre el geotextil evitando su rotura.

### 1.1.6 Calidad de las rocas

Los siguientes tipos de rocas serán adecuados siempre que sean sanas, compactas y resistentes, sin señales de meteorización, descomposición o grietas y que cumplan con los requerimientos de calidad especificados.

- Granitos, granodioritas y sienitas; aplitas, pórfidos y porfiritas; gabros; diabasas, ofitas y lamprófidios; riolitas y dacitas; andesitas, basaltos y limburgitas; cuarcitas y mármoles; calizas y dolomitas; y areniscas, conglomerados y brechas.

No se podrán utilizar, en ningún caso por considerarse inadecuadas, rocas de los siguientes tipos:

- Serpentina: tobas volcánicas y rocas volcánicas piroclásticas; micacitas y filitas; anhidrita, yeso y rocas solubles; tobas calcáreas y caliche; arcosas y limolitas; y las rocas que se desintegran espontáneamente al estar expuestas a la intemperie o que, al ser compactadas, sufran una trituración importante o adquieran una consistencia terrosa.

Las rocas no incluidas en ninguno de los dos grupos anteriores, requerirán de un estudio especial que verifique si se ajustan a los requisitos de calidad que se especifican en el proyecto. Entre otras, las rocas que requieren de estudios especiales son las siguientes:

- Peridotitas, traquitas y fonolitas; aglomerados y conglomerados volcánicos; neis, esquistos y pizarras; migmatitas, corneanas, anfibolitas y grauvacas; carniolas, margocalizas y margas; argilitas; y maciños, molasas, samitas y rodenos.

Calidad especificada se puede aproximar a:

- Densidad neta ( $\text{kg/m}^3$ ): 2 600  $\text{kg/m}^3$
- Absorción (%): 2 %

### 1.1.7 Formas de las unidades de la roca

Las rocas deberán ser de forma aproximadamente cúbica con aristas vivas que aseguren una buena trabazón entre las unidades. Usar trozos o unidades redondeadas en taludes más tendidos que 2:1 (H:V). No se deberá colocar unidades de formas alargadas o aplanadas salvo que la menor dimensión de los trozos individuales sea mayor que un tercio de su mayor dimensión.

## 1.2 Gaviones

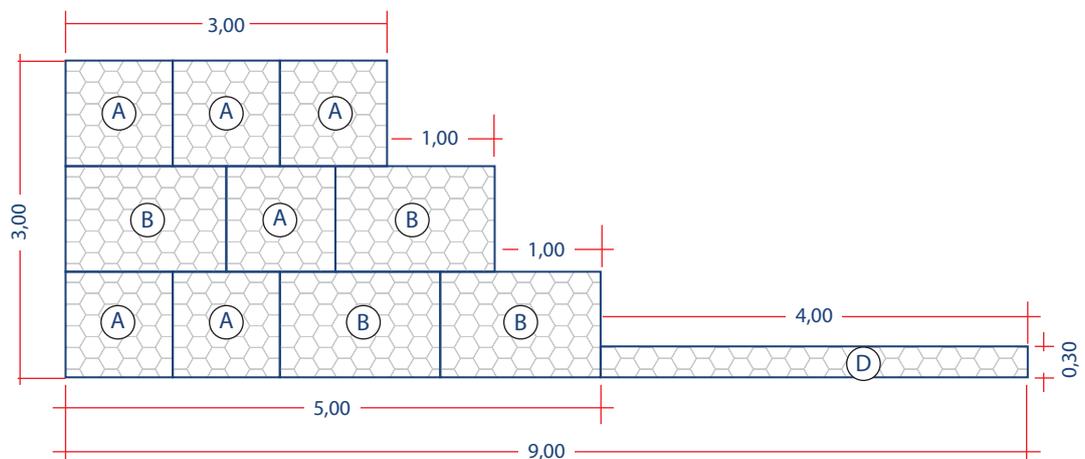
Los gaviones son cajas armables formadas por una malla de alambre (eventualmente PVC), que se rellenan con piedras y se amarran con alambres. Estas estructuras son ampliamente usadas por presentar una solución adecuada en la protección de taludes del cauce de los ríos.

Se tiene algunas ventajas al utilizar este material como: simplicidad y facilidad de ejecución, utilización de mano de obra no calificada, permeabilidad, flexibilidad, etc. Y entre las ventajas mencionadas destaca la flexibilidad, ya que permite la adaptación de la estructura a los asentamientos o movimientos de la fundación, por efectos de la erosión y otros, manteniendo la homogeneidad y la resistencia.

### 1.2.1 Diques de gaviones

Los diques de gaviones son estructuras cuyo diseño se plantea en función a su peso, el cual actúa como elemento de confinamiento y la fuerza de contención se realiza por la acción de la gravedad sobre el suelo confinado por el gavión. Asimismo, son flexibles y permeables, construidos a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado denominados gaviones, los cuales se rellenan de piedra con el objeto de formar el cuerpo de la obra que constituye el dique de gavión.

Las mallas de alambre que constituyen el gavión, presentan la forma de un hexágono entrelazado con triple torsión y de peso por metro cúbico de gavión constante.



### 1.2.2 Ventajas y desventajas de los gaviones

Entre las ventajas, permiten el fácil alivio de presiones de agua y soportan movimientos sin pérdida de eficiencia. Es de construcción sencilla y cómoda.

Las desventajas están en que las mallas de acero galvanizado se corroen fácilmente en ambientes ácidos, se requiere cantos o bloques de roca, los cuales no necesariamente están disponibles en todos los sitios y al amarre de la malla y las unidades, generalmente, no se les hace un buen control de calidad.

### 1.2.3 Características de los gaviones

Los gaviones tipo caja y tipo colchón son paralelepípedos rectangulares constituidos por mallas de características particulares que forman una base, paredes verticales y una tapa, la cual eventualmente puede ser formada por separado.

Por la conformación de las mallas, estas pueden ser: de abertura o “cocada” hexagonal (tejidos); de abertura o “cocada” ortogonal (electrosoldados).

Se suelen llamar tipo caja a aquellos cuya altura fluctúa entre 0,5 m – 1,0 m y tipo de colchón a aquellos cuya altura fluctúa entre 0,17m – 0,3m. Interiormente, los gaviones



La ventaja de utilizar gaviones radica en su fácil implementación y en su flexibilidad porque permite adaptarse a los asentamientos o movimientos.



pueden estar divididos por diafragmas formando celdas cuya longitud no debe ser mayor a una vez y media el ancho de la malla. Usualmente esta separación es de 1,00 m.

Existe un tercer tipo de gavión denominado saco, utilizado principalmente en obras de emergencia o en lugares donde no es posible realizar una instalación en condiciones óptimas. A diferencia de los gaviones tipo caja o tipo colchón, los gaviones saco se arman fuera de la obra y con maquinaria pesada se colocan en su posición final.

### 1.2.3.1 Gaviones caja

Los gaviones tipo caja pueden tener las dimensiones que a continuación se presentan:

*Cuadro 1*

#### Dimensiones de los gaviones caja

Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nro. de diagraf.	Volumen (m <sup>3</sup> )
1,0	1,0	1,0	--	1,0
1,5	1,0	1,0	--	1,5
2,0	1,0	0,5	1,0	1,0
2,0	1,0	1,0	--	2,0
2,0	1,0	1,0	1,0	2,0
3,0	1,0	0,5	2,0	1,5
3,0	1,0	1,0	2,0	3,0
4,0	1,0	0,5	3,0	2,0
4,0	1,0	1,0	3,0	4,0
4,0	1,5	1,0	3,0	6,0
5,0	1,0	0,5	4,0	2,5
5,0	1,0	1,0	4,0	5,0
5,0	1,5	1,0	4,0	7,5
6,0	2,0	0,5	5,0	6,0

Los gaviones tipo colchón pueden tener las dimensiones que a continuación se presentan:

*Cuadro 2*

**Dimensiones de los gaviones colchón**

Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Nro. de diagraf.	Volumen (m <sup>3</sup> )
3,0	2,0	0,2	2,0	1,0
3,0	2,0	0,2	2,0	1,4
3,0	2,0	0,3	2,0	1,8
4,0	2,0	0,2	3,0	1,4
4,0	2,0	0,2	3,0	1,8
4,0	2,0	0,3	3,0	2,4
5,0	2,0	0,2	4,0	1,7
5,0	2,0	0,2	4,0	2,3
5,0	2,0	0,3	4,0	3,0
6,0	2,0	0,2	5,0	2,0
6,0	2,0	0,2	5,0	2,8
6,0	2,0	0,3	5,0	3,6

**1.2.3.2 Malla**

La malla está constituida por una red tejida de forma hexagonal obtenida como resultado de entrecruzar dos hilos de alambre por tres medios giros. El rango de aberturas de mallas o “cocadas” que se debe utilizar en esta aplicación son 6\*8 cm y 8\*10 cm.

*Cuadro 3*

**Diámetro de los alambres para gaviones tipo caja**

Tipo de alambre	Recubrimiento metálico diámetro		
	Tipo de malla 8 * 10 cm		
Alambre de malla	2,4	2,7	3,0
Alambre de borde	3,0	3,4	3,9
Alambre para amarres y tensores	2,2	2,2	2,2

*Cuadro 4*

**Diámetro de los alambres para gaviones tipo colchón**

Tipo de Alambre	Recubrimiento metálico diámetro (mm)		
	6 * 8 cm	8 * 10 cm	
Alambre de malla	2,2	2,7	3,0
Alambre de borde	2,7	3,4	3,9
Alambre para amarres y tensores	2,2	2,2	2,2

**1.2.4 Diseño de diques o muros de gaviones**

**1.2.4.1 Factores de seguridad**

Para diseñar un muro de contención debes conocer los parámetros básicos del suelo, es decir el peso específico o volumétrico, el ángulo de fricción y la cohesión de los suelos retenidos detrás del muro y del suelo. También es necesario conocer la distribución de la presión lateral.

Conocida la presión lateral de la tierra se revisa, con fines de estabilidad, las posibles fallas por volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

Verifique los factores parciales de seguridad para la estabilidad mecánica de un muro.

■ **Revisión contra el giro del muro o volteo.**

Verifica que la suma de momentos actuantes en el talón del muro, como resultado de todas las fuerzas actuantes en el respaldo del mismo (empujes), no exceda la suma de momentos resistentes en dicho punto bajo un factor de seguridad (F.S.), mínimo de 1,5.

$$F.S. = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Mm} \geq 1,5$$

$\Sigma Mr$  = Momento resistente (fuerzas verticales)

$\Sigma Mm$  = Momento motor (empujes)

■ **Revisión por deslizamiento**

Verifica que la suma de las fuerzas actuantes desarrolladas a lo largo del tablero del muro (empujes), no exceda a la fuerza resistente movilizada en la base de la superficie de contacto entre el muro y el suelo de fundación, bajo un F.S. mínimo de 1,2 o 1,5 (según autor).

$$F.S. = \frac{\Sigma Fr}{\Sigma A} \geq 1,5$$

$\Sigma Fr$  = Fuerza resistente

$\Sigma A$  = Fuerza actuante

■ **Revisión por capacidad de carga**

Verifica que la presión máxima de contacto desarrollada en el punto más esforzado de la base de la cimentación, no exceda a la resistencia admisible por capacidad de carga que moviliza el sistema: suelo cimentación. Asimismo, verifica que en la presión de contacto mínima, en la franja menos esforzada de la cimentación del muro no resulta de tensión (esto se verifica si el centro de la resultante de



Los factores de seguridad deben ser considerados en el diseño de los muros de contención y deben ser verificados.



las cargas queda comprimido dentro del tercio medio de la base de la cimentación).

La calidad de un diseño depende no solamente del factor de seguridad asumido, sino también del método de análisis, los modelos de cálculos, el modelo geológico, los parámetros geotécnicos y la forma como se definen los factores de seguridad.

Por lo tanto, los factores de seguridad por sí solos no representan una garantía para la estabilidad de la estructura de contención. Debe observarse si los elementos de seguridad no cubren los errores y el no cumplimiento de las especificaciones de construcción, equivocaciones en el cálculo de las cargas, las diferencias de las resistencias de los materiales en el laboratorio y en el campo.

Fuerzas que pueden actuar sobre los muros de contención:

- El empuje de tierras debido al relleno.
- El empuje hidrostático o las fuerzas de filtración.
- Las fuerzas debidas a la fricción muro-suelo de relleno.
- Las sobrecargas de la superficie.
- El peso propio del muro.
- El peso propio del relleno.
- Las fuerzas sísmicas.
- Otras acciones.

#### 1.2.4.2 Aplicación de las teorías de muros de gaviones

Los muros de gaviones son estructuras de gravedad y como tales pueden ser dimensionados. De esta manera, las teorías clásicas de Rankine y de Coulumb

pueden ser determinadas en los empujes actuantes. Para los casos más simples, la teoría de Coulumb es generalmente empleada en la determinación del empuje activo.

Las características del suelo contenido deben ser analizadas cuidadosamente, ya que de ello depende el resultado del análisis. Se debe tratar que el macizo (material a contener) sea generalmente un relleno, preferentemente ejecutado con material no cohesivo, así es normal considerar como nula la cohesión del suelo.

#### 1.2.4.3 Análisis de estabilidad de la estructura de contención

Es necesaria la verificación de seguridad de la estructura de contención a los diversos tipos de rotura. En el caso de muros de contención de gaviones, los tipos principales de rotura que pueden ocurrir son:

- Deslizamiento sobre la base: ocurre cuando la resistencia al deslizamiento a lo largo de la base del muro, sumada al empuje pasivo disponible al frente de la estructura, es insuficiente para neutralizar el efecto del empuje activo actuante.
- Vuelco: sucede cuando el momento estabilizante del peso propio del muro en relación al punto del vuelco, es insuficiente para neutralizar el momento del empuje activo.
- Rotura de la fundación o asentamientos excesivos: ocurre cuando las presiones aplicadas por la estructura sobre el suelo de fundación son superiores a su capacidad de carga.
- Ruptura del globo del macizo: deslizamiento a lo largo de una superficie de fractura que envuelve a la estructura de contención.
- Rotura interna de la estructura: fractura de las secciones intermedias entre gaviones, que puede ocurrir tanto por deslizamiento como por exceso de presión normal.

### 1.2.5 Procedimientos constructivos

El procedimiento constructivo se inicia con los materiales puestos en obra, limpieza y desbroce de la plataforma y taludes donde se colocará las bases de los gaviones, nivelación de la plataforma y colocación de los geotextiles entre los gaviones y la plataforma más el talud, de haberse considerado su utilización.

Los gaviones tipo caja son suministrados doblados y agrupados en fardos.

Pasos para el llenado de las cajas o colchones: montaje, colocación, relleno, atirantamiento y cierre.

▶ **Montaje:**

Consiste, inicialmente, en retirar cada pieza del fardo y transportarla, aún doblada, al lugar preparado para este fin. Se abrirá y con los pies serán eliminadas todas las irregularidades de los paños. A continuación, la cara frontal y la tapa son dobladas y levantadas en posición vertical y de igual forma la cara posterior. Se obtiene así un paralelepípedo abierto (una caja). Usando el alambre enviado junto con los gaviones, se amarran las aristas verticales que están en contacto. De la misma forma se amarran el o los diafragmas. Para cada arista de 1,0 m de largo son necesarios aproximadamente 1,4 m de alambre.

▶ **Colocación:**

El elemento ya montado es transportado (de forma individual o grupal) al lugar definido del proyecto y ubicado apropiadamente. Los elementos aún vacíos son amarrados uno al otro a lo largo en todas las aristas en contacto (menos las tapas), formando la primera camada de la estructura.

Para garantizar que la estructura presente la estética esperada, debe darse un buen acabado del paramento frontal.

▶ **Relleno:**

Puede ser efectuado manualmente o con medios mecánicos. Se usará piedra limpia, sana, compacta, de buen peso específico. El tamaño debe ser en lo

posible regular y tal que las medidas sean comprendidas -como mínimo 1,2 veces la abertura máxima del hexágono y como máximo el triple de la abertura máxima del hexágono- salvo en los colchones donde no conviene usar piedras mayores a la mitad de su espesor. Puede ser aceptado como máximo el 10 % del volumen de la celda del gavión de piedras de tamaño mayor al indicado.

El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, dejar el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando así el máximo peso.

Para los gaviones saco realice el relleno de las extremidades hacia el centro.

▶ **Atirantamiento:**

Para los gaviones caja, durante el relleno deben colocarse tirantes de alambre de la siguiente manera:

Rellene cada celda del gavión de 1,00 m de alto hasta un tercio de su capacidad, después coloque normalmente dos tirantes uniendo paredes opuestas con las extremidades atadas alrededor de dos nudos de la abertura. Repita esta operación cuando el gavión esté lleno hasta dos tercios. En casos particulares, los tirantes pueden unir paredes adyacentes.

Para gaviones de alto de 0,5 m, basta colocar los tirantes en el nivel medio de las cajas.

Eventualmente, en obras de revestimiento o plataformas, los tirantes pueden asumir posición vertical.

En el caso de los colchones coloque los tirantes verticales uniendo la base a la tapa. Estos pueden unir las aristas superiores de los diafragmas con el paño base, en el caso de revestimiento de superficie inclinada.

▶ **Cierre:**

Después de completar el relleno, en el caso de los gaviones caja, doble la tapa. Para los colchones doble la tapa o colóquela en caso de que sea suministrada aparte. En ambos casos, cosa la tapa a los bordes superiores de la base y de los diafragmas.



Los factores de seguridad deben ser considerados en el diseño de los muros de contención y deben ser verificados.



## 2. Estructuras perimetrales

Son construidas de material de préstamo u otros disponibles rodeando total o parcialmente para proteger una población o zona de producción agropecuaria. Se utilizan en la Faja Marginal con taludes medios y altos. Los diques de material propio no son recomendables para este tipo de estructuras a menos que se proponga revestir el lado húmedo de este.

Para las estructuras perimetrales se utilizan los diques de material propio, diques enrocados, diques de gaviones que ya han sido descritos anteriormente. En las siguientes líneas se describirán diques de otros materiales que se pueden utilizar contra las inundaciones.

### 2.1 Sacos de arena

Los sacos de arena deben ser utilizados solo como medidas de emergencia y temporales. Deben estar habilitados previamente y almacenados en lugares apropiados. Deben constituirse en planes preestablecidos y su proceso debe ser diseñado para la situación particular de la localidad a usar por personal calificado que entiende sobre el empuje hidrostático del agua.

El error más común en su colocación es intentar mantener el borde original del río a desbordarse, con el trabajo voluntario de muchos pobladores de la localidad, cuando a simple vista se puede observar que dicho borde es indefendible contra la inundación.

Por el contrario, es mucho más eficiente y efectivo aceptar lo inevitable y colocar las barreras de sacos de arena a una distancia prudente del borde usual, inclusive, de existir, usando las edificaciones muy cercanas al río, como parte de la barrera. La topografía y el uso de las edificaciones minimiza el número de sacos y de horas-hombre necesarias, produciendo una defensa factible y efectiva contra la inundación que se avecina.

Resulta extremadamente peligroso trabajar en una zona donde el nivel del agua ya es del orden de unos dos sacos de arena más alto del lado del río, que del lado seco de la barrera. Una simple línea de sacos, colocados sin entrabe, puede fallar abruptamente y poner en extremo peligro a la población voluntaria que trabaja en esto.

## 2.2 Muros de champas

La forma más directa de aprovechar el terreno para la construcción de muros sin operaciones previas, es su extracción en forma de bloques de modo similar a una cantera de piedras. Los suelos cohesivos con o sin contenido orgánico se pueden cortar directamente incluso sin retirar el sustrato vegetal; la abundancia de raíces en aquellos bloques donde hay presencia de plantas contribuye a mantener la cohesión.

Esta técnica se viene practicando desde hace muchos años en diversos lugares del país, especialmente en las zonas altoandinas, ya que solo se necesita disponer de herramientas elementales de canteras o cultivos. No se necesita humedecer, compactar o amasar la tierra ni periodos de secado o curado, los bloques están disponibles para la construcción según se extraen del suelo. Se colocan como una fábrica de albañilería convencional con la cara del sustrato vegetal hacia abajo.

Estos bloques son llamados champas o tepes.

Los muros de champas que se pueden construir directamente con este material sin otras consideraciones puede llegar hasta 1,5 m. Para muros de mayor altura, las champas son utilizadas como recubrimiento o protección de taludes o coronas contra la erosión por efectos de las lluvias y vientos.

## 2.3 Disposición de caballetes

Los caballetes para protección contra inundaciones de los desbordes de los ríos son estructuras de rollizos dispuestos a modo de trípode, unidos en la parte alta de los rollizos con alambres, soguillas u otros materiales que se disponga en la zona.

En la parte baja los rollizos están dispuestos como en los vértices de un triángulo y se encuentran unidos con alambres u otros materiales apropiados de la zona. Entre la parte alta y baja de estos rollizos se disponen cantos rodados, bolonería del río, de existir, u otro tipo de material que permite darle sostenimiento y resistencia ante la crecida de los niveles del río.

### 3. Muros de encauzamiento

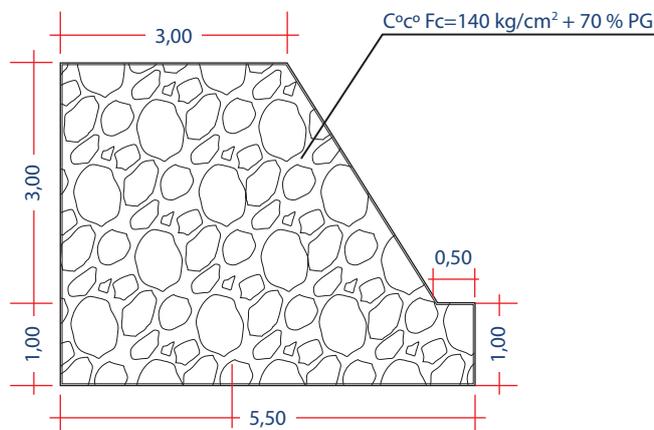
Son parecidos a los longitudinales, se utilizan cuando los taludes son bajos o tendidos, o bien al cruzar zonas urbanas o terrenos muy costosos, donde no hay espacio suficiente para construirlos.

Los tipos de muros de contención para encauzamiento frecuentes para su utilización son los siguientes:

#### 3.1 Muros por gravedad

Son muros de gran masa que resisten el empuje mediante su propio peso y con el del suelo que se apoya en ellos. Suelen ser económicos para alturas moderadas, menores de 5,0 m, son muros con dimensiones generosas, que no requieren de refuerzo. En cuanto a su sección transversal, puede ser de varias formas.

Los muros de gravedad pueden ser de concreto ciclópeo, mampostería, roca o gaviones. La estabilidad se logra con su propio peso, por lo que requiere de grandes dimensiones, dependiendo del empuje. Debe dimensionarse de tal manera que no genere esfuerzos de tracción en ninguna de las secciones. La base debe ser lo más angosta posible y, asimismo, lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento, deslizamiento y para originar presiones de contacto no mayores que las permisibles.



### 3.2 Muros en voladizo o ménsula

Son muros de concreto armado. En estos muros el momento del vuelco producido por el empuje de las tierras es contrarrestado por el peso de las tierras sobre la zapata. Ambos están adecuadamente reforzados para resistir los momentos y fuerzas cortantes a que están sujetos. La presión transmitida al cimiento suele ser reducida.

Estos muros por lo general son económicos para alturas entre diez hasta doce metros; para alturas mayores, los muros con contrafuertes suelen ser más económicos.

La forma más usual es la llamada **T**, que logra su estabilidad por el ancho de la zapata, de tal manera que la tierra colocada en la parte posterior de ella ayuda a impedir el volcamiento y lastra el muro aumentando la fricción suelo-muro en la base, mejorando la seguridad del muro al deslizamiento.

La pantalla de concreto en estos muros es, por lo general, relativamente delgada, su espesor oscila alrededor de  $(1/10)$  de la altura del muro y depende de las fuerzas cortantes y momentos flectores originados por el empuje de la tierra. El espesor de la corona debe ser lo suficientemente grande para permitir la colocación del concreto fresco. Generalmente se emplean valores que oscilan entre veinte a treinta centímetros.

El espesor de la base es función de las fuerzas cortantes y momentos flectores de las secciones situadas delante y detrás de la pantalla, por lo tanto, el espesor depende directamente de la posición de la pantalla en la base. Si la dimensión de la puntera (parte delantera de la zapata) es de aproximadamente  $1/3$  del ancho de la base, el espesor de esta generalmente queda dentro del intervalo de  $1/8$  a  $1/2$  de la altura del muro.

## Anexo 4

### Caso práctico

Análisis beneficio costo de la instalación del servicio de protección contra inundaciones en el Sector Chiclín – Cartavio margen izquierda del Río Chicama (progresiva km 60 + 000 - 60 + 660) en el Distrito de Chicama, Provincia de Ascope, Región La Libertad.

### Introducción

El objetivo del caso práctico es orientar en la evaluación beneficio costo de un PIP de servicios de protección frente a inundaciones. Ha sido preparado sobre la base del caso “Dique enrocado del Río Chicama, sector Toma Chiclín Cartavio, II Etapa”, incluido en la publicación 5 Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de desastres: “Sistema Nacional de Inversión Pública y cambio climático. Una estimación de los costos y los beneficios de implementar medidas de reducción de riesgo” (en adelante Publicación 5).

Dado el objetivo del caso, la información se limita a lo necesario para realizar el análisis beneficio costo, por lo que no se debe asumir que el desarrollo de un estudio a nivel de perfil es como el que se presenta a continuación.

## 1. Diagnóstico de la situación actual

### 1.1 Diagnóstico del área de influencia y área de estudio

El área de influencia está compuesta por dos segmentos, el primero corresponde a 12 677,5 ha, cuyo riego depende de la infraestructura de la toma Cartavio y el canal Chiclín, áreas que pertenecen a agricultores de quince centros poblados con una población total de 3 300 habitantes.

El segundo segmento corresponde a 145 ha de área agrícola en el centro poblado de Santiago de Cao, distrito de Chicama, ubicado en el área inundable.

El área de estudio incorpora además del área de influencia, el área donde se realizarán los trabajos de defensa ribereña en la margen izquierda del río Chicama, en la progresiva km 60 + 000 hasta la progresiva km 60 + 660 del cauce del río.

### 1.1.1 Características físicas:

El área de influencia es una zona bastante llana, con ligeras ondulaciones y se encuentra entre los 100 y 140 m.s.n.m (zona costa), el clima es templado con una temperatura promedio de 22° C. Las precipitaciones son escasas, principalmente en el periodo mayo – agosto; sin embargo, en los sectores más altos de la cuenca del río Chicama, las precipitaciones son abundantes en el periodo setiembre – abril (históricamente ocurren con el fenómeno El Niño). Ver Cuadro A-01.

*Cuadro A-01*

#### **Fenómenos naturales registrados en el distrito de Chicama, provincia de Ascope, región La Libertad (1970 – 2003)**

Dpto.	Provincia	Distrito	Año	Mes	Día	Duración (días)	Evento	Causa
La Libertad	Ascope	Chicama	1977	4	7	1	Inundación	Lluvias
La Libertad	Ascope	Chicama	1983	4	1	1	Inundación	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1996	5	28	2	Marejada	Perturbaciones tropicales atmosféricas (Pacífico sur Oriental)
La Libertad	Ascope	Chicama	1997	12	10	0	Lluvias	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1998	1	13	0	Lluvias	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1998	2	10	1	Inundación	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1998	2	23	0	Inundación	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1998	2	25	0	Inundación	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1998	3	11	1	Inundación	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	1998	3	17	1	Inundación	El Niño
La Libertad	Ascope	Chicama	2000	10	23	30	Sequía	Falta de lluvias

Fuente: Soluciones Prácticas - ITDG.Base de datos DesInventar.

Elaboración: Instituto de Estudios Peruanos.

### 1.1.2 Actividades productivas

En el área de influencia, la población se dedica principalmente a la actividad agrícola y, en pequeña escala, a la comercialización de productos agrícolas. Los cultivos preponderantes son la caña de azúcar y el maíz amiláceo, complementados de otros productos de pan llevar, los cuales son dedicados al autoconsumo.

En el área inundable (Santiago de Cao) hay disponibles 145 ha, cultivándose caña de azúcar (94 ha) y maíz amiláceo (36 ha).

### 1.1.3 Vías de comunicación:

La principal vía de comunicación, es una carretera afirmada de carácter vecinal que articula desde el sector Toma Chiclín hasta llegar a la capital departamental, desarrollándose en forma paralela al cauce del río Chicama (por la margen izquierda), conectando ocho Centros Poblados (María Reyna, Chato Chico, Rinconada, Cañaver, Cerro Mocho, Tembladera, Río Seco y Concepción), alcanzando una longitud de 68,2 km. Además, para la conexión de los siete centros poblados restantes la carretera tiene ramales que en conjunto alcanzan una longitud de 18 km. Asimismo, cuenta con caminos de acceso o rurales en forma paralela a los canales de irrigación, los cuales son utilizados para el desplazamiento hacia la capital departamental y la vigilancia de los canales, alcanzando un total de 4 km.

### 1.1.4 Unidades Productoras de bienes y servicios existentes en el área inundable

En cuanto a las Unidades Productoras de bienes y servicios públicos se ha identificado el sistema de riego e infraestructura vial (caminos de acceso vecinal).

En cuanto a unidades privadas se ubican terrenos agrícolas que son irrigados por el sistema de riego.

### 1.1.5 Análisis de peligros

Se ha identificado como peligro el desborde del río Chicama, que puede afectar la infraestructura de riego, la infraestructura de transportes y áreas agrícolas bajo riego.

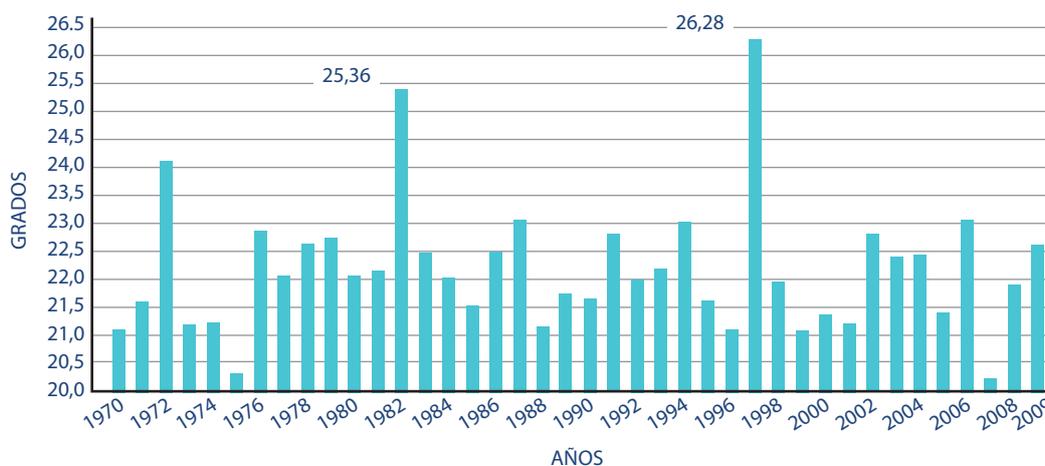
Las crecidas del río son recurrentes en la zona por topología y morfología del valle, así como por la ubicación y propiedades morfológicas del cauce del río Chicama y sus regímenes hidrológico e hidráulico. Los desbordes en época de lluvias se deben a la colmatación del cauce del río por la erosión de suelos en las partes altas y por malas prácticas agrícolas.

Según el Cuadro A-01, elaborado a partir de la base de datos DesInventar, de ITDG – Soluciones Prácticas<sup>25</sup>, se identifica que el distrito de Chicama ha sido afectado por lluvias e inundaciones, especialmente producidas por el fenómeno El Niño en los periodos 1983-84 y 1997-98. Estos eventos afectan principalmente la actividad agrícola y el transporte.

Según investigaciones realizadas, es probable que entre el 2012 al 2017 se presente el fenómeno El Niño con la intensidad de los periodos señalados anteriormente.

Gráfico 6

**Temperatura promedio anual de la superficie del mar en grados centígrados (1970-2009)**



Fuente: NOAA, elaboración por el proyecto Seguros de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ).

## 1.2 Diagnóstico de los involucrados en el PIP

### 1.2.1 Identificación de los involucrados

Entre los involucrados con el PIP, se ha identificado a la Comisión de Regantes Santiago de Cao, la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chicama, la Administración Local del Agua y la Asociación de Transportistas.

La Comisión de Regantes de Santiago de Cao se encarga de la administración del servicio de agua para sus cultivos y está integrada por 90 asociados.

La Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chicama es una organización más amplia y coordina la gestión del uso del agua en los diversos sectores de su Distrito de Riego. La Junta de Usuarios está integrada por 6 284 asociados.

La Administración Local del Agua es una dependencia de la Autoridad Nacional del Agua y tiene por función monitorear el buen uso del recurso hídrico.

La Asociación de Transportistas, quienes brindan el servicio de transporte de pasajeros entre los diferentes centros poblados y la capital departamental, cuenta con 44 asociados. Están preocupados por el deterioro de la carretera y, sobre todo, por las interrupciones en la época de avenidas.

### 1.2.2 Análisis de vulnerabilidad

Una parte del sistema de riego está expuesta a fuertes caudales o desbordes, que es la ubicada en el sector Toma Chiclín – Cartavio.

En dicho sector hay 2 tomas correspondientes a los 2 canales de riego (canales de tierra), ubicadas en las progresivas km 60 + 560 y km 60 + 640 del cauce del río. Asimismo, hay 5 compuertas y un medidor. Para realizar la vigilancia de los canales se utilizan los caminos rurales que alcanzan una extensión de 4 km.

De la evaluación realizada se concluye que los materiales utilizados en la construcción de la infraestructura hidráulica no son los adecuados y que su antigüedad es en

promedio de 12 años. Esta situación refleja un alto nivel de fragilidad frente al riesgo de inundación.

Las indagaciones realizadas en la Comisión de Regantes y la Junta de Usuarios indican que no existen instrumentos de gestión en caso el sistema se vea afectado; así mismo, no hay disposición en los usuarios de pagar cuotas extraordinarias para la recuperación del servicio. Se concluye también que la resiliencia es baja.

Respecto a las áreas agrícolas, las ubicadas en Santiago de Cao están en riesgo de ser inundadas; se estima que de las 145 ha, 117 pueden ser afectadas por la inundación.

### 1.2.3 Identificación del riesgo

Los daños y pérdidas probables que se generarían por posibles inundaciones sobre las UP vulnerables han sido identificados sobre la base del desastre ocurrido durante el fenómeno El Niño 1997-98 y la información proporcionada por funcionarios del Ministerio de Agricultura que fueron consultados. Entre los daños y pérdidas probables están:

▶ **Sistema de riego**

Destrucción de la estructura de captación, colmatación de un tramo del canal principal. Como consecuencia se interrumpirá el servicio y, consiguientemente, habrá impactos negativos sobre la producción y productividad de las tierras irrigadas con ambos canales.

▶ **Caminos de acceso**

Destrucción de los caminos de acceso, lo que causará dificultades en la vigilancia de la infraestructura de riego y en el traslado de la población hacia la ciudad capital. Esto puede incidir en mayores tiempos de traslado de dicha población.

▶ **Áreas bajo riego**

Los cultivos de azúcar y maíz amiláceo bajo riego en el Distrito de Riego de Chicama podrían ser afectados en sus niveles de productividad o producción,

dependiendo de la época en que se interrumpa el servicio y no haya agua para riego.

Los cultivos de azúcar, maíz amiláceo y de pan llevar en el área de riego de Santiago de Cao pueden ser inundados perdiéndose la producción. Las tierras agrícolas cercanas al río pueden ser erosionadas y perderse.

Por otra parte, las actividades conexas de cosecha, transporte, procesamiento, entre otros, disminuirán por la reducción en los volúmenes de producción, lo cual incidirá, entre otros, en la disminución del empleo y de ingresos de la población ocupada en tales actividades.

### 1.3 Diagnóstico de los servicios de protección contra inundaciones

A lo largo del río Chicama, no se dispone de servicios de protección contra inundaciones.

## 2. Medidas de reducción de riesgo implementadas

Para la reducción del riesgo de inundación se plantea la construcción de un dique enrocado de 660 m en la margen izquierda del río Chicama, progresiva km 60 + 000 hasta km 60 + 660, que proteja la infraestructura de riego, los caminos de acceso, así como las áreas de cultivo en Santiago de Cao.

El proyecto es, en sí mismo, una medida de reducción de riesgo<sup>26</sup> orientado a disminuir la probabilidad de que los fuertes caudales del río o su desborde destruyan la infraestructura de riesgo o inunden las tierras agrícolas.

El dique enrocado de 660 m será construido con materiales de la zona y complementado con trabajos de descolmatación de cauces y de forestación a cargo de los beneficiarios. Estos trabajos complementarios son fundamentales para la reducción efectiva del riesgo.

### 3. Análisis beneficio-costo social del proyecto

#### 3.1 Estimación de los costos de inversión, operación y mantenimiento

En los siguientes cuadros se presentan los costos del proyecto, que vienen a ser los costos de las medidas de reducción de riesgo.

*Cuadro A-03*

#### **Costo de inversión del proyecto (En Nuevos Soles - precios privados)**

Costos directos	260 870	87 %
Costos indirectos	39 130	13 %
<b>Total</b>	<b>300 000</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Publicación 5.

Para estimar la inversión a precios sociales se ha clasificado los costos a precios de mercado según los recursos que demandará de la economía, y se aplicó los factores de corrección establecidos en el Anexo SNIP 10 de la Directiva General.

*Cuadro A-04*

#### **Costo de inversión del proyecto (En Nuevos Soles)**

<b>Rubros</b>	<b>A precios privados</b>	<b>Factor de corrección</b>	<b>A precios sociales</b>
Total	300 000		252 816
Combustible	97 212	0,66	64 160

Rubros	A precios privados	Factor de corrección	A precios sociales
Transable	54 086	1,02	55 167
No transable	52 198	0,84	44 235
MO calificada	80 239	1,00	80 239
MO no calificada	15 816	0,57	9 015
Impuestos	450	0,00	0

Fuente: Publicación 5.

*Cuadro A-05*

**Costos de operación y mantenimiento del PIP  
(En Nuevos Soles)**

Años	A precios privados	A precios sociales
Año 1	15 000	12 712
Año 2	15 000	12 712
Año 3	15 750	13 347
Año 4	15 750	13 347
Año 5	16 538	14 015
Año 6	16 538	14 015
Año 7	17 364	14 716
Año 8	17 364	14 716
Año 9	17 362	14 714
Año 10	17 362	14 714

Fuente: Publicación 5.

### 3.2 Estimación de beneficios sociales

Los beneficios de la implementación de las MRR se basan en la estimación del riesgo, es decir en el valor de los probables daños y pérdidas que se generarían si no se implementaran 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, de atención de la emergencia) y el excedente del productor (pérdidas evitadas de producción y de suelos agrícolas).

#### 3.2.1 Costo evitado de la reconstrucción

##### a) Costo evitado de la reconstrucción de la infraestructura de riego

Al tratarse de una zona agrícola, entre los beneficios de la medida de reducción de riesgo se encuentra la protección de la infraestructura hidráulica cercana al cauce del río Chicama. Se trata específicamente de proteger la toma Cartavio y los canales de derivación Chiclín y Cartavio, incluyendo las obras de arte que los conforman (un medidor y compuertas), que en el caso de fuertes caudales e inundaciones se verían destruidos, como se observó en el análisis de vulnerabilidad de las unidades productoras de bienes y servicios de la zona. El costo evitado de reconstrucción ha sido estimado considerando los costos de reconstrucción de cada uno de los diferentes elementos y se muestran en el siguiente cuadro.

*Cuadro A-06*

#### **Costo evitado de reconstrucción de la infraestructura de riego (En Nuevos Soles)**

Infraestructura hidráulica que sería destruida	Costo total de reconstrucción	
	A precios privados	A precios sociales
Dos tomas	25 000	21 186
Obras de arte (5 compuertas, 1 medidor)	30 000	25 424
Dos canales de tierra	40 000	33 898
<b>Total</b>	<b>95 000</b>	<b>80 508</b>

Fuente: Publicación 5.

Para estimar los costos sociales que se evitarán se aplicó como factor de corrección el IGV, ya que los recursos que se emplearían en la reconstrucción son básicamente materiales no transables.

### 3.2.2 Costo evitado de la reconstrucción de la infraestructura vial

En el caso de la infraestructura vial, el proyecto protegerá 4 kilómetros de caminos utilizados para la articulación con otros centros poblados y paralelamente para la vigilancia de los canales Chiclín y Cartavio. Estos caminos se encuentran clasificados como caminos rurales (vías vecinales). Según estimaciones realizadas, el costo por km es de 5 mil Nuevos Soles, por lo que el proyecto evitará un gasto de 20 mil Nuevos Soles.

*Cuadro A-07*

#### **Costo evitado de reconstrucción de la infraestructura vial (En Nuevos Soles)**

Infraestructura vial que sería destruida	Costo total de reconstrucción	
	A precios privados	A precios sociales
Caminos rurales (4 km)	20 000	16 949
Total	20 000	16 949

Fuente: Publicación 5.

La estimación de los costos sociales se efectuó aplicando como factor de corrección el IGV, bajo el supuesto de que son bienes y servicios no transables.

### 3.2.3 Beneficios indirectos del proyecto por evitar inundaciones en zona agrícola de Santiago de Cao

Inundaciones derivadas de lluvias intensas como las que ocurrieron en el FEN 1997-98, afectarían las áreas cultivadas en Santiago de Cao, generando pérdidas en la producción y de tierras cultivables. La ejecución del proyecto evitaría dichas pérdidas.

**a) Pérdidas evitadas en la producción agrícola**

Los efectos sobre la producción agrícola han sido estimados considerando los cultivos principales (caña de azúcar y maíz amiláceo), bajo el supuesto de que la pérdida de la producción corresponde al 30 % de su valor neto<sup>27</sup>, porcentaje que se asume sobre la base de información histórica de eventos similares. Se utiliza como beneficio social el valor neto de la producción (VNP), en el marco del concepto del excedente del productor.

El valor neto de la producción se basa en la estimación del valor bruto de la producción de los cultivos caña de azúcar y maíz amiláceo (Cuadro A-07.1), sus costos de producción (Cuadro A-07.2). El 30 % del VNP es el valor de las pérdidas evitadas al productor.

*Cuadro A-07.1*

**Estimación del valor bruto de la producción agrícola por campaña (En Nuevos Soles - precios privados)**

Cultivos principales	Superficie con riesgo de inundación (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Volumen de producción (TM)	Precio (S/. Por kilo)	Valor bruto de producción
Caña de azúcar	87,20	120 000	10 464	0,16	1 674 240
Maíz amiláceo	29,94	8 000	240	0,75	179 640
<b>Total</b>	<b>117,14</b>				<b>1 853 880</b>

Fuente: Publicación 5.

27 El cálculo se ha realizado bajo el supuesto de que ya se incurrió en los costos de siembra y mantenimiento (ya se realizó el cultivo). Si se supusiera lo contrario se estaría en una situación de liberación de recursos.

*Cuadro A-07.2*

**Estimación del valor neto de la producción agrícola  
(En Nuevos Soles - precios privados)**

Cultivos principales	Costo de producción por ha (S/. por ha)	Costo de producción total	Valor neto de producción	Valor de los daños (30% del valor neto)
Caña de azúcar	10 000	872 000	802 240	240 672
Maíz amiláceo	3 000	89 820	89 820	26 946
Total		961 820	892 060	267 618

Fuente: Publicación 5.

Para estimar los beneficios sociales del PIP se ha considerado que dichos productos son bienes transables y que su menor producción puede generar importaciones y, por tanto, una disminución de divisas para el país. En consecuencia, el valor para la sociedad de esta producción se medirá a través del valor social de la divisa, para lo cual se ha empleado la metodología y factor que se encuentra en el Anexo SNIP 10 de la Directiva General del SNIP. En el siguiente cuadro se muestran las pérdidas evitadas para la sociedad.

*Cuadro A-08*

**Estimación del valor social de las pérdidas evitadas  
(En Nuevos Soles)**

Cultivos principales	Valor social de las pérdidas
Caña de azúcar	245 485
Maíz amiláceo	27 485
Total	272 970

b) **Pérdidas evitadas de terrenos agrícolas**

Para la estimación del valor de la pérdida de terrenos agrícolas se ha considerado el supuesto de que la superficie que se pierde corresponde al 10 % de la superficie bajo riesgo de inundación, que se valora por la producción que se dejaría de tener a perpetuidad, por ya no disponer de estos. En el siguiente cuadro se presenta las estimaciones realizadas.

*Cuadro A-09*

**Valor de la pérdida de terrenos agrícolas  
(En Nuevos Soles - precios privados)**

Superficie afectada (ha) <sup>1</sup>	Superficie perdida (%) <sup>2</sup>	Superficie perdida (ha)	Valor de la producción (S/. por ha) <sup>3</sup>	Valor neto de la producción total	Pérdida total valor a perpetuidad <sup>4</sup>
117,14	10 %	11,71	7 615,00	89 202	892 021

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

2/ Estimaciones PERPEC.

3/ Valor neto de producción agrícola promedio por ha /año, más un 15 % adicional por cultivos de segunda campaña.

4/ Valor actual del valor neto de la producción, asumida como renta perpetua y descontada a la tasa social (10%).

Fuente: Publicación 5.

Para la estimación del valor social de las pérdidas de producción, por no disponerse ya de los terrenos agrícolas, se ha asumido que los productos son bienes transables y por tanto la sociedad perderá divisas. El valor social de las pérdidas de los terrenos agrícolas ascendería 909 862 Nuevos Soles.

### 3.2.4 Beneficios por costos evitados de atender la emergencia<sup>28</sup>

Para que se continúe brindando el servicio en condiciones mínimas se considera que sería necesaria la limpieza del canal que permita restablecer la circulación de agua. Para la estimación se ha considerado el requerimiento de una semana de trabajos, aproximadamente, tomando en cuenta los costos por hora tanto de la maquinaria como del combustible. En el siguiente cuadro se muestra las estimaciones.

*Cuadro A-10*

#### **Costo de atención de la emergencia (En Nuevos Soles - precios privados)**

Componente	Horas de trabajo para atención de la emergencia	Costo de maquinaria (S/. por hora)	Costo de combustible (S/. por hora)	Costo total de atención de la emergencia
Limpieza canal riego	50	209	120	16 450
Total				16 450

Fuente: Publicación 5 .

Para la estimación de los costos sociales evitados se ha aplicado, a los precios de mercado, los factores de corrección de bienes transables (divisa) a los costos de maquinaria (1,02) y del factor de corrección específico a los costos de combustible (0,66). El valor social de los costos evitados en la atención de la emergencia asciende a 14 619 Nuevos Soles.

28 Si bien los costos de reconstrucción corresponden a las medidas destinadas a restablecer los servicios a los usuarios del sistema de riego, las obras de reconstrucción pueden demorar, mientras que los servicios no deben 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.

## 4. Estimación de los indicadores de rentabilidad social

### a) Planteamiento de escenarios

De acuerdo con las recomendaciones de consultores, si el análisis de los peligros no ha permitido establecer con un nivel de certidumbre aceptable cuándo puede ocurrir el evento, puede asumirse que este podría impactar a la mitad del período de evaluación del PIP, el último año o cualquier año del horizonte de evaluación, tal como se puede apreciar en los gráficos siguientes.

Gráfico A-1

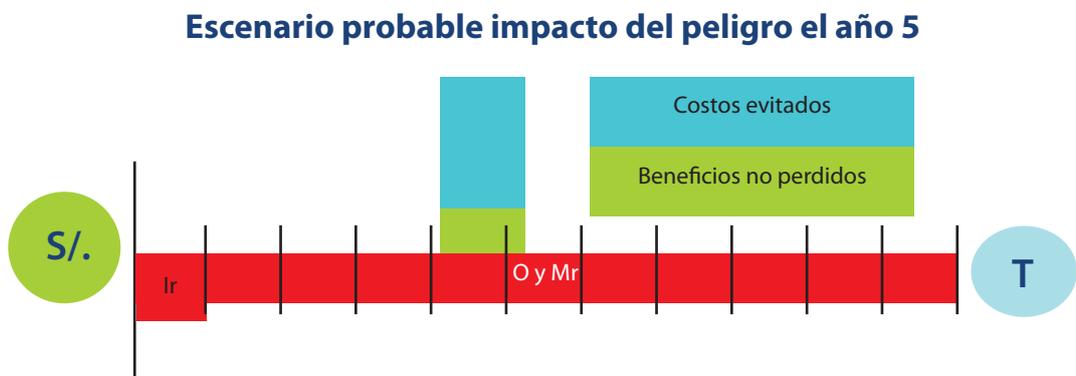


Gráfico A-2

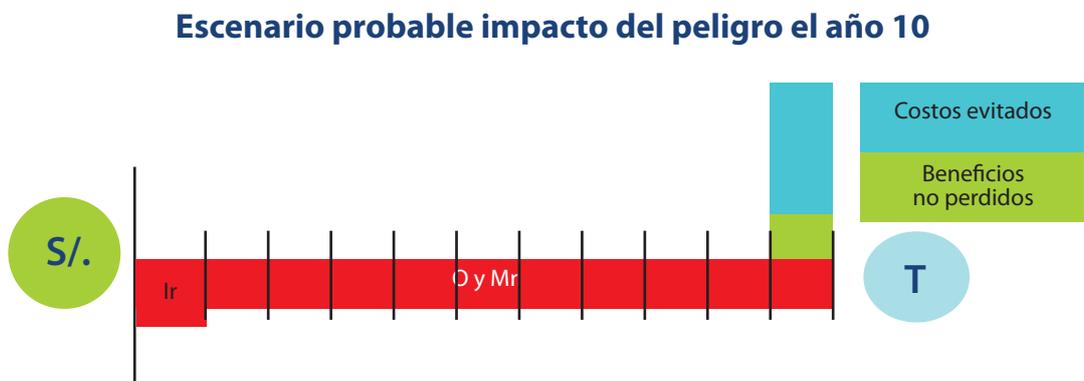
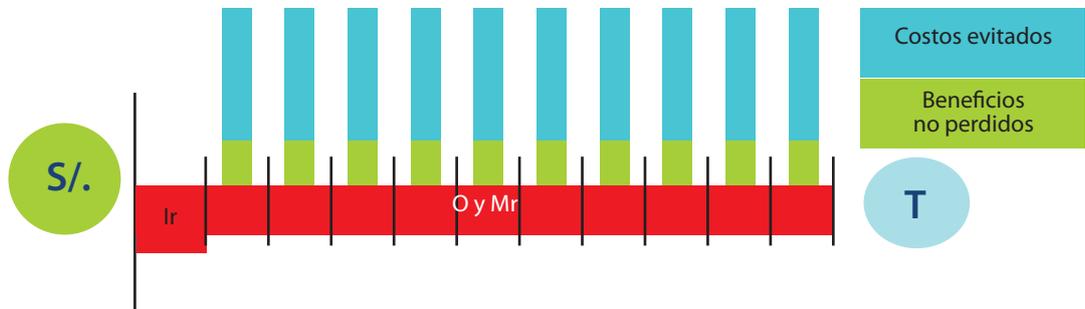


Gráfico A-3

**Escenario probable impacto del peligro entre el año 1 al 10**



En este caso, se ha considerado como variables de incertidumbre las probabilidades de ocurrencia del evento lluvias intensas - inundación y de éxito de las medidas de reducción de riesgo. Como escenarios se asumen los recomendados y, sobre la base de la información de expertos, que señalan un posible FEN con las características del 1997-98 entre el año 2012 al 2017, se ha planteado la probabilidad de que ocurra entre el primer al quinto año del horizonte de evaluación.

Sobre la base de las consideraciones expuestas se plantearon seis escenarios de análisis.

Cuadro A-11

**Combinación de probabilidades de ocurrencia del evento y de éxito de las MRR**

Escenarios	Probabilidad de ocurrencia del evento	Probabilidad de éxito de las MRR	Momento de ocurrencia del evento
Escenario 1	100 %	100 %	Año 5
Escenario 2	20 % (c/año)	100 %	Año 1 - 5
Escenario 3	100 %	80 %	Año 5
Escenario 4	20 % (c/año)	80 %	Año 1 - 5

Escenarios	Probabilidad de ocurrencia del evento	Probabilidad de éxito de las MRR	Momento de ocurrencia del evento
Escenario 5	100 %	100 %	Año 10
Escenario 6	100 %	80 %	Año 10

b) Los flujos de beneficios y costos sociales

Sobre la base de las estimaciones de los costos de inversión a precios sociales (numeral 3.1) y los beneficios sociales (numeral 3.2), se elaboraron los flujos para la evaluación, los mismos que se muestran en el siguiente cuadro.

*Cuadro A-12*

**Flujos de beneficios y costos sociales Escenario 1**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo de la medida de reducción de riesgo	252 816										
Costo de operación y mantenimiento		12 712	12 712	13 347	13 347	14 015	14 015	14 716	14 716	14 714	14 714
Total de costos	252 816	12 712	12 712	13 347	13 347	14 015	14 015	14 716	14 716	14 714	14 714
Costo evitado de reconstrucción de la infraestructura hidráulica						80 508					
Costo evitado de la reconstrucción de la infraestructura vial						16 949					

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costo evitado de atención de emergencia						14 619					
Costo evitado de daños a la producción agrícola						272 970					
Costo evitado de pérdida de terrenos agrícolas						909 862					
Total de beneficios						1 294 909					
Flujo neto social						1 280 894					

En el escenario 1 se atribuye al PIP el 100 % de los beneficios en el año 5 del período de operación y mantenimiento (S/. 1 294 909). En el escenario 3 es el 80 % de los beneficios estimados S/. 1 035 927 (S/. 1 294 909 x 0,8).

En el escenario 2 se atribuye al PIP beneficios anuales del 20 % de los beneficios totales estimados (S/. 1 294 909) entre el año 1 y 5, los que ascienden a S/. 258 982, dado que se espera un evento en el horizonte de evaluación que puede ocurrir cualquiera de los 5 primeros años. En el escenario 4 es similar la situación, pero esta vez se atribuye el 80 % del beneficio anual estimado en el escenario 2, lo que equivale a S/. 207 185.

En los escenarios 5 y 6 se atribuye al PIP beneficios del 100 % u 80 % en el último año del horizonte de evaluación.

**c) La estimación de los indicadores de rentabilidad social**

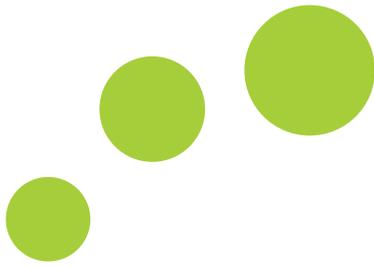
A continuación se presenta los indicadores de rentabilidad social en los 6 escenarios de evaluación.

*Cuadro A-13*

**Indicadores de evaluación social del proyecto**

Indicador	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
Valor actual costos (S/.)	336 965	336 965	336 965	336 965	336 965	336 965
Valor actual beneficios (S/.)	730 942	892 495	584 754	713 996	453 858	363 086
Tasa social de descuento (S/.)	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %
VANS (S/.)	467 071	644 779	306 264	448 430	162 278	62 429
TIRS	35,0 %	93,6 %	28,5 %	71,3 %	15 %	12 %
Ratio beneficio-costo	2,2	2,6	1,7	2,1	1,3	1,1

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que el PIP es socialmente rentable aún en el escenario 6, que es el más pesimista.



**Ministerio de Economía y Finanzas**  
**Dirección General de Política de Inversiones DGPI**

Jr. Lampa 277 piso 7 - Lima 1  
Telf. (511) 3115930 / 311 9900  
Faz: (511) 626 9950

[snipnet@mef.gob.pe](mailto:snipnet@mef.gob.pe)  
[www.mef.gob.pe](http://www.mef.gob.pe)