

Capítulo 13 Resumen de los Resultados del Estudio sobre los Daños de Inundaciones y de Deslizamientos y sobre las Necesidades de Reconstrucción

13.1 Pertinencia de ejecutar el estudio sobre los daños de inundaciones y sobre las necesidades

13.1.1 Antecedentes de ejecución

El manejo de las inundaciones en el Perú debe consistir, como se indicó en el Capítulo 1, Sección 1.1 "Antecedentes del Estudio", en el fomento de las medidas preventivas para reducir los riesgos fundamentándose en el enfoque de la necesidad de prepararse para "reconstruir mejor (*Build Back Better*)", que incluye prepararse ante los desastres e implementar la reconstrucción post desastre bajo la cooperación internacional, concepto definido como el desafío hacia el futuro en el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015.

Sin embargo, antes de tomar las medidas preventivas para reducir los riesgos de inundaciones, entre enero y marzo de 2017, el Perú, en particular la región norte, ha sido azotado fuertemente por las grandes inundaciones de similar magnitud a las ocurridas en 1998, como consecuencia del El Niño Costero. De acuerdo con el Informe Final de INDECI, al 9 de junio de 2017, 980 comunidades han declarado el estado de emergencia, y el número total de personas afectadas superó 1,64 millones de personas (véase la Tabla 13.2.3 y la Tabla 13.2.4.).

Dentro de este contexto, se propuso entrevistar con las autoridades de las principales instituciones y organismos de las áreas afectadas para:

- evaluar los daños de las últimas inundaciones y deslizamientos, y conocer las políticas y necesidades locales de rehabilitación y reconstrucción.

Hemos considerado que es una excelente oportunidad para captar información a través del presente Estudio, la que será sintetizada con los datos e información de otros estudios para elaborar los materiales idóneos "para sostener discusiones con las autoridades del Perú sobre las políticas e instituciones orientadas a fortalecer las capacidades de manejo de inundaciones.

13.1.2 Objetivos de ejecución

Como se indicó anteriormente, el presente Estudio sobre los Daños de Inundaciones y de Deslizamientos y sobre las Necesidades de Reconstrucción tiene por objetivo elaborar los materiales que sirvan de base para "sostener discusiones con las autoridades del Perú sobre las políticas e instituciones orientadas a fortalecer las capacidades de manejo de inundaciones" entre JICA, los organismos relevantes peruanos y japoneses.

Por lo tanto, se propone a través del presente Estudio, no solo conocer las necesidades del Perú para la rehabilitación y reconstrucción, sino también conocer el mecanismo de generación de inundaciones y deslizamientos; analizar y revisar los resultados de análisis de precipitación, inundaciones y desbordamiento

(Capítulos 5 y 7 del presente Informe); y revisar los desafíos y soluciones incluyendo la construcción del sistema organizativo e institucional para la implementación de los futuros proyectos de manejo de inundaciones. Además, se propone incorporar el enfoque de aplicabilidad de la tecnología japonesa en el análisis de los desastres reales.

El estudio estaba compuesto por las siguientes dos etapas.

- Estudio preliminar: Este estudio tenía como objetivo principal conocer las generalidades de los daños de inundaciones y revisar la congruencia entre los daños reales y los resultados del análisis (véase el Capítulo 12) para realizar presentaciones sobre los daños de inundaciones y parte de las recomendaciones en el seminario de mayo de 2017 (véase el Capítulo 12). Asimismo, en esta etapa se realizó la coordinación necesaria para posibilitar la recepción del Equipo de Estudio en la etapa de estudio exhaustivo (segunda etapa) por parte de las autoridades locales de las cuencas seleccionadas y de ANA.
- Estudio intensivo: Esta etapa consiste en la ejecución del estudio de los daños de desastres y de las necesidades de reconstrucción. Se seleccionaron de manera preliminar como áreas de estudio: las seis cuencas de cuatro departamentos del norte (ríos Tumbes, Piura, Motupe y su afluente La Leche), los ríos que avenan la ciudad y municipio de Trujillo (ríos León, San Idelfonso y San Carlos) y el río Rímac de la provincia de Lima. Las áreas de estudio fueron seleccionadas definitivamente en consulta con las autoridades locales.

13.1.3 Generalidades del estudio y calendario de trabajo

(1) Estudio preliminar

El estudio preliminar fue ejecutado del 26 de abril al 3 de mayo de 2017. El estudio incluyó los siguientes componentes.

- Evaluación preliminar de los daños generales de inundaciones
- Estudio en campo (regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad)
- Actualización de los materiales de presentación del seminario en base a los resultados del estudio en campo y realización del seminario.
- Elaboración del plan y calendario tentativo de ejecución del estudio intensivo y coordinación del calendario de trabajo con las autoridades relevantes

(2) Estudio intensivo

El estudio intensivo se ejecutó del 26 de junio al 21 de julio de 2017. El estudio incluyó los siguientes componentes.

- Análisis hidrológico de las inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 (análisis de precipitaciones)

- Comparación con los resultados del análisis de desbordamiento ejecutado en el presente Estudio (Capítulo 5 al 7) y análisis de los eventos reales de inundaciones y desbordamientos.
- Reconocimiento en campo
 - Evaluación de los fenómenos de inundaciones y de deslizamientos
 - Identificación de las necesidades de reconstrucción y rehabilitación
 - Organización de los desafíos de las acciones de manejo de inundaciones convencional
- Recomendación sobre los desafíos y posibles soluciones enfocándose en las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas.
- Evaluación del potencial de aplicación de la tecnología japonesa

13.2 Resumen de los resultados del estudio preliminar

Como se indicó anteriormente, el estudio preliminar fue ejecutado del 26 de abril al 3 de mayo de 2017. A continuación se presenta el resumen de los resultados.

13.2.1 Calendario de trabajo

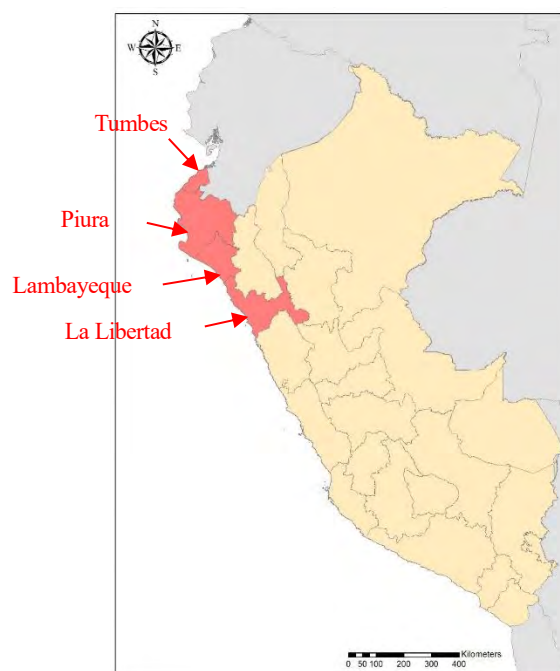
La primera etapa del Estudio (preliminar) sobre los daños y necesidades fue ejecutada siguiendo el calendario que se indica a continuación, con el fin de conocer las generalidades de los daños de inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 principalmente en la región norte del Perú; formular recomendaciones sobre las medidas de reducción de daños de las futuras inundaciones (el estudio detallado se llevó a cabo en la segunda etapa); y buscar la posibilidad de aplicar la tecnología japonesa.

Tabla 13.2.1 Calendario de ejecución del estudio sobre los daños de inundaciones (estudio preliminar)

Fecha	Sitios visitados
27 y 28 de abril de 2017	Río Tumbes (región de Tumbes)
29 de abril de 2017	Río Chira (región de Piura)
30 de abril de 2017	Río Piura (región de Piura)
1 de mayo de 2017	Ríos Motupe/La Leche, etc.(región de Lambayeque)
2 y 3 de mayo de 2017	Río Chicama, quebradas que avenan la ciudad de Trujillo (Departamento de La Libertad)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

A continuación se presentan los resultados del estudio preliminar de los daños de inundaciones y deslizamientos ejecutado siguiendo el calendario indicado anteriormente.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.1 Departamentos visitados en el estudio preliminar sobre los daños de inundaciones

13.2.2 Resumen de los daños según departamentos

Los datos generales de los daños sufridos en cada departamento fueron obtenidos del respectivo COER. Los resultados se indican en la siguiente Tabla 13.2.2.

Tabla 13.2.2 Resumen de los daños según departamentos estudiados (estudio preliminar)

Región	Damnificados (personas)	Viviendas afectadas (viviendas)	Centros educativos (centros)	Hospitales (hospitales)	Canales de riego (km)	Caminos (km)	Tierras de cultivo (ha)	Observaciones
Tumbes	38,021	11,547	88	39	1.309	408	5.399	
Piura	443,869	90,172	270	164	1,206	2,975	27,506	Total de pérdidas económicas: s/. 1,300 millones
Lambayeque	207,834	43,611						
La Libertad	257,153	71,986						

Fuente: Material proporcionado por los COE-R y por el personal responsable de prevención de desastres de cada gobierno regional (entre el 28 de abril y el 3 de mayo)

El INDECI ha publicado el resumen de los daños de los desastres provocados por el reciente El Niño Costero en su Sitio Web del 9 de junio de 2017. Los resultados se presentan en Tabla 13.2.3 y en Tabla 13.2.4.

Tabla 13.2.3 Número de distritos declarados en emergencia por El Niño Costero

No.	Región	Número de distritos declarados en emergencia	
		Provincia	Distritos
1	Áncash	20	166
2	Arequipa	8	49
3	Ayacucho	11	58
4	Cajamarca	13	127
5	Callao	1	3
6	Huancavelica	7	57

No.	Región	Número de distritos declarados en emergencia	
		Provincia	Distritos
7	Ica	5	27
8	Junín	1	1
9	La Libertad	12	83
10	Lambayeque	3	38
11	Lima	10	145
12	Loreto	7	47
13	Piura	8	65
14	Tumbes	3	13
Total		109	879

Fuente: Información de Emergencias y Daños Producidos por El "Niño Costero", INDECI, 09 Junio 2017
 Los departamentos o provincias en amarillo son donde se ejecutó el reconocimiento en campo en el estudio intensivo.

Tabla 13.2.4 Número de damnificados y afectados por El Niño Costero

No.	Región	Número de damnificados y afectados				
		Damnificados	Afectados	Fallecidos	Heridos	Desaparecidos
1	Amazonas	221	223			
2	Áncash	34,953	102,756	27	126	1
3	Apurímac	489	969	1	1	
4	Arequipa	2,110	48,914	17	40	5
5	Ayacucho	1,258	6,192	9	6	
6	Cajamarca	1,608	10,531	8	6	2
7	Cusco	244	7,633	9	2	
8	Huancavelica	5,493	29,031	6	2	
9	Huánuco	937	2,552	1	2	
10	Ica	4,525	103,012		60	
11	Junín	859	763	3	25	
12	La Libertad	74,310	378,379	14	69	4
13	Lambayeque	52,860	127,755	9	5	
14	Lima	16,760	39,029	16	78	1
15	Loreto	198	108,950			
16	Madre de Dios	257	7,548			
17	Moquegua	237	5,216	1	2	
18	Pasco	240	1,574	1	2	1
19	Piura	91,440	303,472	17	39	4
20	Puno	72	238	4	1	
21	San Martín	133	3,360	1		
22	Tacna	47	5,208	1		
23	Tumbes	1,016	56,493			
24	Ucayali	508	7,678	2		
Total		290,775	1,357,476	147	466	18
		1,648,251		631		

Fuente: Información de Emergencias y Daños Producidos por El "Niño Costero", INDECI, 09 Junio 2017
 Las regiones en amarillo son donde se ejecutó el reconocimiento en campo en el estudio intensivo.

13.2.3 Factores básicos que provocaron las inundaciones y deslizamiento

Los factores básicos que provocaron las últimas inundaciones y deslizamientos son tres: "condiciones meteorológicas", "exceso de lluvias asociado con las condiciones meteorológicas" y "el cambio de las condiciones sociales (aumento de vulnerabilidad)". A continuación se presenta el resumen.

(1) Factores meteorológicos: recurrencia de El Niño Costero

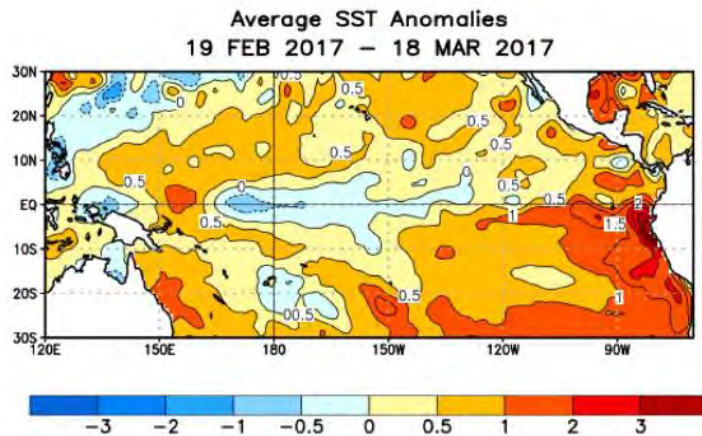
Entre 2015-2016 se observaron los fenómenos de El Niño extremadamente fuertes con potencial de provocar

grandes inundaciones. Ante esta predicción, el Gobierno Central del Perú centró esfuerzos para tomar medidas contra El Niño de gran escala para prepararse antes los posibles eventos⁸. Afortunadamente este fenómeno terminó. Sin embargo entre febrero y marzo renació el denominado El Niño Costero en la que la temperatura del agua marina aumenta en toda la franja ecuatorial del Océano Pacífico, y este fenómeno constituye uno de los factores básicos causantes de las últimas inundaciones⁹.

El último informe del Estudio Nacional del Fenómeno "El NIÑO" (ENFEN) y otros estudios relacionados con este fenómeno y las inundaciones describe lo siguiente.

- Tradicionalmente se decía que "el Fenómeno de El Niño produce las inundaciones en el Perú". Sin embargo, sería más preciso decir que "la alza de temperatura del agua en el Pacífico oriental (costas del Perú) provocada por El Niño acentúa las condiciones meteorológicas que pueden provocar grandes inundaciones en el Perú" (el equipo continuará ejecutando el estudio).

A continuación en las Figura 13.2.2 y Figura 13.2.3 se presentan los datos de la temperatura del agua del Pacífico en febrero y marzo de 2017 (comparados con un año ordinario) y los tipos de El Niño según años de ocurrencia.



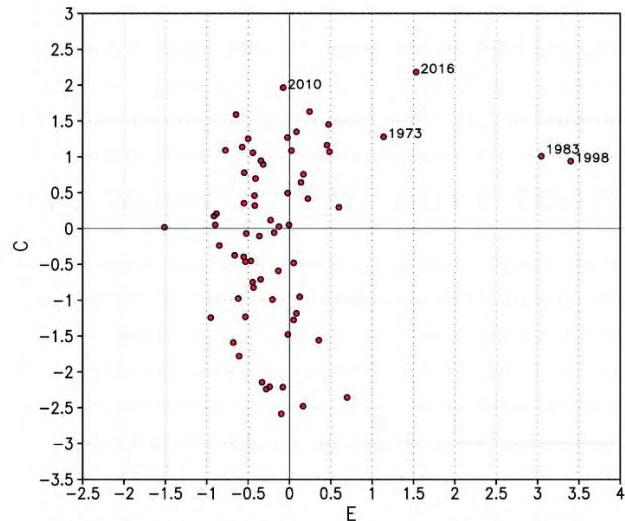
Fuente: Figura 2. La temperatura superficial del mar ha sido más alta que el promedio durante todo el mes pasado a lo largo de la mayor parte del Pacífico sudoriental. El calentamiento inusual ha sido especialmente marcado cerca de la costa del Perú, donde las temperaturas mensuales han sido mayor que 3°C (5,4°F). Imagen cortesía de: NOAA/NWS Climate Prediction Center, Bob Henson, Weather Underground

(<https://www.wunderground.com/cat6/weird-coastal-el-nino-clobbers-peru-80-killed-14-billion-damage>)

Figura 13.2.2 Evolución de El Niño entre febrero y marzo de 2017

⁸ Estas medidas consistieron básicamente en la construcción de la defensa ribereña y en el dragado (excavación) de los sedimentos acumulados en el lecho de los ríos.

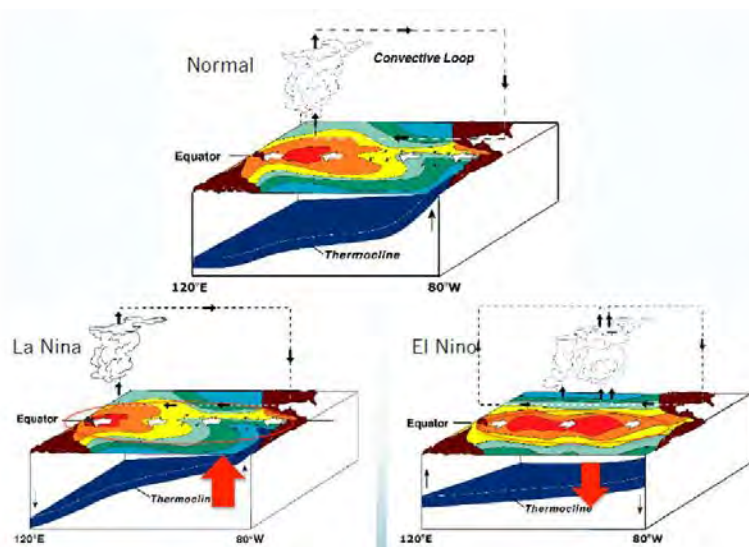
⁹ Sin embargo, este fenómeno no ha sido reconocido por NOAA de los EE.UU. ni por la Agencia Meteorológica del Japón como el Fenómeno de El Niño.



Fuente: Figura 3. Cada Fenómeno de El Niño puede ser clasificado según si su calentamiento de la superficie del mar es más enfocado en el Pacífico central ecuatorial (índice C) o en el Pacífico oriental ecuatorial (índice E). De los tres eventos más intensivos de El Niño entre 1950, 1982-83 y 1997-98 han sido dominados por el calentamiento del Pacífico oriental (tipo E), mientras que el calentamiento de 2015-16 fue más del tipo C que del tipo E, Bob Henson, Weather Underground (<https://www.wunderground.com/cat6/weird-coastal-el-nino-clobbers-peru-80-killed-14-billion-damage>)

Figura 13.2.3 Temperatura de la superficie del mar del Pacífico según años

A continuación se presenta la información extraída del material literal que explica el sistema general de generación del exceso de lluvias en el Perú y Ecuador por El Niño.



Fuente: Figura 1.1 Explicación esquemática del efecto de El Niño y La Niña (DRR-Informe de la Misión de Evaluación del Alcance, Perú, Equipo de Reducción de Riesgos de los Países Bajos (junio de 2016))

Fuente original: Thomas P. Phillips, Departamento de Ingeniería Aeroespacial, CCAR, ESOC, CIRES, Universidad de Colorado H. E. Longenecker (Universidad de Colorado) y J. M. Smith (Universidad de Nevada, Reno)

Figura 13.2.4 Explicación esquemática del efecto de El Niño y La Niña en el Perú - relación entre la temperatura del mar y la circulación atmosférica

(2) Precipitación: Ocurrencia de la precipitación récord

Bajo las condiciones meteorológicas asociadas con El Niño Costero indicadas anteriormente, se reportaron lluvias extremas en las áreas del presente Estudio.

De acuerdo con el Informe de SENAMHI, se reportaron precipitaciones máximas históricas o de similar nivel en los distritos y localidades que fueron inundados este año. En la siguiente Tabla 13.2.5 se presentan el historial de la precipitación máxima diaria según meses en distintas regiones publicado por SENAMHI y el extracto de los datos registrados en las estaciones de monitoreo de lluvias de las cuencas de los ríos Tumbes y Piura a efectos de comparar (en la Sección 13.3 se presenta el análisis más detallado de las precipitaciones).

Tabla 13.2.5 Precipitación máxima diaria histórica en las cuencas de los ríos Tumbes y Piura y los datos de 2017

Cuenca/ Estación	Precipitación máxima histórica (año: mm)			Segundo lugar (año: mm)			Precipitación máxima en 2017 (mm)		
	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo	Enero	Febrero	Marzo
Tumbes /									
Prayal	'87: 90.0	'98: 219.0	'02: 103.7	'98: 80.6	'06: 131.6	'08: 91.5	67.7	21.1	53.1
Puerto Pizarro	'17: 192.8	'83: 139.0	'83: 166.0	'98: 97.1	'98: 131.1	'99: 129.2	192.8	48.6	77.4
Matapalo	'98: 129.4	'98: 276.4	'98: 119.7	'07: 97.3	'95: 138.6	'15: 113.9	70.6	111.6	80.6
Piura /									
Morropón	'83: 152.7	'17: 150.5	'81: 170.9	'09: 95.4	'07: 113.5	'12: 120.0	78.0	150.5	116.0
Lancones	'98: 146.6	'98: 139.8	'16: 200.0	'73: 80.0	'08: 110.5	'13: 151.4	21.8	63.8	140.0
San Pedro	'83: 168.0	'83: 166.5	'17: 159.5	'98: 130.0	'08: 109.5	'98: 142.3	75.3	155.3	159.5
Malacasi	'98: 122.0	'17: 134.2	'98: 251.2	'17: 72.3	'00: 95.8	'17: 143.1	72.3	134.2	143.1

Nota: Las celdas amarillas son precipitaciones diarias ocurridas entre enero y marzo de 2017.

Fuente: SENAMHI

Como se observa, las precipitaciones registradas en muchas de las estaciones representativas de las dos regiones donde se llevó a cabo el estudio preliminar de daños, corresponden al primer o segundo nivel máximo histórico, lo que sugiere que el exceso de lluvias fue una de las causas directas de las inundaciones ocurridas.

(3) Factores sociales: Concentración de la población y de los bienes en las regiones vulnerables ante inundaciones y deslizamientos asociada con el desarrollo económico

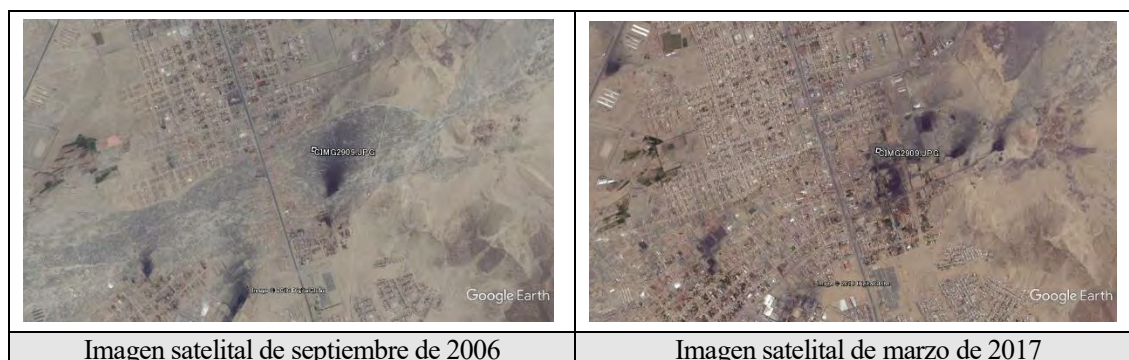
La vulnerabilidad social acentuada por el desarrollo económico y el crecimiento de la población peruana ha sido otro factor que agravó los daños de los desastres de inundaciones y deslizamientos.

Por ejemplo, la pérdida de la memoria histórica respecto a desastres ha hecho que se construyeran viviendas y otros activos en las áreas de alto riesgo que históricamente han sido azotadas por varias inundaciones y deslizamientos. A continuación se describen algunos ejemplos representativos.



Fuente: Google Earth

Figura 13.2.5 Uso de las tierras en la cuenca de la quebrada León y en la cuenca baja de la quebrada en Trujillo-1



Fuente: Google Earth

Figura 13.2.6 Uso de las tierras en la cuenca de la quebrada León y en la cuenca baja de la quebrada en Trujillo-2

13.2.4 Principales factores causantes de las inundaciones y huaicos

Las últimas inundaciones que azotaron diferentes localidades fueron producidas por los tres factores básicos descritos en el apartado 13.2.3. Por otro lado, también es cierto que el nivel de desarrollo de las obras de control de inundaciones y las causas directas de las inundaciones se difieren según regiones y cuencas, según la información captada en el presente Estudio. En la siguiente Tabla se resumen las principales causas. Éstas pueden ser consideradas como causas (amenazas) directas de los daños causados por las últimas inundaciones y deslizamientos.

Tabla 13.2.6 Causas de las inundaciones de los ríos en las regiones estudiadas

Regiones	Cuencas, ríos, quebradas, etc.	Causas directas de los últimos daños relacionadas con la gestión de los ríos
Tumbes		
	Río Tumbes	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-1: Desbordamiento parcial del agua en los tramos no protegidos ● Tipo-3: Falta de obras de control de remanso ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)
Piura		
	Río Chira	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-5: Daños de las tierras de cultivo y de las instalaciones agrícolas por el desbordamiento de las quebradas de otras cuencas
	Río Piura	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-2: Ocurrencia del caudal que supera el período de retorno del diseño de los diques y las obras de control de inundaciones *1 ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-6: Reducción de la capacidad hidráulica debido a la acumulación de sedimentos arrastrados de la cuenca alta en las cuencas media y baja.

Regiones	Cuencas, ríos, quebradas, etc.	Causas directas de los últimos daños relacionadas con la gestión de los ríos
Lambayeque		
	Ríos Chancay-Lambayeque	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-7: Inundación del área urbana debido a la precipitación que supera la capacidad de drenaje de la localidad*2 ● Tipo-2: Ocurrencia del caudal que supera el período de retorno del diseño de los diques y las obras de control de inundaciones *3
	Río Motupe Río La Leche *5	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-2: Ocurrencia del caudal que supera el período de retorno del diseño de los diques y las obras de control de inundaciones *4 ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)
	Río Olmos	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-6: Reducción de la capacidad hidráulica debido a la acumulación de sedimentos arrastrados de la cuenca alta en las cuencas media y baja.
● La Libertad		
	Tres quebradas en Trujillo	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-8: Falta de protección y mantenimiento de los canales urbanos y afluentes*6
	Río Chicama	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques) ● Tipo-9: Falta de la capacidad hidráulica del puente de alcantarillado que atraviesa el río.
	Quebrada ³	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-9: Falta de la capacidad hidráulica del puente de alcantarillado que atraviesa el río.
	Quebrada. Cuculicote	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipos-2 y 6: Crecida que excede la sección desarrollada y la acumulación de sedimentos arrastrados de la cuenca alta.
	Río Viru	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo-10: Construcción de la cimentación apropiada del puente (se requiere más estudio) ● Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)

*1: 3.400m³/s está por encima de la capacidad del canal del río (1700~2000 m³/s) (a ser confirmado durante la Planificación de la reconstrucción)

*2: Túcume pobre en la ciudad

*3: Baja capacidad de flujo aguas abajo

*4: 700~800 m³/s por encima de la capacidad del canal existente (Aprox. 400m³/s) en Illimo (23 caseríos fueron aislados.) (a ser confirmado durante la planificación de la reconstrucción)

*5: La Leche es el afluente del río Motupe

*6: Quebrada. León, quebrada. San Idelfonso, quebrada. San Carlos

Fuente: Elaborado por el Equipo de Estudio

En base a la información presentada en la Tabla 13.2.6, a continuación se resumen las condiciones de los ríos y de las cuencas que causaron las últimas inundaciones (falta de las obras de drenaje) según las causas.

(1) Causas de las inundaciones: Falta de capacidad hidráulica o de desarrollo del control de inundaciones apropiado (Tipo-1, Tipo-2)

(a) Tipo-1: Inundaciones ocurridas por falta de obras de control: río Tumbes, etc.

Las obras de control de inundaciones en el Perú son ejecutadas como proyectos aislados en los tramos considerados "más críticos". Por ejemplo, el proyecto PERPEC⁴ ejecutado entre 1999 y 2009 y otros

³ El término "quebrada" es un sustantivo que se usa para referirse al pequeño tributario intermitente que confluye al río permanente. Su abreviatura de "Qda."

⁴ El Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación (PERPEC) fue ejecutado entre 1999-2009 para la reconstrucción de las zonas afectadas por las grandes inundaciones ocurridas en 1997 y 1998, con un monto de inversión de

consistieron en la construcción de diques y defensa ribereña en tramos específicos, pero no han sido proyectos que abarcaron el río en su conjunto.

Actualmente, la mayoría de los proyectos de control de inundaciones es ejecutada principalmente por el respectivo gobierno regional, y consiste en construir la defensa ribereña o diques específicamente en los tramos afectados. Como consecuencia, la solución es del tipo parche. De esta manera, por ejemplo en las tierras planas de la cuenca baja del río Tumbes, existen tramos no protegidos desde donde se desborda el agua cuando ocurren avenidas que superan la capacidad hidráulica del río, dejando inundadas las tierras de cultivo, etc.



Fuente: ALA-Tumbes (Vídeo proporcionado por ALA-Tumbes con aclaratorias del Equipo de Estudio)

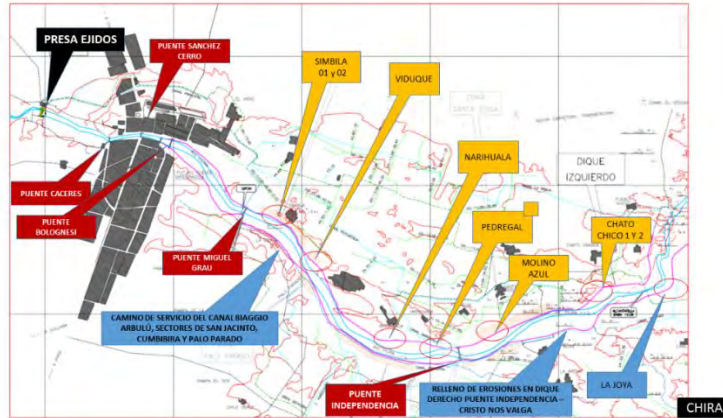
Figura 13.2.7 Inundaciones en las tierras bajas de la cuenca baja del río Tumbes

(b) Tipo-2: Inundaciones por el caudal que superó el período de retorno de diseño de las obras de control: río Piura, etc.

Como se indicó anteriormente, los proyectos de control de inundaciones en el Perú consisten básicamente en proteger los tramos críticos con diques y obras de defensa ribereña, por lo que las inundaciones se producen en los tramos desprotegidos (o protegidos con los diques más pequeños). Sin embargo, en las últimas inundaciones el agua se desbordó (de la corona de los diques) también en los tramos protegidos a través de los proyectos precedentes.

El desbordamiento del flujo de las avenidas del río Piura en el tramo protegido de la ciudad de Piura del es un ejemplo representativo de lo mencionado anteriormente.

US\$ 126 millones. Los principales proyectos fueron la construcción de diques y otras obras de defensa ribereña, excavación del lecho, reconstrucción del sistema de riego destruido, etc.



Leyenda: **Rojo**: puentes; negro: obras de cabecera; **amarillo**: daños y ruptura de los diques; **azul**: socavación
 Fuente: Proyecto Chira-Piura (región de Piura)

Figura13.2.8 Sitios afectados a lo largo del río Piura, ciudad de Piura

La información proporcionada por el personal entrevistado de AAA/ALA y del Gobierno Regional de Piura ha sido diferente en la primera y segunda etapa del Estudio. Por ejemplo, durante el estudio en campo que se llevó a cabo en mayo de 2016, la capacidad hidráulica del tramo protegido había sido de 3,700 m³/s. Sin embargo, esta cifra fue cambiada a 2,000 m³/s aproximadamente en el estudio de campo ejecutado en marzo de 2017, aunque el personal técnico entrevistado ha sido diferente al entrevistado precedentemente. Se dice que el caudal que pasó por el puerto Sánchez, cerro ubicado en la ciudad de Piura en las últimas inundaciones fue de 3,468 m³/s.



Fuente: Las dos fotos de arriba son del Proyecto Chira-Piura, y las dos de abajo fueron tomadas por el Equipo de Estudio

Figura13.2.9 Ruptura del dique del río Piura por las avenidas que superaron la capacidad hidráulica, y su rehabilitación

(c) Tipo-9: Inundaciones agravadas por la intercepción del flujo de agua debido a la presencia de las estructuras que cruzan el cauce: río Chicama, etc.

En la región de La Libertad, el agua fluvial, en especial del río Chicama, entró a la carretera Panamericana produciendo:

- el estancamiento del agua durante prolongado tiempo y
- daños de la calzada por la corriente circulante, dejando bloqueada la carretera por más de 30 días.

(2) Causas de las inundaciones: Tipo-4: Socavación de las riberas (destrucción parcial o total de la defensa ribereña y diques)

Entre los principales daños de las inundaciones que sufren las áreas protegidas con los diques en el Perú se menciona la pérdida de las tierras de cultivo de excelente calidad debido a la socavación de las riberas.

Las posibles medidas para reducir los daños de socavación son:

- la construcción de las sólidas obras de defensa ribereña;
- la reducción del efecto de socavación por el espigón; y
- el cambio del curso de agua,

entre otras.

 <p>Daños de socavación en la cuenca baja del río Tumbes -1: Se dice que se perdieron 7 has. de tierras de cultivo en un día.</p>	 <p>Daños de socavación en la cuenca baja del río Tumbes -2: Los daños de socavación continúan día a día y se requiere tomar las medidas cabales</p>
 <p>Tramo socavado del río Chira: Pone en riesgo de colapsar el canal de riego importante para la comunidad local</p>	 <p>Daños de la defensa ribereña en la cuenca baja del río Tumbes: Existen algunos tramos que la obra existente ha sido dañada, requiriendo construir una obra de defensa ribereña más resistente</p>

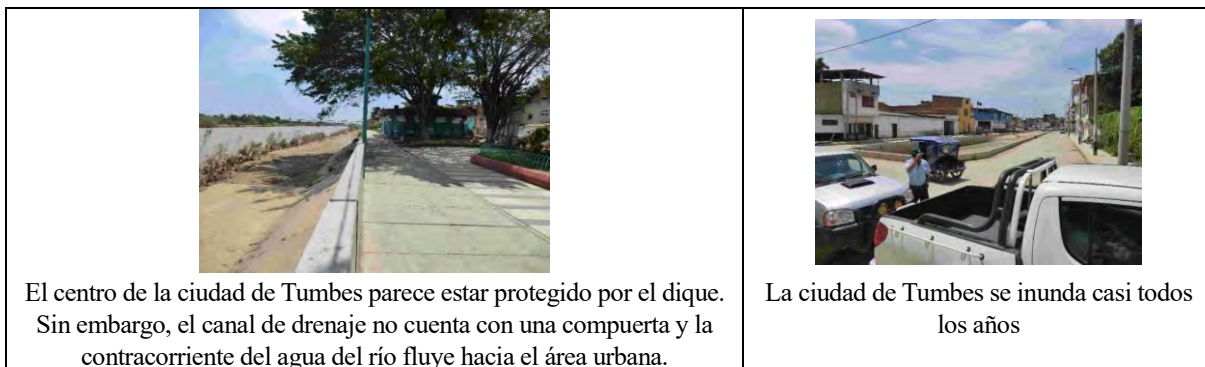
Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.10 Fotos de los daños de socavación de los ríos

(3) Causas de las inundaciones:

(a) Tipo-3: Falta de obras de control de remanso

Éste es el tipo de inundación que se produce no por el desborde de las avenidas por encima del dique, sino por el contraflujo que entra al área urbana a través de los canales de drenaje.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.11 Área ribereña de la ciudad de Tumbes inundada por la contracorriente del agua del río

Este tipo de inundaciones ha sido percatado solo en la ciudad de Tumbes durante el estudio preliminar, pero es probable que haya ocurrido también en otras ciudades como Piura, etc.

(b) Tipo-7: Inundación del área urbana debido a la precipitación que supera la capacidad de drenaje de la ciudad

Muchos de los canales de drenaje de las ciudades localizadas en las regiones de baja precipitación, como es de esperar, no están diseñados para prevenir los daños de inundaciones y existe el riesgo de que toda la ciudad se inunde cuando ocurre repentinamente el exceso de lluvias.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.12 Lambayeque, una ciudad que no cuenta con suficientes canales de drenaje

(4) Causas de huaico: Falta de las medidas de control de generación de sedimentos en la cuenca alta y de control de arrastre hacia la cuenca baja

(a) Tipo-6: Reducción de la capacidad hidráulica por la acumulación de sedimentos en la cuenca baja e incremento de los daños de socavación por el cambio de dirección de flujo

Los sedimentos arrastrados de aguas arriba se acumulan en el cauce de la cuenca baja donde la pendiente es menos acentuada. Esta acumulación provoca el "aumento del riesgo de inundaciones por la reducción de la capacidad hidráulica del río" y el "agravamiento de la socavación de las riberas por el cambio de dirección de flujo".



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio y por ANA

Figura 13.2.13 Acumulación de sedimentos sobre el lecho

(b) Tipo-5: Daños de las tierras de cultivo y de las instalaciones agrícolas por el desbordamiento de las quebradas de otras cuencas y

Tipo-8: Falta de protección y mantenimiento de los canales urbanos y afluentes

Como consecuencia de la falta de obras de retención en la cuenca alta que es la principal zona productora de sedimentos y del canal para descargar los sedimentos de manera segura, muchas de las viviendas y valiosos bienes han sido dañados por las inundaciones y deslizamientos.

	
Quebrada Cuculicote cuya sección fluvial casi desapareció por los sedimentos arrastrados por las inundaciones	Canal de drenaje de la ciudad de Trujillo cuya sección reducida no deja de pasar suficientemente las avenidas y los sedimentos
	
Afluyente del río Rímac que descarga directamente los sedimentos sobre una importante autopista por las inundaciones.	Afluyente del río Rímac que necesita retener los sedimentos aguas arriba

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio y por ANA

Figura 13.2.14 Ejemplos de los daños agravados por los sedimentos arrastrados de la cuenca alta

13.2.5 Consideraciones y recomendaciones sobre los proyectos de control de inundaciones formuladas en base a los resultados del estudio preliminar

(1) Propuestas sobre las buenas prácticas

(a) Ejecución adecuada y oportuna de las acciones relacionadas con la protección contra la ruptura de los diques del río Piura

La ciudad de Piura estaba protegida por un sistema de diques. En las últimas inundaciones, el agua del río se desbordó casi en todo el tramo que confina con la ciudad, pero solo cinco tramos han sido destruidos. Esto, en gran medida gracias a las acciones de protección de diques del Proyecto Chira-Piura gestionado por el Gobierno Regional de Piura asistido por AAA/ALA, como por ejemplo la retardación del desborde del dique, reparación oportuna de los tramos socavados, etc.

	
Foto tomada inmediatamente después de los daños de socavación del dique (Simbila)	Obras de reparación y refuerzo de emergencia del tramo socavado (Simbila)

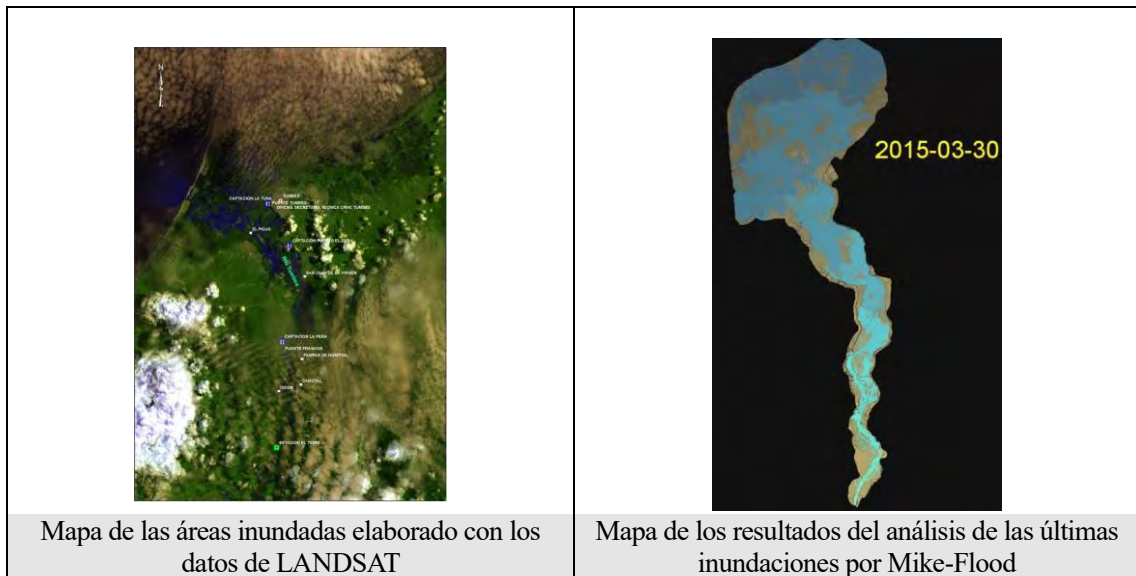


Fuente: Las dos fotos de arriba son del Proyecto Chira-Piura, y las dos de abajo fueron tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.2.15 Obras de protección del dique del río Piura

(b) Análisis del modelo de inundaciones y desbordamiento del río Tumbes por ALA-Tumbes en cooperación con la Universidad de Tumbes

ALA-Tumbes adquirió con los recursos propios los datos Lidar de las tierras bajas de la cuenca, y asistida por la cooperación de la Universidad de Tumbes, realizó el simulacro de las inundaciones de 2015 que dejaron consecuencias devastadores en los últimos años desde 1999. El trabajo duró nueve meses aproximadamente y se utilizó Mike-Flood. De esta manera logró crear el modelo de desbordamiento e inundaciones. A continuación, en la Figura 1-4-2 se presenta la imagen satelital utilizada para la calibración y el plano de simulacro de inundaciones de 1995 utilizando Mike-Flood.



Fuente: ALA-Tumbes

Figura 13.2.16 Mapas de áreas inundadas del río Tumbes en 2015

Este modelo reproduce precisamente los resultados de las inundaciones de 2015, por lo que ALA-Tumbes contempla aplicar en el futuro plan de control de inundaciones.

(2) Resumen de las recomendaciones y propuestas sobre las acciones de reconstrucción (tomando en cuenta la aplicabilidad de la tecnología japonesa)

En base a las conclusiones alcanzadas sobre los daños de inundaciones descritos anteriormente en la primera etapa del estudio, se plantearon las siguientes recomendaciones y propuestas del estudio preliminar. Estas propuestas fueron presentadas en las dos sesiones del seminario ofrecido los días 10 y 11 de mayo de 2017.

(a) Reconfirmación de las tres propuestas formuladas en el presente Estudio

Las tres propuestas siguientes planteadas en el borrador del Informe Final (en lo sucesivo referido como "BIF") fueron reconfirmadas a lo largo de la ejecución del estudio de evaluación de los daños de inundaciones. Los detalles se describen en la siguiente Tabla.

- Elaboración urgente del Plan de Control de Inundaciones
- Manejo apropiado de los ríos
- Construcción del sistema de ejecución apropiada de los proyectos de control de inundaciones

Tabla 13.2.7 Relevancia de las tres propuestas del presente Estudio según los resultados de la evaluación de los daños

Propuestas	Relevancia de las propuestas confirmadas en la evaluación de los daños
Elaboración urgente del Plan de Control de Inundaciones	Las entidades administradoras de los ríos que produjeron las últimas inundaciones no cuentan con un plan que especifique claramente el caudal de avenidas de diseño (distribución del caudal), sección normal, sección longitudinal, etc., de modo que las obras son diseñadas para cada proyecto sin un plan integral y general de control de inundaciones.
Manejo apropiado de los ríos	Como se indicó en la Figura 1-3-5, a falta de un plan integral de manejo de cuenca, el ancho de los ríos y de los canales de drenaje está reduciéndose año a año por efectos de la urbanización.
Construcción del sistema de ejecución de proyectos	Como se explicó en el apartado 1-3-3 (1), en el caso del río Tumbes, existen tramos protegidos con las obras ejecutadas por el gobierno central a través de PERPEC, etc. y otros tramos protegidos con las obras ejecutadas por el gobierno regional. Entre ambos tramos existe una brecha, y el agua del río se desborda a través de los tramos no protegidos o protegidos con diques bajos. Asimismo, como se indicó en el apartado 1-3-3(3), el sistema de drenaje urbano de Tumbes no cuenta con estación de bombeo ni compuertas. Si bien es cierto que a la fecha no se han producido crecidas que superan la altura de los diques, cuando aumenta el nivel de agua del río Tumbes, se produce el contraflujo, es decir el agua del río entra a la ciudad a través de los canales de drenaje dejando inundada la ciudad. Sin embargo, el gobierno municipal de Tumbes no cuenta con suficiente presupuesto ni capacidad para elaborar la propuesta de proyecto para ser aprobado por el MEF, y como consecuencia no está en condiciones para responder y solucionar esta situación. Estas dos situaciones se deben a la falta de definición clara de las prioridades y de las responsabilidades para ejecutar los proyectos de control de inundaciones en un mismo río, habiendo necesidad de construir un sistema de ejecución de los proyectos de control de inundaciones (definiendo claramente las responsabilidades de cada institución y entidad involucradas).

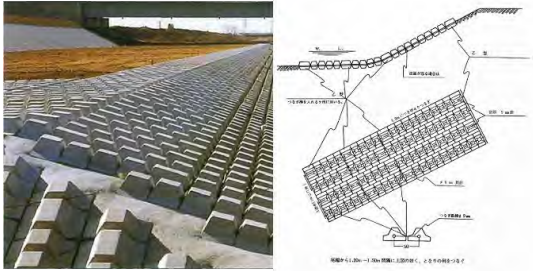
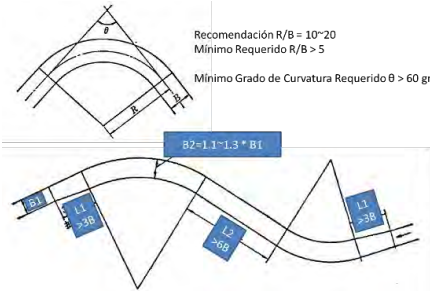
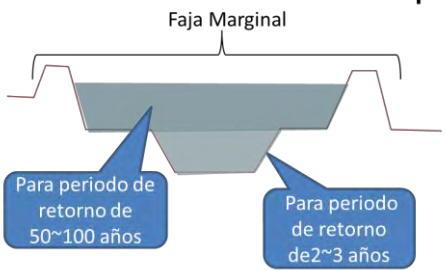
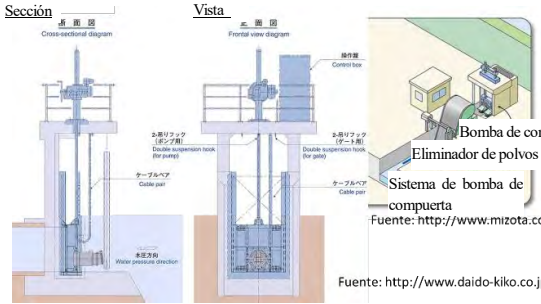
Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

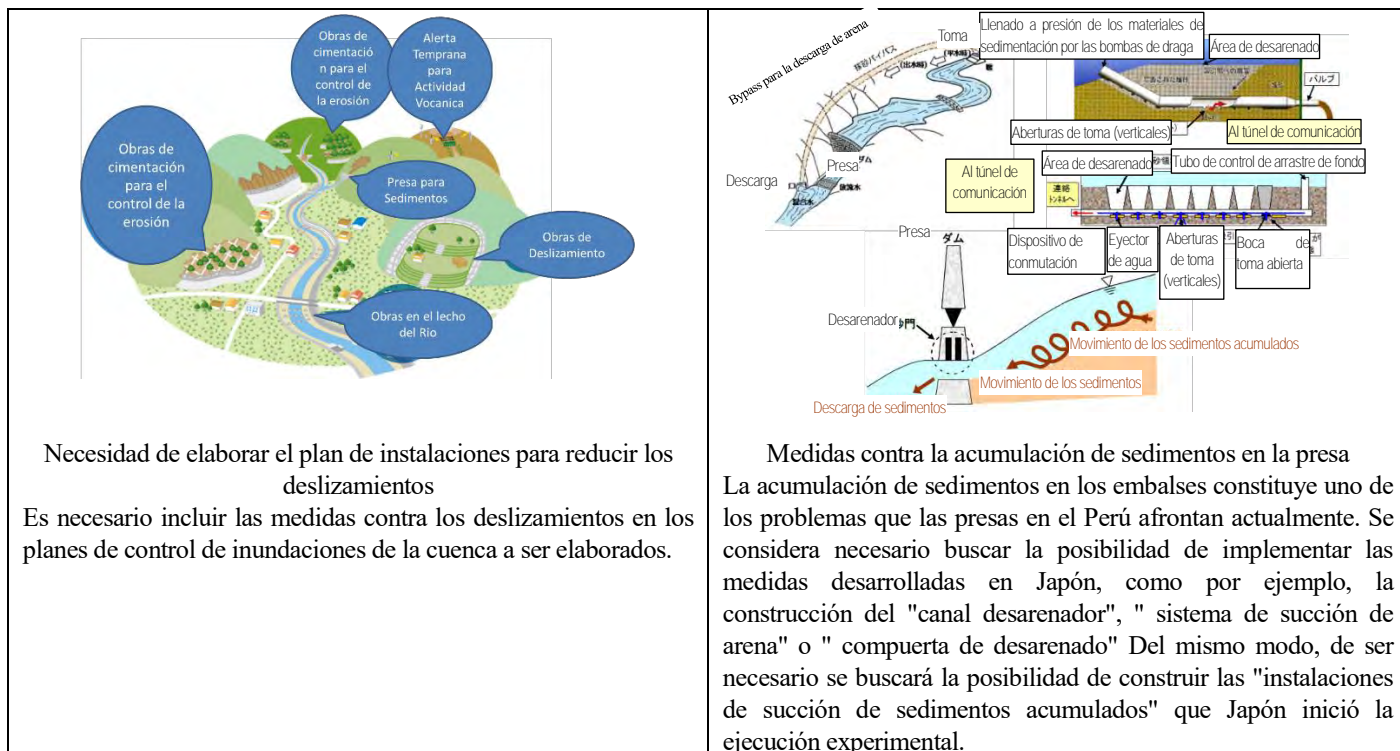
(b) Recomendaciones técnicas confirmadas en el estudio preliminar

Además de las tres recomendaciones mencionadas ("Elaboración del Plan de Control de Inundaciones" etc.), el estudio preliminar identificó los siguientes seis aspectos técnicos que deben ser mejorados.

- Consideraciones del diseño de la defensa ribereña para reducir los daños de socavación: adopción de una pendiente menos acentuada de la defensa ribereña;
- propuesta de revisar el alineamiento del cauce para reducir los daños de socavación;
- propuesta de adoptar la sección compuesta a fin de estabilizar el cauce;
- propuesta de elaborar y ejecutar el plan de drenaje para reducir los daños de inundaciones;
- propuesta sobre las consideraciones de los planes de control de inundaciones y de sedimentos;
- propuesta de otras medidas para descargar la arena de la presa

En la siguiente Tabla se presentan algunas técnicas y conocimientos aplicables a la solución de estos seis aspectos identificados.

 <p>Kyowa Concrete Industry Co., Ltd. http://www.kyowa-concrete.co.jp</p> <p>Defensa ribereña con colchón de bloques articulados de Japón Se cubre el talud con pendiente suave. El colchón es flexible y los bloques están atados con alambres, minimizando el riesgo de ser arrastrado.</p>	 <p>Recomendación $R/B = 10 \sim 20$ Mínimo Requerido $R/B > 5$ Mínimo Grado de Curvatura Requerido $\theta > 60$ grados</p> <p>$R/B = 1.1 \sim 1.3 * B1$</p> <p>Alineamiento del cauce para prevenir la socavación Este método consiste en mejorar el alineamiento del río para desacelerar la velocidad de flujo anormal debido a la curva y para prevenir la socavación. Para su implementación, se requiere tomar en cuenta el factor ambiente fluvial.</p>
<p>Recomendación con la Forma compuesta</p> <p>Faja Marginal</p>  <p>Para periodo de retorno de 50~100 años</p> <p>Para periodo de retorno de 2~3 años</p> <p>Propuesta de la sección compuesta del río Se recomienda adoptar en lo posible la sección compuesta para prevenir la acumulación de sedimentos sobre el lecho del río, y para asegurar el flujo seguro del agua de avenidas.</p>	 <p>Sección 断面図 Cross-sectional diagram</p> <p>Vista 正面図 Frontal view diagram</p> <p>コンクリート Concrete</p> <p>ボンプアップ (ポンプ) Double suspension lock (for pump)</p> <p>ケーブルループ Cable loop</p> <p>水の流れ Water passage direction</p> <p>Bomba de compuerta</p> <p>Eliminador de polvos</p> <p>Sistema de bomba de compuerta</p> <p>Fuente: http://www.mizota.co.jp</p> <p>Fuente: http://www.daido-kiko.co.jp</p> <p>Necesidad de construir el sistema de drenaje en el área urbana Se requiere instalar las compuertas y estación de bombeo para prevenir la entrada del agua de crecidas al área urbana a través de los canales de drenaje.</p>



Fuente: ALA-Tumbes

Figura 13.2.17 Tecnología que puede solucionar los problemas de inundaciones en el Perú (según el estudio preliminar)

13.2.6 Presentación de los resultados del estudio preliminar en el seminario

El 10 de mayo de 2017 el Equipo de Estudio organizó un seminario, en el que se realizaron las presentaciones sobre "las causas de inundaciones" relacionadas con los últimos eventos (véase el apartado 13.2), "causas de los daños y propuesta de mejoramiento básico" y sobre la "tecnología japonesa aplicable" descrita en el Capítulo 12. En el Anexo 9 se presentan los materiales de presentación.

13.2.7 Propuesta de ejecución del estudio intensivo sobre los daños de inundaciones y las necesidades (borrador)

Como se indicó en el apartado 13.2.3, las causas de las últimas inundaciones difieren según las cuencas. Por lo tanto, se definieron las siguientes políticas de ejecución de la segunda etapa del estudio (estudio intensivo) tomando en cuenta los resultados de la primera etapa.

- Lineamiento de ejecución del estudio -1: Dividir el estudio según las causas de desastres
Dividir el Equipo de Estudio en dos grupos: el primero encargado de las inundaciones de los ríos, y el segundo encargado de los deslizamientos y huaycos
- Lineamiento de ejecución del estudio -2: Dividir el estudio según las cuencas y departamentos y según las causas de desastres
- Lineamiento de ejecución del estudio -3: Elaborar el informe de los resultados del estudio incorporando los conocimientos y experiencias del Japón

13.3 Resumen de los resultados del Estudio sobre los daños de inundaciones y de huaicos y sobre las necesidades de reconstrucción (estudio intensivo)

13.3.1 Revisión del análisis hidrológico de las inundaciones ocurridas entre enero y marzo de 2017 (análisis de precipitaciones)

(1) Ejecución del análisis de precipitaciones en las cuencas del norte del Perú que causaron graves daños de inundaciones

Se llevó a cabo el análisis de precipitación de las cuencas de los ríos Tumbes, Piura, Chancay-Lambayeque y Motupe que produjeron daños devastadores de inundaciones entre enero y marzo de 2017. El análisis consistió en lo siguiente:

- Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en base a la precipitación máxima anual y variación a lo largo del tiempo;
- evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en base a los período de retorno según las estadísticas hidrológicas; y,
- evaluación de las características especiales de la precipitación dentro de las cuencas

Cabe recordar que, tal como se indicó en el "Capítulo 5 Análisis de precipitación", para este análisis se seleccionó y se aplicó el modelo óptimo de entre los diferentes modelos de distribución de probabilidad (véase la Sección 5.1.5).

(a) Cuenca del río Tumbes

a) Datos recopilados

De los datos de precipitación (diaria) de 2017 del río Tumbes disponibles actualmente, el Equipo de Estudio obtuvo de SENAMHI los datos de dos estaciones indicadas en la siguiente Tabla. De esta manera, el análisis se realizó aplicando los datos de precipitación de estas dos estaciones. Lo ideal hubiera sido recopilar y analizar los datos captadas en la cuenca alta, a fin de conocer la distribución espacial de las lluvias dentro de la cuenca del río Tumbes, lo cual no ha sido posible ya que la cuenca alta del río pertenece al territorio ecuatoriano.

Tabla 13.3.1 Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca del río Tumbes)

Estaciones	Longitud	Latitud	Precipitación máxima (mm/día)	Fecha de ocurrencia	Observaciones
PUERTO PIZARRO	80° 28' 0.00"	3° 30' 52.85"	192.8	30/1/2017	Desembocadura
RICA PLAYA	80° 30' 3.20"	3° 48' 17.30"	95.5	14/2/2017	Cuenca media



Fuente: Google Earth

Figura 13.3.1 Mapa de ubicación de la estación de monitoreo de lluvias (cuenca del río Tumbes)

b) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos de la precipitación máxima diaria anual y variación a lo largo del tiempo

En la Figura 13.3.2 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la Estación Puerto Pizarro (a la desembocadura) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Puerto Pizarro, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico desde que se inició el monitoreo en esta estación.

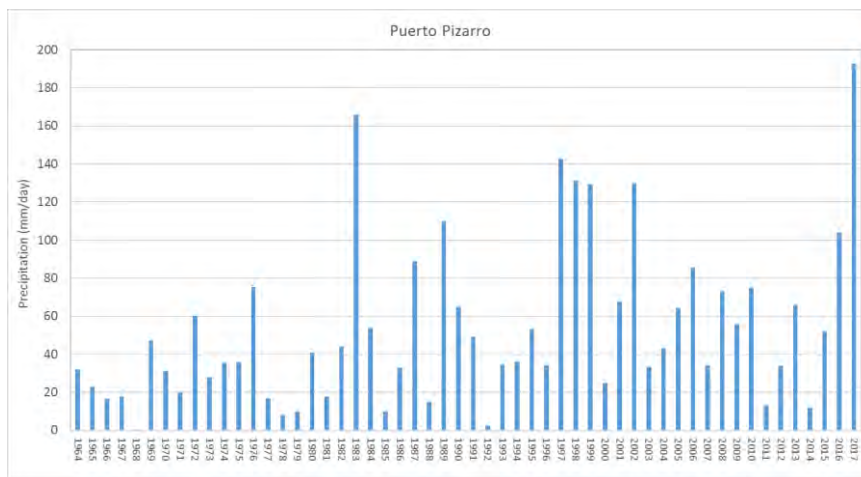


Figura 13.3.2 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes)

En la Figura 13.3.3 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Rica Playa (en la cuenca media) en serie temporal. El evento de lluvias de 2017 registrado en Rica Playa, medido en precipitación máxima diaria, no ha sido necesariamente muy diferente en comparación con otros eventos precedentes.

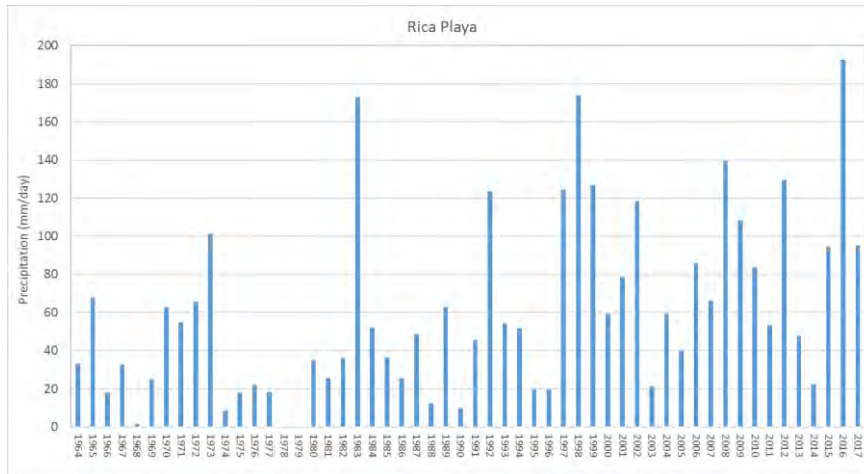


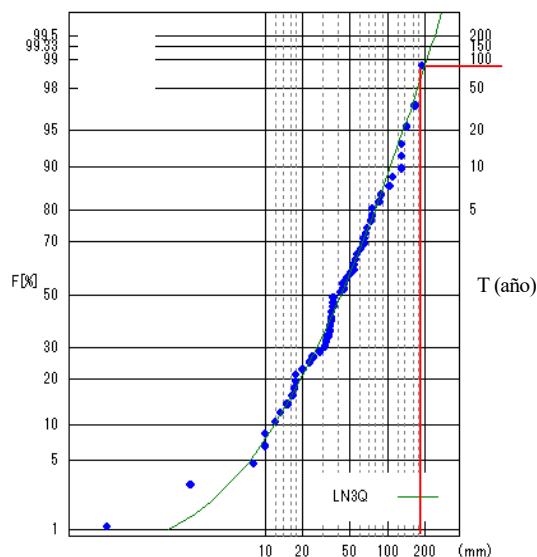
Figura 13.3.3 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes)

c) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos del período de retorno de las precipitaciones

En la Tabla 13.3.2 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Puerto Pizarro comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 70 u 80 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.2 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	41.4	58.0	78.6	106.9	136.4	177.5	210.2	192.8



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.4 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Tumbes) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)

Por otro lado, en la Tabla 13.3.3 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Rica Playa comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 3 a 5 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.3 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	51.9	74.5	100.3	131.4	158.2	187.5	205.5	95.5

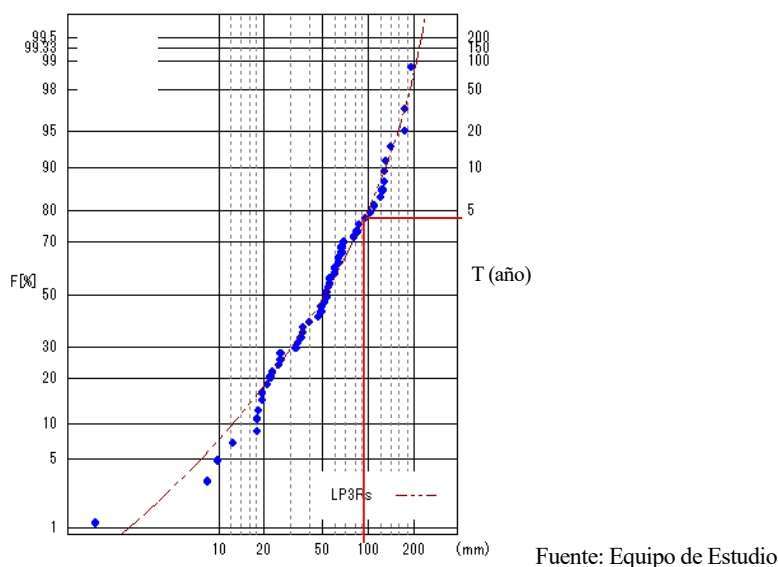


Figura 13.3.5 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Rica Playa de la cuenca del río Tumbes) (modelo de distribución de probabilidad: LP3Rs)

(b) Cuenca del río Piura

a) Datos recopilados

De los datos de precipitación (diaria) de 2017 del río Piura disponibles actualmente, el Equipo de Estudio obtuvo de SENAMHI los datos de cuatro estaciones indicadas en la Tabla 13.3.4. De esta manera, el análisis se realizó aplicando los datos de precipitación de estas dos estaciones.

Tabla 13.3.4 Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca del río Piura)

Estaciones	Longitud	Latitud	Precipitación máxima (mm/día)	Fecha de ocurrencia	Observaciones
Chusis	80° 50' 0.00"	5° 31' 0.00"	140.6	25/3/2017	Desembocadura
San Miguel	80° 40' 55.00"	5° 14' 35.00"	126.1	21/3/2017	Cuenca media
Morropón	79° 58' 41.00"	5° 10' 47.00"	150.5	23/2/2017	Cuenca alta
Malacasi	79° 53' 29.00"	5° 19' 23.00"	143.1	25/3/2017	Cuenca alta



Fuente: Google Earth

Figura 13.3.6 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de lluvias (cuenca del río Piura)

b) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos de la precipitación máxima diaria anual y variación a lo largo del tiempo

En la Figura 13.3.7 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación Chusis (a la desembocadura) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Chusis, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico desde que se inició el monitoreo en esta estación.

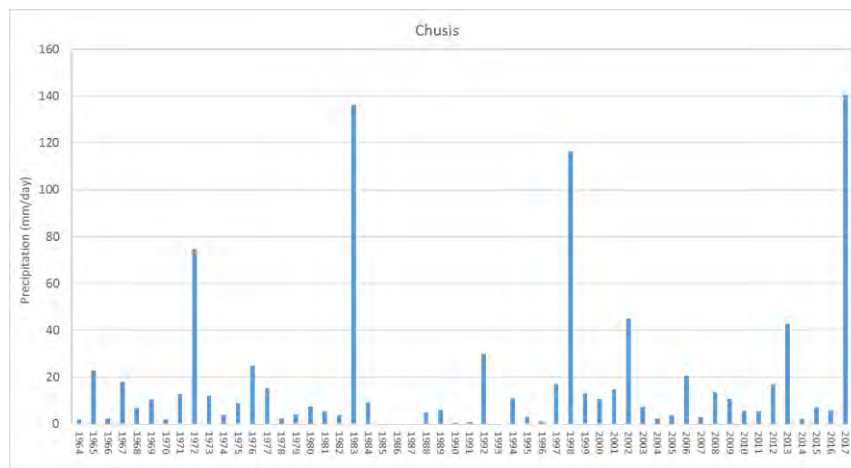


Figura 13.3.7 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Chusis de la cuenca del río Piura)

En la Figura 13.3.8 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de San Miguel (en la cuenca media) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de San Miguel, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico.

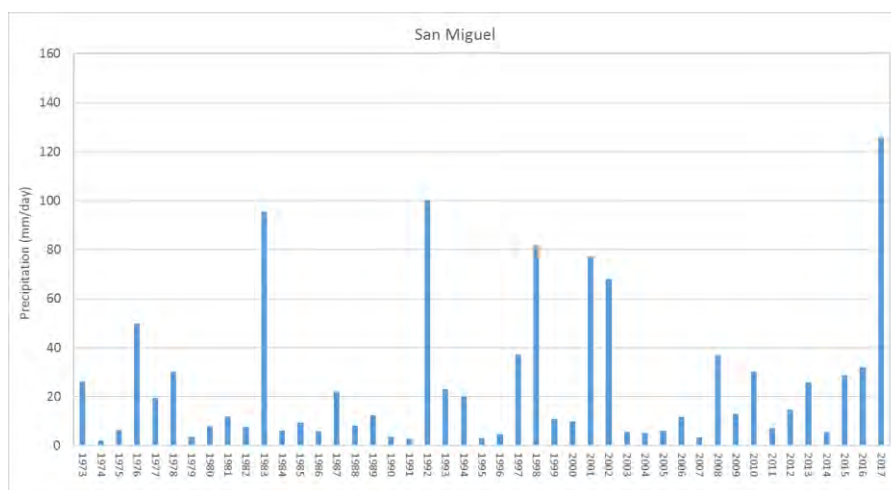


Figura 13.3.8 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura)

En la Figura 13.3.9 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Morropón (cuenca alta) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Morropón, medido en precipitación máxima diaria, constituye tercer evento máximo histórico.

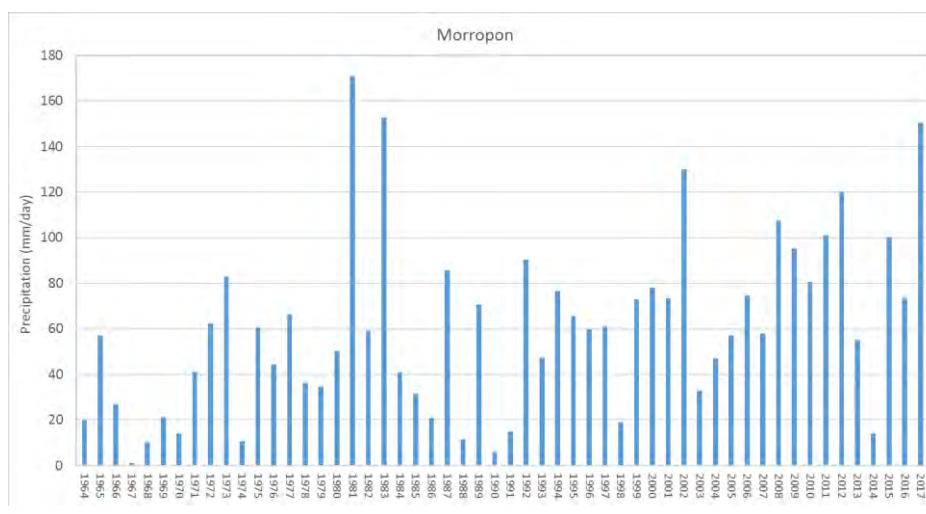


Figura 13.3.9 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Morropón de la cuenca del río Piura)

En la Figura 13.3.10 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación Malacasi (cuenca alta) en serie temporal. El monitoreo en esta estación se inició recién en 1998 y la cantidad de datos captados es reducida. En todo caso, el evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Morropón, medido en precipitación máxima diaria, constituye el segundo evento máximo histórico.

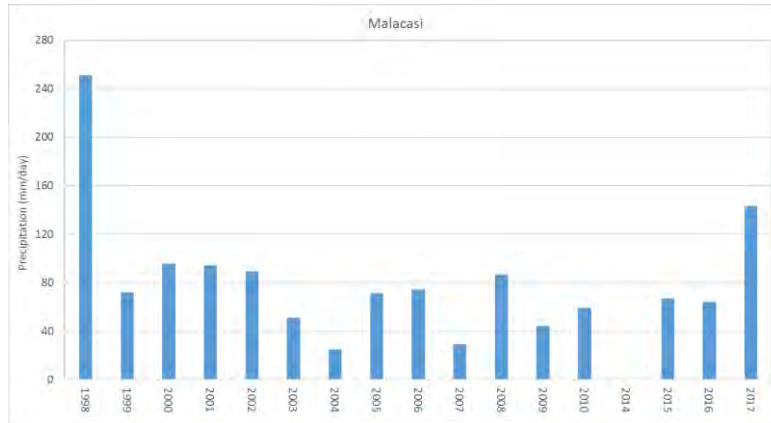


Figura 13.3.10 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura)

c) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos del período de retorno de las precipitaciones

En la Tabla 13.3.5 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Puerto Chusis comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 60 - 70 años, indicando que ha sido un evento extraordinario y máximo histórico.

Tabla 13.3.5 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Chusis de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	8.5	14.4	24.3	43.4	71.2	125.1	181.5	140.6

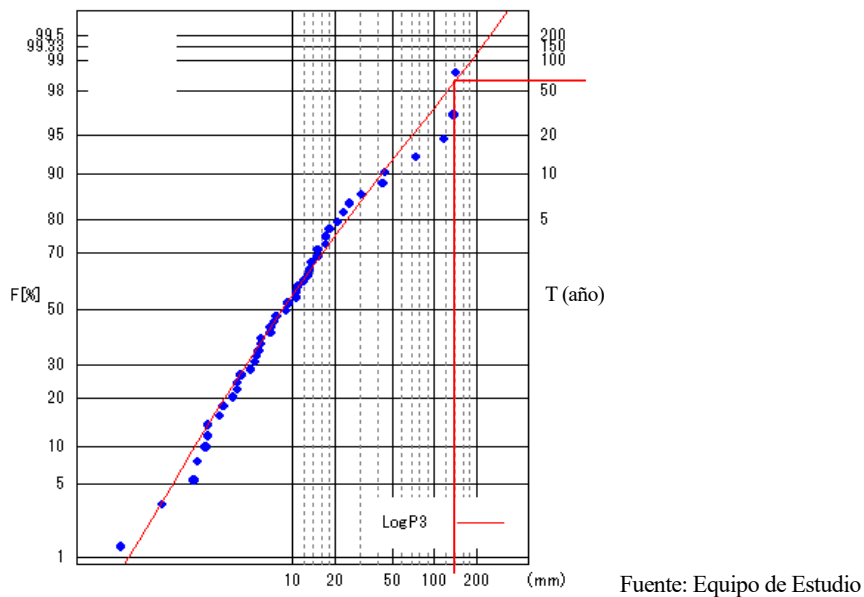


Figura 13.3.11 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Puerto Pizarro de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3)

En la Tabla 13.3.6 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de San Miguel comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 50 - 60 años, indicando que ha sido un evento extraordinario y máximo histórico.

Tabla 13.3.6 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	13.8	22.0	34.2	54.7	80.6	124.3	165.6	126.1

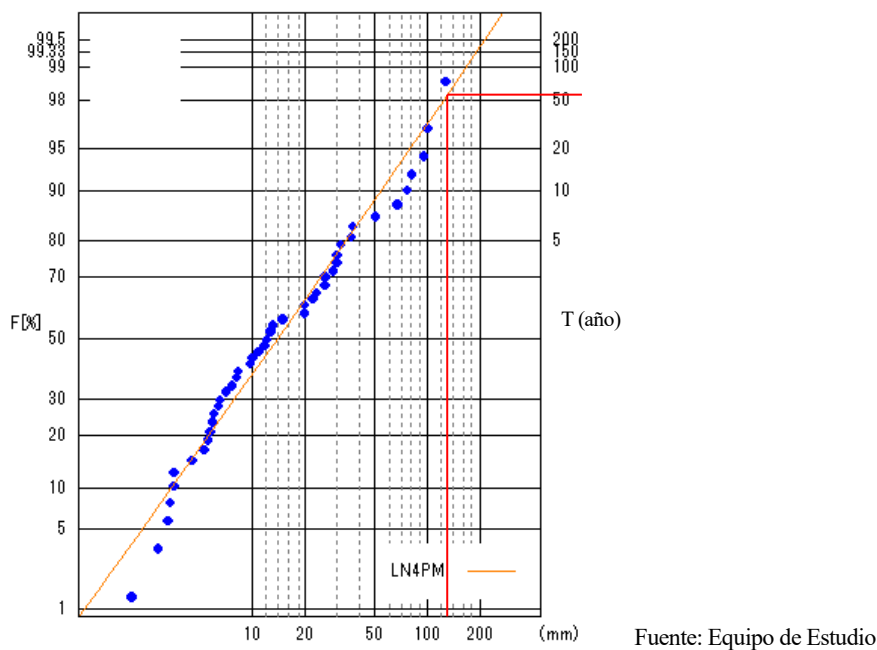
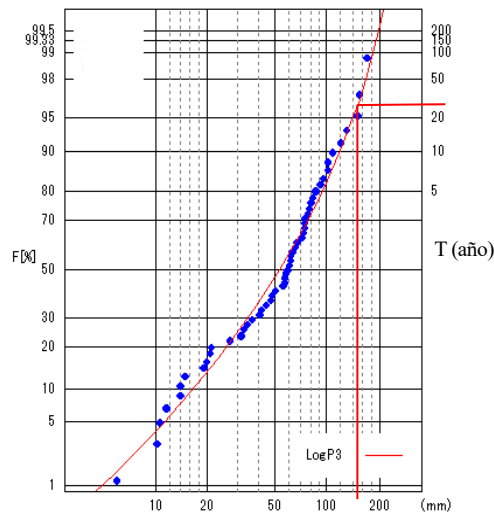


Figura 13.3.12 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de San Miguel de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LN4PM)

En la Tabla 13.3.7 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Morropón comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 25 - 30 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.7 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Morropón de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	52.9	72.0	93.4	119.1	141.7	167.5	184.3	150.5



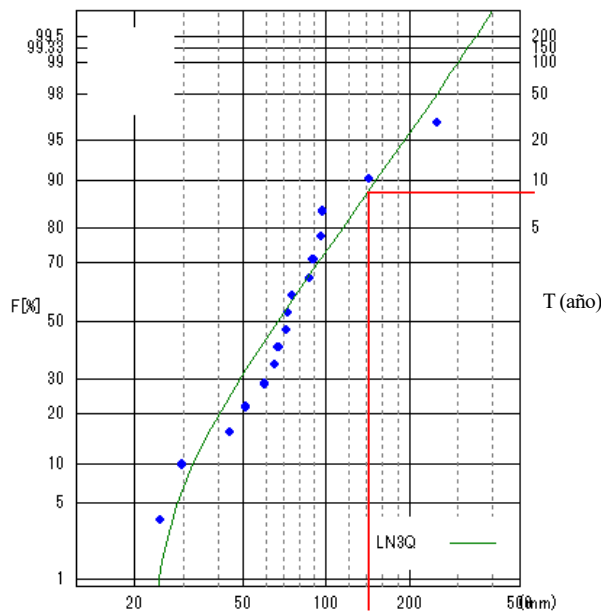
Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.13 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3)

En la Tabla 13.3.8 se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Malacasi comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 5 a 10 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario en comparación con los datos de otras estaciones.

Tabla 13.3.8 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación Malacasi de la cuenca del río Piura)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	66.1	87.2	114.1	152.4	193.2	251.3	298.7	143.1



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.14 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Malacasi de la cuenca del río Piura) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)

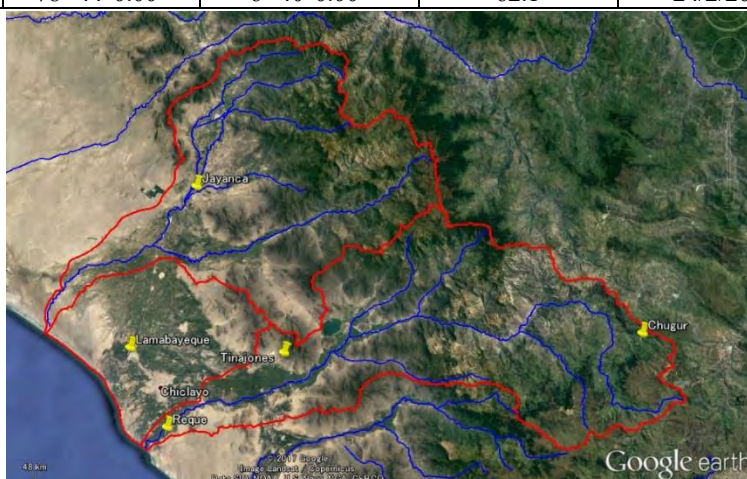
(c) Cuencas de los ríos Chancay-Lambayeque y Motupe

d) Datos recopilados

De los datos de precipitación (diaria) de 2017 de los ríos Chancay-Lambayeque disponibles actualmente, el Equipo de Estudio obtuvo de SENAMHI los datos de las cinco estaciones indicadas en Tabla 13.3.9. De esta manera, el análisis se realizó aplicando los datos de precipitación de estas dos estaciones.

Tabla 13.3.9 Datos de precipitación de 2017 recopilados por el Equipo de Estudio (cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque y la cuenca del río Motupe)

Estaciones	Longitud	Latitud	Precipitación máxima (mm/día)	Fecha de ocurrencia	Observaciones
Lambayeque	79° 55' 16.00	6° 42' 12.00"	60.7	18/3/2017	Cuenca baja
Jayanca	79° 46' 6.00"	6° 19' 58.00"	120.8	1/2/2017	Cuenca media
Reque	79° 50' 7.60"	6° 53' 10.20"	29.8	12/3/2017	Desembocadura
Tinajones	79° 33' 54.05	6° 42' 49.41"	85.7	12/3/2017	Cuenca media
Chugur	78° 44' 0.00"	6° 40' 0.00"	62.1	24/2/2017	Cuenca alta



Fuente: Google Earth

Figura 13.3.15 Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo de lluvias (cuencas de los ríos Chancay-Lambayeque y de Motupe)

e) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos de la precipitación máxima diaria anual y variación a lo largo del tiempo

En la Figura 13.3.16 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación Lambayeque (cuenca baja) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Lambayeque, medido en precipitación máxima diaria, constituye el tercer evento máximo histórico.

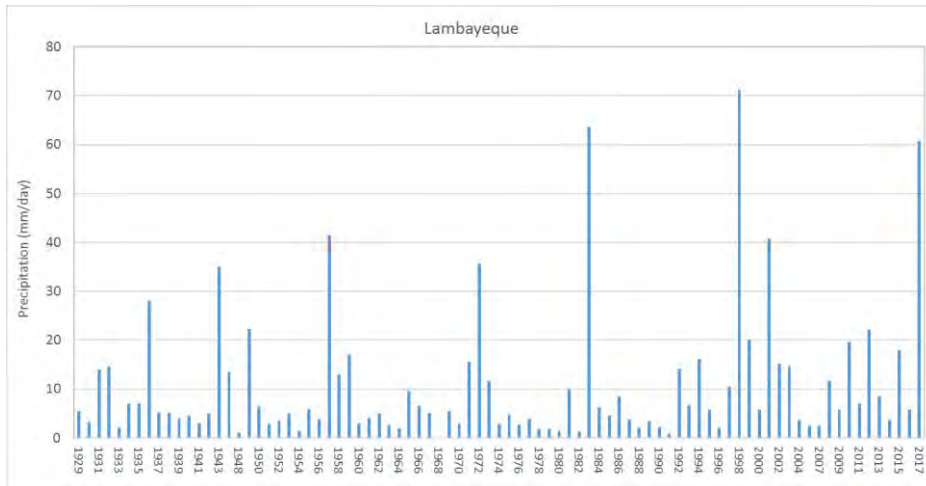


Figura 13.3.16 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Lambayeque)

En la Figura 13.3.17 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Jayanca (cuena media) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la estación de Jayanca, medido en precipitación máxima diaria, constituye el máximo histórico.

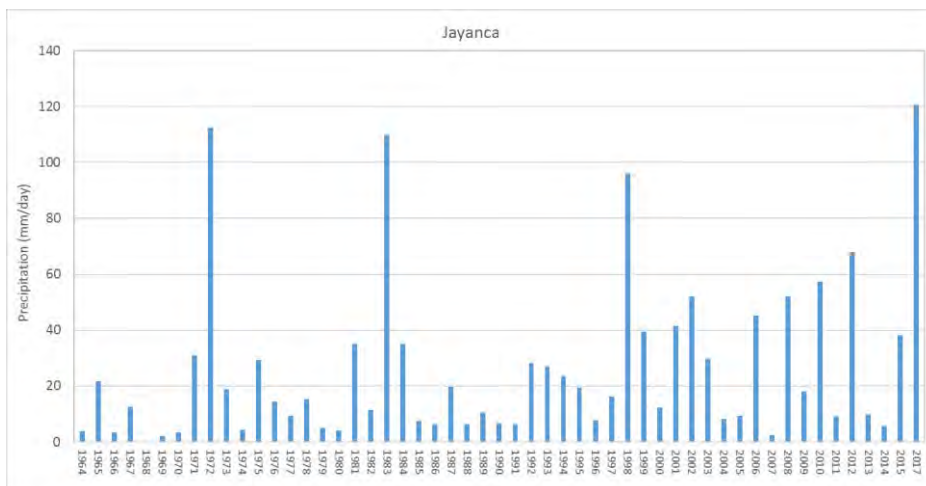


Figura 13.3.17 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Jayanca de la cuena del río Motupe)

En la Figura 13.3.18 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Reque (a la desembocadura) en serie temporal. El evento de lluvias registrado en 2017 en la Estación de Reque, medido en precipitación máxima diaria, constituye tercer evento máximo histórico.

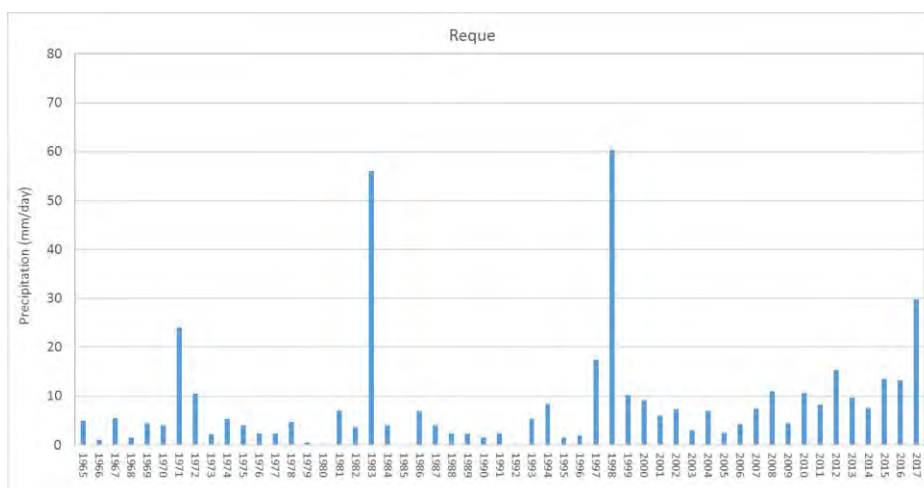
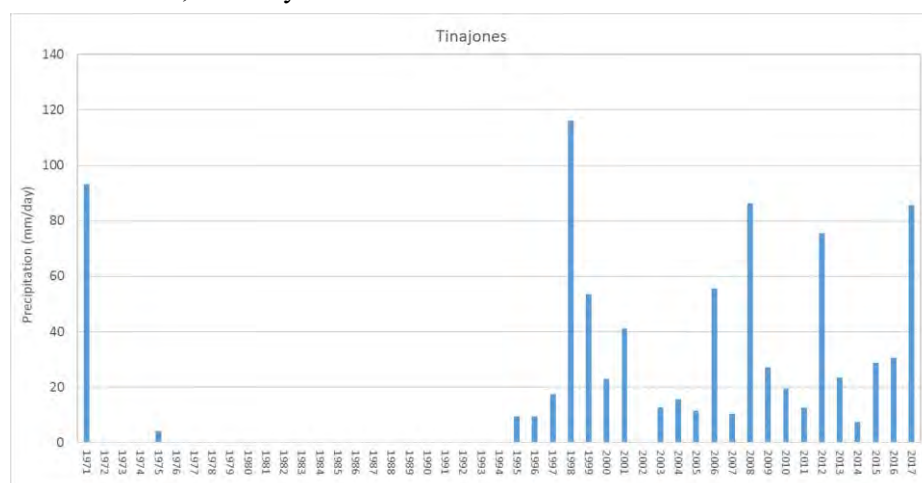


Figura 13.3.18 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)

En la Figura 13.3.19 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Tinajones (cuenca media) en serie temporal. A pesar de que la cantidad de datos disponibles en la estación de Tinajones, el evento de lluvias registrado en 2017, medido en precipitación máxima diaria, constituye el cuarto evento máximo histórico.



* En esta estación fue captada una precipitación diaria extraordinaria de 290.7 mm en 2002. Sin embargo, este dato fue descartado como un error de medición, siguiendo las observaciones del personal ingeniero del PETO (Proyecto Especial Olmos Tinajones).

Figura 13.3.19 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)

En la Figura 13.3.20 se presenta la comparación de la precipitación máxima diaria histórica y la ocurrida en 2017 registrada en la estación de Chugur (cuenca alta) en serie temporal. El evento de lluvias de 2017 registrado en Chugur, medido en precipitación máxima diaria, no ha sido muy marcado en comparación con otros eventos precedentes.

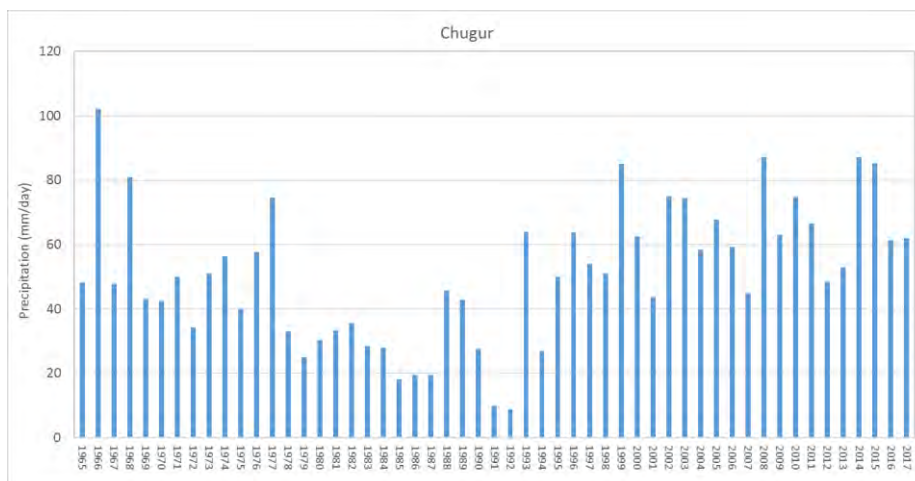


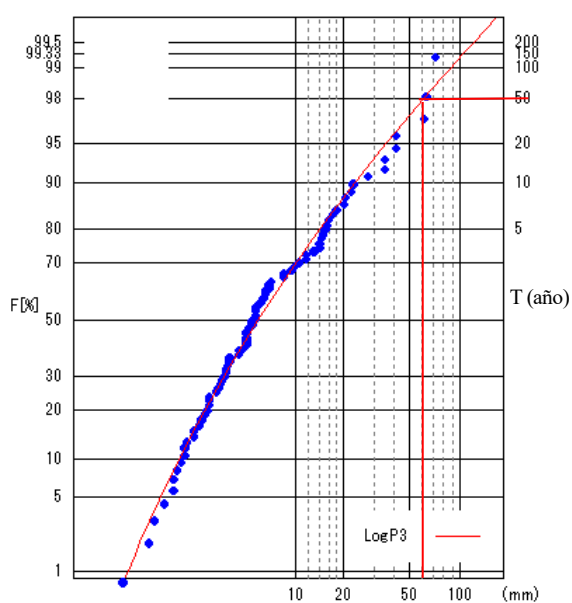
Figura 13.3.20 Evolución temporal de la precipitación máxima diaria anual (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)

f) Evaluación de los eventos de lluvias en 2017 en términos del período de retorno de las precipitaciones

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Lambayeque comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 50 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.10 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación de Lambayeque)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	5.8	9.1	14.1	23.3	36.1	60.7	86.9	60.7



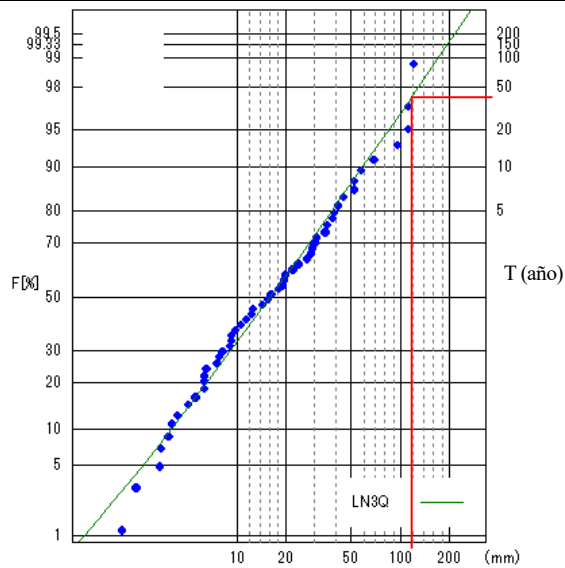
Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.21 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: LogP3)

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Jayanca comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 40 - 50 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

Tabla 13.3.11 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno (estación Jayanca de la cuenca del río Motupe)

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	16.0	24.9	38.0	59.4	85.8	129.2	169.4	120.8



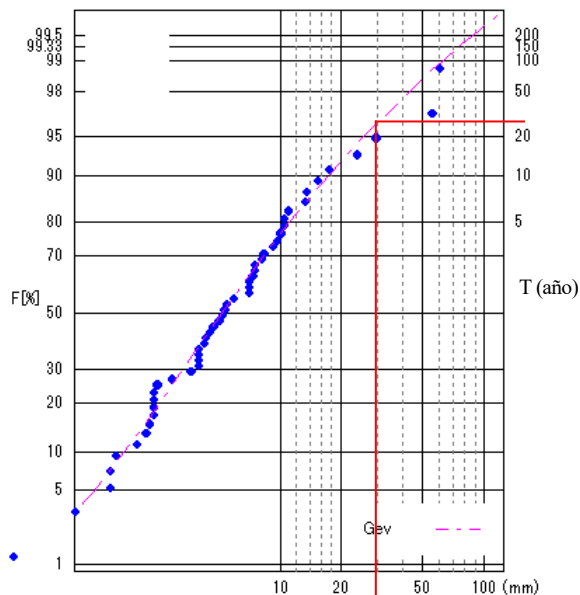
Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.22 Resultados del análisis de precipitación (estación de Jayanca de la cuenca del río Motupe) (modelo de distribución de probabilidad: LN3Q)

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Reque comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 20 - 30 años, indicando que ha sido un evento extraordinario.

**Tabla 13.3.12 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno
(estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)**

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	5.2	7.6	11.2	17.5	26.1	43.0	61.6	29.8



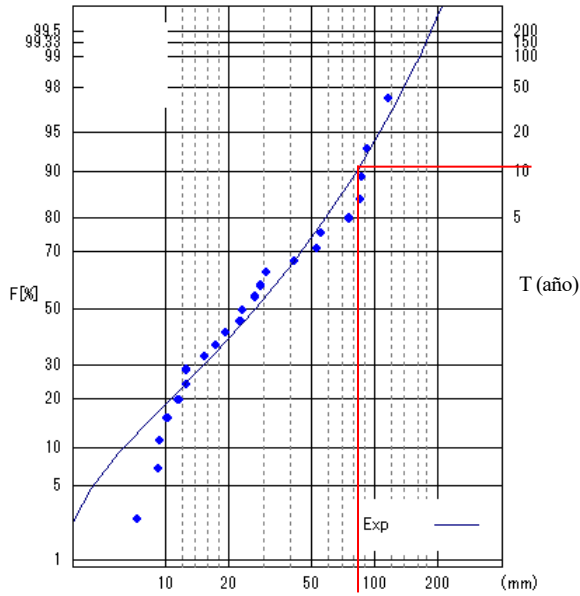
Fuente: Equipo de Estudio

**Figura 13.3.23 Resultados del análisis de precipitaciones
(estación de Reque de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)
(modelo de distribución de probabilidad: Gev)**

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Tinajones comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 10 a 20 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario en comparación con los datos de otras estaciones.

**Tabla 13.3.13 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno
(Estación Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)**

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	26.9	41.0	58.8	83.0	107.2	139.1	163.2	85.7



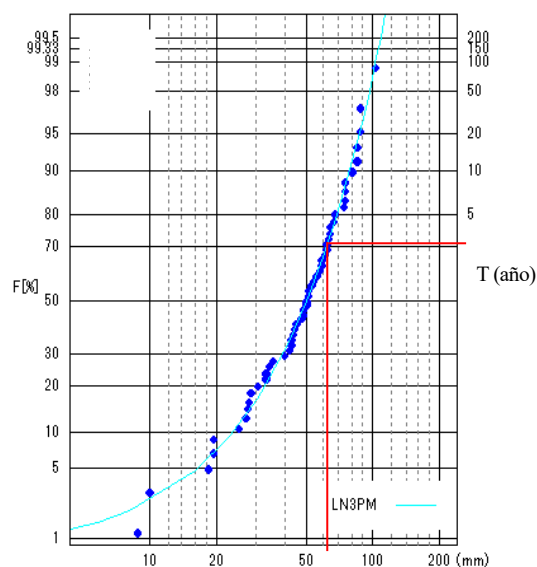
Fuente: Equipo de Estudio

**Figura 13.3.24 Resultados del análisis de precipitaciones
(estación de Tinajones de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)
(modelo de distribución de probabilidad: EXP)**

En la siguiente tabla se presentan los resultados del cálculo del período de retorno de las lluvias registradas en la estación de Chugur comparando con los datos de otros años. Según esta tabla, el evento de lluvias de 2017 corresponde a un período de retorno de 3 a 5 años, indicando que no ha sido un evento extraordinario en comparación con los datos de otras estaciones.

**Tabla 13.3.14 Precipitación máxima diaria anual según períodos de retorno
(estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque)**

Período de retorno (años)	2	3	5	10	20	50	100	Datos reales de 2017
Precipitación (mm/día)	50.6	60.0	69.0	78.8	87.0	96.3	102.6	62.1



Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.25 Resultados del análisis de precipitaciones (estación de Chugur de la cuenca de los ríos Chancay-Lambayeque) (modelo de distribución de probabilidad: LN3PM)

(2) Resumen de los resultados del análisis y recomendaciones sobre el plan de control de inundaciones

En base a estos resultados, se puede afirmar lo siguiente con relación a los eventos de lluvias de 2017.

- En todas las cuencas, se produjeron lluvias extraordinarias en la cuenca baja. Mientras tanto, en las cuencas media y alta no se registró precipitación de marcada magnitud en comparación con otros años.
- En cuanto al clima de estas tres regiones, la cuenca baja se caracteriza por el nivel de precipitación extremadamente bajo. Sin embargo, el año 2017 fue un año excepcional donde se produjo el exceso de lluvias extraordinario.

Tabla 13.3.15 Datos captados en las estaciones de monitoreo de lluvias en las tres cuencas según los períodos de retorno de inundaciones de 2017

Ubicación de las estaciones	Cuencas	Estación	Precipitación máxima diaria (mm/día)	Períodos de retorno
Desembocadura o la cuenca baja cuenca baja	Tumbes	Puerto Pizarro	192.8	70-80 años
	Piura	Chusis	140.6	60-70 años
	Chancay-Lambayeque	Lambayeque	60.7	50 años
		Reque	29.8	20-30 años
Cuenca media	Tumbes	Rica Playa	95.5	3-5 años
	Piura	San Miguel	126.1	50-60 años
	Chancay-Lambayeque	Jayanca	120.8	40-50 años
		Tinajones	85.7	10-20 años
Cuenca alta	Piura	Morropón	150.5	25-30 años
		Malacasi	143.1	5-10 años
	Chancay-Lambayeque	Chugur	62.1	3-5 años

En base a lo anterior, se plantean a continuación dos puntos que servirán de lección aprendida de las últimas inundaciones y de recomendaciones para el futuro plan de control de inundaciones.

- ✓ En Piura y Lambayeque, en particular, los daños de las inundaciones fueron devastadores en las principales ciudades ubicadas en la cuenca baja. Una de las causas fue la falta de capacidad del sistema de drenaje pluvial urbano, habiendo necesidad de elaborar un plan apropiado de sistema de drenaje urbano ya que el desarrollo económico nacional aceleraría el crecimiento de la población y el desarrollo económico de las ciudades regionales.
- ✓ El régimen de precipitación de 2017 ha sido diferente al régimen de 1983 y 1998 asociado con El Niño. Por lo tanto, en el plan de control de inundaciones a ser elaborado para cada cuenca, se debe incluir el plan de construcción de las obras y del sistema de alerta temprana tomando en cuenta el respectivo patrón de precipitación.

13.3.2 Evaluación de las inundaciones y desbordamientos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas

(1) Río Tumbes

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

a) Condiciones de la cuenca

Cuando el río llamado Puyango en Ecuador ingresa al Perú se denomina río Tumbes.

Entre la desembocadura del río Tumbes hasta el puente de Tumbes se desarrolla una delta, y el agua fluye serpenteando en su interior, se divide en varios brazos pequeños hasta desembocarse en el mar. La delta se desarrolla por el serpenteo del río y por el cambio de curso de agua hasta el mar. Se puede afirmar que el río Tumbes se encuentra aún en ese proceso de meandro y cambio de curso de agua.

Entre el puente Tumbes y el puente Francos se desarrolla un banco de arena dentro del curso del río, el cual es utilizado para la plantación del banano, uva, arroz, etc.

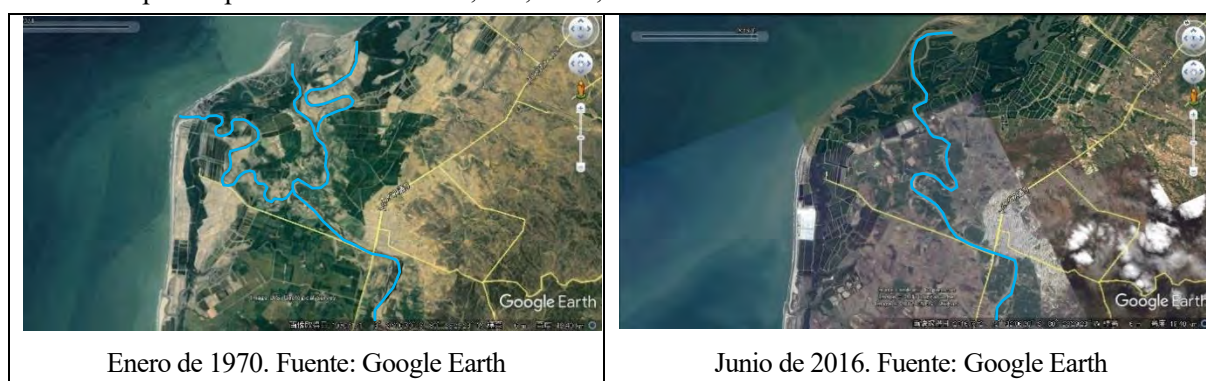


Figura 13.3.26 Evolución del curso de agua en la cuenca baja del río Tumbes

Las obras de construcción y mantenimiento de los diques y de la defensa ribereña, son ejecutadas como proyectos individuales y aislados bajo la aprobación de ALA. En muchos de los casos, los diques son construidos y administrados por el ALA-Tumbes, mientras que las obras de la defensa ribereña son construidas y administradas por el Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes. Sin embargo no existe una demarcación clara de responsabilidades según el tipo de obras o tramos. Esta ambigüedad constituye uno

de los factores que limita tomar las medidas de control de inundaciones para la cuenca en su totalidad.

b) Ocurrencia de inundaciones

De acuerdo con ALA-Tumbes, se producen inundaciones casi todos los años en esta cuenca. La última inundación ocurrió en febrero de 2017. Las inundaciones recientes de máxima escala ocurrieron en 2015, 1998 y 1995.

Para analizar los puntos de origen y las características de las inundaciones, es necesario dividir la cuenca en las siguientes dos zonas.

1. Desde aguas abajo del puente Francos hasta alrededor de la carretera Panamericana
2. Desde la carretera Panamericana hasta la desembocadura

Desde aguas abajo del puente Francos hasta alrededor de la carretera Panamericana

La imagen satelital de 2015 (Figura 13.3.27) muestra que se produce la inundación aguas abajo del puente Francos, a lo largo de los canales de riego y drenaje construidos en la margen izquierda del río Tumbes, y llega hasta la carretera Panamericana.

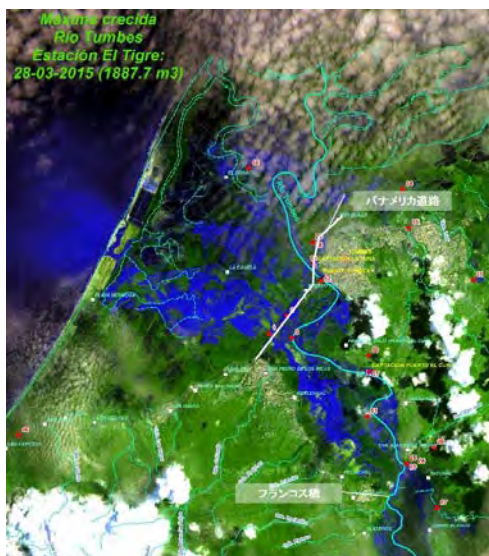
En cuanto a la ciudad de Tumbes, los daños de la inundación se producen por la entrada del agua fluvial desde la boca de descarga del canal de drenaje ubicado inmediatamente aguas arriba del puente Tumbes, ya que este canal no tiene compuerta (Figura 13.2.1).

Desde la carretera Panamericana hasta la desembocadura

La inundación en esta zona se divide en los siguientes sectores anegables.

El primero es la zona que se extiende a lo largo del río Piojo, afluente de Tumbes, que nace cerca de La Noria, sobre el mismo curso de inundación que nace en el puente Francos. El río Piojo fue cerrado en 1999 a raíz de la construcción del dique por ALA-Tumbes.

El otro sector anegable se distribuye a lo largo del curso del río que serpentea. Incluye las tierras bajas del oeste de la ciudad de Tumbes.



Fuente: ALA-Tumbes / datos de LANDSAT
(editada por el Equipo de Estudio)

Figura 13.3.27 Desbordamiento ocurrido en 2015

c) Causas de inundaciones

Una de las causas de producción de la inundación en esta región es la baja capacidad hidráulica del río que no soporta el caudal de avenidas. De acuerdo con ALA-Tumbes, el caudal máximo de la última inundación ha sido de aprox. 1000 m³/s en la cuenca baja, frente a la capacidad hidráulica del río de 800 m³/s, con una capacidad faltante de 200 m³/s. Por este motivo, extensas tierras de cultivo y otras áreas sufrieron daños. Se dice que en una inundación con período de retorno de 100 años, el caudal que llega desde la cuenca alta puede alcanzar el orden de 3000 m³/s.

La reducción de la capacidad hidráulica del río Tumbes se debe a los siguientes factores:

- Marcado meandro del río en su desembocadura, alargando el curso de agua
- Acumulación de sedimentos reduciendo la sección del cauce
- Cierre incontrolado de los afluentes aumentando la carga del caudal del río principal

El río que nace en la delta de la desembocadura del río Tumbes ha sido cerrado sin un debido control como una medida para ampliar el horizonte agrícola, y este cierre constituye una de las causas que aumentó la carga de caudal del río principal.

d) Acumulación de sedimentos en el cauce y la erosión de las riberas

La geología de la cuenca del río Tumbes está constituida por la capa del suelo no consolidado que cubre casi la totalidad de las tierras planas y lomas. Por esta razón gran cantidad de sedimentos es arrastrada desde las quebradas y por la erosión de las riberas del curso principal (Figura 13.3.28). Éste es la causa de la acumulación de sedimentos aguas abajo del puente de Francos y la erosión de las riberas por el serpenteo del agua asociado con la primera.

	
<p>Serpenteo de la delta y erosión de las riberas en la cuenca baja</p>	<p>Erosión de la ribera en el exterior de la curva de la cuenca baja</p>
	
<p>Acumulación de sedimentos en el cauce de la cuenca baja</p>	<p>Acumulación de sedimentos en la curva del río en la cuenca media</p>

Figura 13.3.28 Fotos de la acumulación de sedimentos y erosión de las riberas del río Tumbes

Ante la erosión de las márgenes, se tomaron las medidas de defensa ribereña por ALA-Tumbes y por el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT) bajo MINAGRI, que consisten en la construcción de los muros de retención con ciclópeos, mampostería con mortero o bolsas de arena (geobag). Se observó que estas obras estaban destruidas parcialmente en algunos tramos (Figura 13.2.10). Las causas, como se indica en la siguiente Figura 13.3.29, son la falta de empotrado de la obra y la falta de materiales de filtro o de láminas de retención.

		
<p>Los sedimentos arrastrados se acumularon en el cauce reduciendo la capacidad hidráulica de la quebrada del río Tumbes</p>	<p>Defensa ribereña con ciclópeos en el río Tumbes</p>	<p>Descripción esquemática del mecanismo de erosión de la defensa ribereña</p>

Fuente: Equipo de Estudio

Figura 13.3.29 Desafíos del plan de cauce y de la defensa ribereña en el río Tumbes

Por otro lado, dado que actualmente no se ejecuta el levantamiento periódico, etc., se discuten la erosión y la acumulación de sedimentos en el curso del río solo a nivel cualitativo, mas no cuantitativo. Adicionalmente, tampoco se ha realizado hasta ahora la evaluación de la capacidad de descarga en los diferentes tramos del río.

Se discute sobre la necesidad de excavar o dragar el lecho, pero sin llegar a analizar los tramos y la cantidad concreta de la excavación, la capacidad de descarga o la sección requerida del río. Dentro de este contexto, no sería pertinente incorporar el mejoramiento fluvial en el plan, ya que una obra no fundamentada en los datos reales podría acarrear consecuencias indeseables como por ejemplo: la excavación de los tramos innecesarios, la no excavación de los tramos necesarios, la excavación excesiva o insuficiente de la sección fluvial.

e) Calidad de agua del río

En cuanto a la calidad de agua del río, la contaminación con metales pesados provenientes del desarrollo minero en el territorio ecuatoriano constituye un problema. El estudio de calidad de agua del río Tumbes llevado a cabo en 2015 por el Ministerio del Ambiente puso de manifiesto que el nivel de los metales como el arsénico, cadmio, plomo, etc. ya supera el valor normado en Cao Inga, la cuenca más alta en el territorio peruano y que más abajo continua registrando niveles de arsénico y de plomo superiores a la norma. Ante estos resultados, el Ministerio del Ambiente ha recomendado realizar el monitoreo de calidad de agua del río a las entidades y organismos relevantes. Posteriormente, ALA-Tumbes llevó a cabo otro estudio de calidad

de agua, en el que se registraron niveles más altos de arsénico que lo normado.

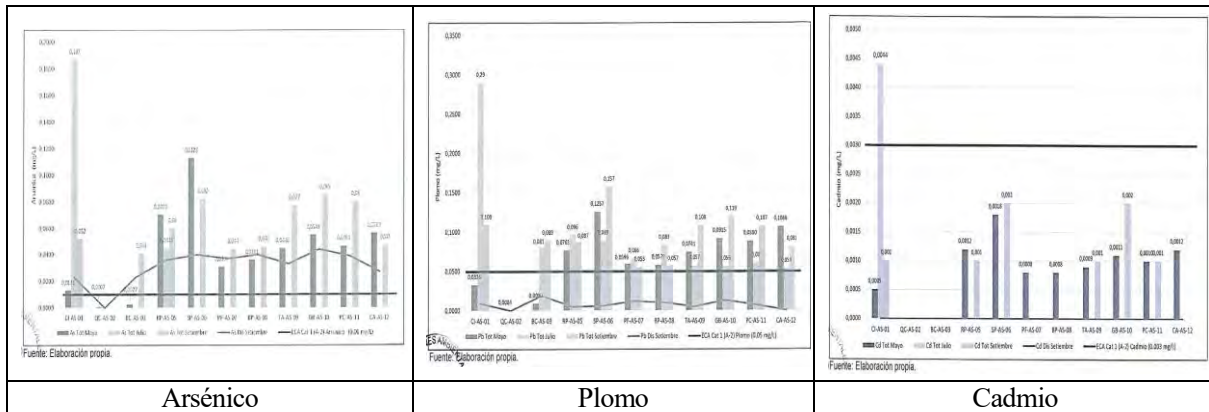


Figura 13.3.30 Resultados del estudio del Ministerio del Ambiente en 2015

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

El Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) constituye el espacio de discusiones sobre el manejo del río de esta región. De acuerdo con CRHC, a raíz de que el proyecto de desarrollo Puyango- Tumbes no ha tenido avances, se inició la búsqueda de la posibilidad de desarrollar los recursos hídricos, incluyendo el control de inundaciones, en el río Tumbes y los cuatro ríos cercanos. En febrero de 2017, ALA-Tumbes ha solicitado al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) ejecutar el dragado del río Tumbes y tomar las medidas de control de inundaciones, como medidas de emergencia post desastre de febrero de 2017. Sin embargo, tal como se indicó anteriormente, no se ha llegado todavía a identificar los tramos que requieren del dragado, ni cuantificar su volumen y su costo.

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la siguiente tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.16 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca del río Tumbes

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles soluciones	Consideraciones
<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la sección fluvial debido a la acumulación de sedimentos • Agravamiento de la erosión ribereña por el serpenteo del río • Incremento de la carga de caudal del río por el cierre incontrolado de los afluentes • <u>Dado que actualmente no se ejecuta el levantamiento periódico, etc.</u>, se discuten la erosión y la acumulación de sedimentos en el curso del río solo a nivel cualitativo, mas no cuantitativo. • Tampoco se ha realizado hasta ahora la evaluación de la capacidad de descarga en los diferentes tramos del río. 	<p>En febrero de 2017, ALA-Tumbes ha solicitado al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) ejecutar el dragado del río Tumbes y tomar las medidas de control de inundaciones, como medidas de emergencia post desastre de febrero de 2017. Sin embargo, no se ha llegado todavía a identificar los tramos que requieren del dragado, ni cuantificar su volumen y su costo.</p>	<p>Realizar el atajo artificial para eludir el meandro de la desembocadura y de esta manera acortar el curso de agua. Este método sirve para aumentar la capacidad hidráulica y al mismo tiempo, para descargar rápidamente los sedimentos al mar aprovechando el aumento de la velocidad de flujo.</p>	<p>Para el diseño de las obras, se requiere tomar en cuenta que el aumento de la velocidad de flujo puede acelerar también la erosión de las riberas.</p>
		<p>Construir un nuevo canal vertedor que sustituya el afluente cerrado a fin de aliviar la carga de caudal del curso principal del río Tumbes.</p>	
		<p>Ejecutar las obras de mejoramiento fluvial que incluyan la construcción del dique y excavación del lecho en los tramos locales donde se reduce la capacidad hidráulica a lo largo de todo el río.</p>	
		<p>Alargar el dique o construir compuertas como una medida de control de inundación local.</p>	<p>Se hace necesario instalar una bomba de drenaje, dependiendo de las condiciones locales.</p>
		<p>Medida de reducción de la cantidad de sedimentos que nacen en el bosque seco y se descarga al río Tumbes a través de la quebrada.</p>	
		<p>Defensa ribereña en los tramos con fuerte erosión ribereña.</p>	<p>Para solucionar la erosión de las riberas que se agrava con el tiempo, se requiere revisar el diseño de las estructuras fluviales a nivel nacional.</p>
		<p>Definición del límite del río para su manejo.</p>	<p>Para las tierras de cultivo ubicadas dentro del área anegable, es necesario pensar en tolerar en alguna medida la inundación y convivir con ella.</p>



Figura 13.3.31 Esquema conceptual de las medidas básicas que deben ser analizadas en la cuenca del río Tumbes

a) Propuesta del plan de ejecución de las medidas

Para planificar el desarrollo del río Tumbes, es indispensable tomar en cuenta el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes que es un proyecto transfronterizo entre el Perú y Ecuador y financiado por el BID. Uno de sus importantes objetivos es el desarrollo del sistema de irrigación. Sin embargo, actualmente las negociaciones de cooperación se encuentran estancadas, y el gobierno del Perú está buscando una solución para desarrollar los recursos hídricos de esta cuenca dentro de su territorio. Dentro de este contexto, para pensar en las medidas de control de inundaciones del río Tumbes, éstas deben ser congruentes con el desarrollo de recursos hídricos. Por otro lado, es urgente tomar acciones para manejar las inundaciones que azotan la región casi todos los años. Se considera necesario llevar a cabo el plan de control de inundaciones en tres etapas: a largo plazo que incluya el desarrollo de los recursos hídricos; a mediano plazo que viene a ser la elaboración del Plan Maestro de control de inundaciones en el que se enmarcarán todas las medidas; y a corto plazo que incluyen las acciones que deben llevarse a cabo urgentemente. A continuación se presenta el resumen.

Plan a largo plazo

El plan a largo plazo consistirá en la elaboración del Plan Maestro de Desarrollo Integral de Recursos Hídricos del río Tumbes. Este plan consistirá básicamente en el desarrollo de irrigación y del agua potable. En lo que concierne al agua potable, ante la alta concentración de arsénico y de plomo en el agua del río, y el temor de que entre el agua contaminada con metales pesados provenientes del Ecuador, constituye un desafío importante buscar las fuentes de agua en los afluentes, y no en el curso principal del río Tumbes. En cuanto al bosque seco de la cuenca media, se considera necesario elaborar un plan de manejo de cuenca que incluya el componente "reforestación" para prevenir el arrastre de sedimentos y recargar el acuífero. El Plan Maestro deberá incluir también las medidas de control de inundaciones.

Plan a mediano plazo

El plan a mediano plazo consistirá en la elaboración del Plan Maestro de Control de Inundaciones del río Tumbes para estabilizar el curso del río y controlar las inundaciones. Concretamente, consiste en definir el caudal de avenidas de diseño del río, la sección fluvial para soportar dicho caudal, así como en definir el trazado (alineamiento) del curso del río y de los diques. De esta manera se definirán concretamente los desafíos de las medidas de control de inundaciones mencionadas en el literal anterior (a).

Paralelamente, se debe elaborar el plan de urbanización que incluya la construcción del sistema de drenaje pluvial (incluyendo la posibilidad de construir una estación de bombeo) en consonancia con el plan de manejo fluvial.

Plan a corto plazo (medidas de emergencia)

Las medidas de emergencia consistirán en el dragado de la cuenca baja y la reconstrucción de las estructuras afectadas. Además es necesario construir la compuerta y pequeño sistema de bombeo para prevenir el contraflujo de las avenidas a través del canal de drenaje urbano.

b) Medidas del cambio de cauce (acumulación de sedimentos)

Entre los principales factores que agravaron los daños de inundaciones del río Tumbes se mencionan la reducción de la superficie del cauce debido a la acumulación de sedimentos y la consecuente reducción de la capacidad de descarga. Las obras de rehabilitación financiadas por el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) incluyen la excavación del curso de agua y el dragado del lecho, pero al mes de julio de 2017 no se habían definido los detalles. De ejecutarse las obras de ampliación de cauce sin un fundamento cuantitativo, es muy probable que se vuelva a acumular los sedimentos en varios años. Por lo tanto, se considera necesario primero realizar un análisis cuantitativo de la acumulación de sedimentos.

Concretamente, el trabajo consistirá en estudiar los materiales de lecho para conocer las propiedades de los sedimentos acumulados, y en realizar el levantamiento del curso de agua y conocer cuantitativamente el movimiento de los materiales de lecho mediante el cálculo de variación de lecho. Adicionalmente, es necesario comparar los datos actuales con los del levantamiento ejecutado en 2014 para analizar la variación del volumen de sedimentos acumulados en los últimos tres años para establecer una previsión de la evolución de acumulación de sedimentos hacia el futuro.

Además, se propone ejecutar periódicamente el levantamiento transversal del río para obtener los datos que sirvan de base para la elaboración de un plan de mantenimiento y de las medidas contra la acumulación de sedimentos a largo plazo.

c) Diseño de la defensa ribereña y protección del piso

El colapso de las obras de defensa ribereña indicada en el literal (a) d) "Acumulación de sedimentos en el cauce y la erosión de las riberas" sugiere la necesidad de revisar una vez más los requisitos vigentes de diseño de las obras. El mismo diseño parece ser utilizado a nivel nacional dado que similares obras han sido ejecutadas también en otras regiones. Sin embargo, hasta la fecha, no existe un libro de planos estándar para

las obras de defensa ribereña. Para reducir los frecuentes daños de estas obras, se requiere definir el diseño estándar y acumular lecciones y experiencias revisando el diseño de las estructuras fluviales a nivel nacional. Para la estandarización de diseño y su revisión periódica se necesita sistematizar el proceso de evaluación de las condiciones actuales y de revisión de los criterios de diseño. Esta tarea debería ser abordada dentro del proceso de elaboración del Plan Maestro de Control de Inundaciones a mediano plazo.

En el estudio en campo se observó que la mayoría del colapso de las obras de defensa ribereña se produce en la curva exterior del río donde la base de la obra es socavada por la corriente de agua. En particular, en un río donde la ribera y el lecho del río están constituidos por el suelo arenoso, como es el caso del río Tumbes, el lecho de los tramos curvos es muy susceptible a la socavación. Sin embargo, de acuerdo con las entrevistas realizadas con los actores locales, no se han tomado medidas especiales para estos tramos. La desprotección de los tramos curvos puede ser uno de los factores que agravan la destrucción de las riberas por las avenidas, por lo que se considera necesario incorporar en la planificación y diseño de las obras de defensa ribereña, la "estimación de la profundidad de socavación del lecho" y el "análisis del tipo y especificaciones de las obras de protección del lecho".

d) Construcción del camino de acceso

Existen varios tramos del río Tumbes que no cuentan con un camino de acceso. Esta falta constituye uno de los impedimentos para ejecutar la inspección, reparación de la erosión de riberas, y el mantenimiento rutinario. En particular, dado que el acceso a los tramos sin diques está restringido, es difícil realizar la inspección desde la ribera.

Por lo tanto, se considera necesario construir el camino de acceso para posibilitar el mantenimiento rutinario y rehabilitación del río.

e) Sistema de supervisión de obras de las obras de rehabilitación

Actualmente, ANA es el ente responsable de administrar el río, mientras que el Proyecto Puyango-Tumbes viene a ser el promotor de los proyectos fluviales de la cuenca del río Tumbes. Esta división de responsabilidades es uno de los factores que dificulta concretar los proyectos fluviales integrales para todo el conjunto de la cuenca. Lo ideal sería que, como es el caso de Japón, el administrador del río asuma toda la responsabilidad de ejecutar los proyectos fluviales. En el caso de Tumbes, se percataron algunas inconveniencias derivadas de la descoordinación interinstitucional, cuando el proyecto pasa a otro ente responsable. Si bien es cierto que por razones institucionales, sea difícil que la ANA asuma la supervisión de las obras, se espera que sus facultades para otorgar autorizaciones y permisos sean más fortalecidas para que pueda ejercer supervisión técnica sobre los proyectos que sean ejecutados en la cuenca.

(2) Río Piura

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

Las zonas más fuertemente azotadas por las inundaciones del río Piura de 2017 son las siguientes tres.

- Centro de la Ciudad de Piura (véase la Figura 13.3.32);
- Localidades de Catacaos y Cura Mori de la margen izquierda del río Piura; y
- Localidades de Villa Chatito y El Tallón de la margen derecha.



Fuente: Imágenes de Google Earth editadas por el Equipo de Estudio

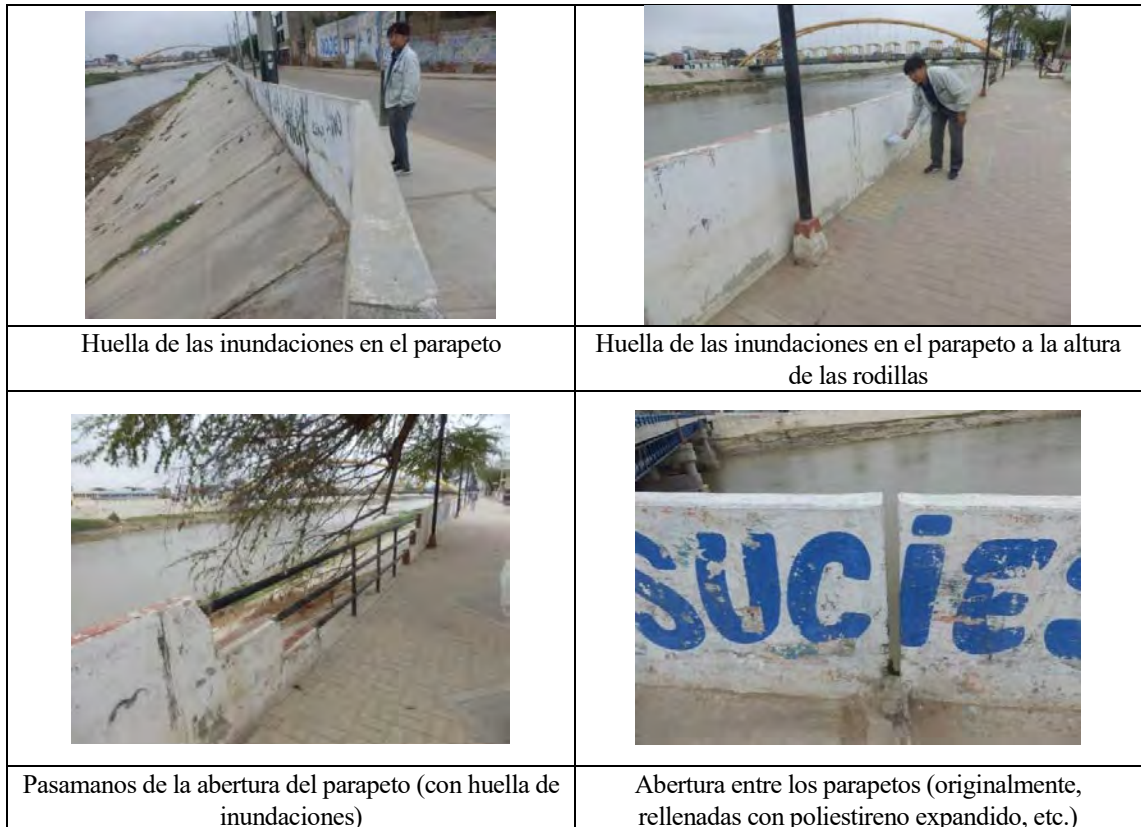
Fuente: Material publicado por la Universidad de Piura

Figura 13.3.32 Nivel de crecida en el cauce del río Piura durante las inundaciones de la ciudad de Piura en 2017

A continuación se describen las características de los daños de estas tres zonas más azotadas.

a) Causas de las inundaciones del centro de la ciudad de Piura

La inundación del área urbana se produjo no por el desbordamiento del agua del río sino por la entrada del agua desde los espacios abiertos de las juntas de parapetos construidos sobre el dique.

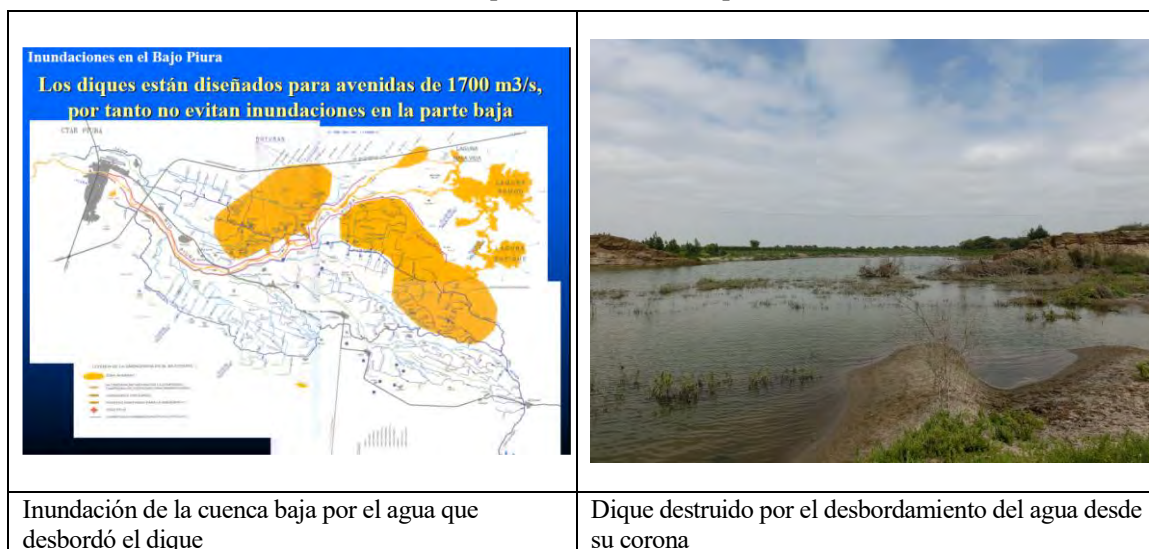


Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.33 Parapetos de la ciudad de Piura y las huellas de las inundaciones

b) Causas de las inundaciones de las localidades de Catacaos y Cura Mori de la margen izquierda y de las localidades Villa Chatito y El Tallón en la margen derecha del río Piura

La inundación de las márgenes izquierda y derecha aguas abajo de la ciudad de Piura se produjo por el desborde del agua que dejó destruido el dique en varios tramos (Figura 13.2.8). De acuerdo con el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura, el dique ha sido diseñado para un caudal de 1700 m³/s.



Fuente: Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura
Fotografía tomada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.34 Daños de inundaciones en la parte baja de la ciudad de Piura

La inundación, según el material publicado por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura, se debe a la acumulación de sedimentos en la cuenca baja del río Piura que redujo la sección hidráulica, y consecuentemente redujo la capacidad hidráulica del río.

El caudal de avenidas con período de retorno de 100 años es de aprox. 4000 m³/s de acuerdo con la estimación del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura.

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Frente al caudal de avenidas con el período de retorno de 100 años del río Piura que se estima en aprox. 4000 m³/s, tal como se indicó anteriormente, la capacidad hidráulica del río a la altura de la ciudad de Piura es de entre 1700 y 2000 m³/s. En las últimas inundaciones de 2017, parece haber entrado un caudal de 3465 m³/s a la ciudad de Piura, según los datos de monitoreo del nivel de agua.

Con el fin de proteger el área urbana y las tierras de cultivo de la cuenca del río Piura, el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura ha venido proponiendo, desde antes de las últimas inundaciones, construir una presa y embalse de regulación con capacidad de retener 2000 m³/s aproximadamente, y dejar fluir el resto (2000 m³/s) aguas abajo (véase la Figura 13.3.35).

Asimismo, son altas las necesidades de realizar la excavación del cauce y el dragado del lecho como medidas para reducir los sedimentos acumulados y la consecuente alza de nivel de agua en caso de avenidas.

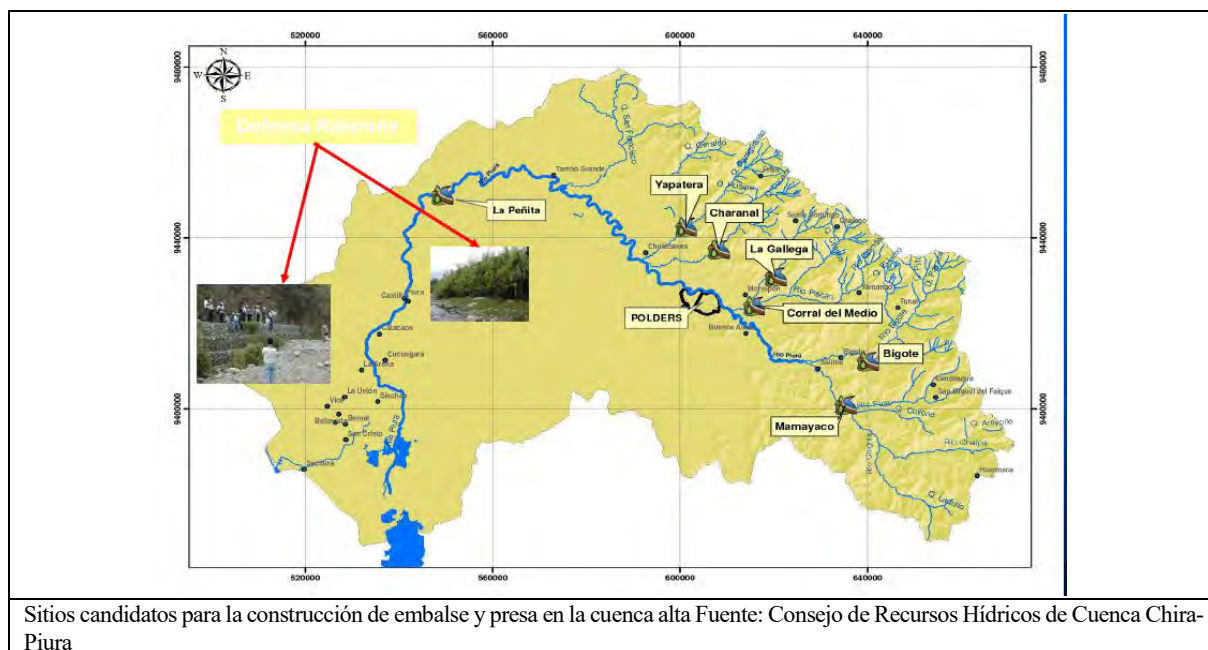


Figura 13.3.35 Esquema conceptual de las medidas contra inundaciones del río Piura propuesto por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas





En la siguiente Tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.17 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca del río Piura

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles medidas
<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de sedimentos en la cuenca baja del río Piura y la consecuente reducción de la sección y capacidad hidráulica del río • Defectos del diseño estructural del río, incluyendo de las obras de defensa ribereña, unión de los bloques, contracorriente de las avenidas desde la boca de drenaje del agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación y dragado del cauce para eliminar los sedimentos de la cuenca baja y mitigar el aumento del nivel de agua durante las avenidas • Rehabilitación del dique del río Piura • Elaboración del plan de control de inundaciones (El Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura propone construir una presa y embalse de regulación con capacidad de retener 2000 m³/s aproximadamente, y dejar fluir el resto (2000 m³/s) aguas abajo.) • Necesidad de construir el canal de descarga hacia la cuenca más baja como una medida a largo plazo contra la acumulación de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de un plan de control de inundaciones incluyendo el encauzamiento, construcción del canal de descarga y embalse. • Normalización del diseño estructural fluvial • Uso del embalse para controlar las inundaciones (Se incluye la construcción del sistema de monitoreo y registro, y la elaboración del manual de operación, mantenimiento y gestión)

a) Rehabilitación de las estructuras fluviales y de las obras de control de inundaciones existentes

Se observaron varios problemas de diseño de las estructuras fluviales del río Piura, como por ejemplo, el diseño de las obras de defensa ribereña, el método de articulación de los bloques, la producción de la contracorriente de las avenidas desde la boca del canal de drenaje.

			
Destrucción del muro de retención de la defensa ribereña	Destrucción del colchón de bloques de hormigón articulados	Falta de válvula de prevención de contraflujo	Falta de hermeticidad de la compuerta de drenaje

Fotografía tomada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.36 Estructuras fluviales que necesitan ser reparadas o mejoradas

Al igual que el río Tumbes, se considera necesario estandarizar el diseño de las obras, elaborar un diseño estándar aplicable en todos los ríos sin limitarse al río Piura, y disponer las estructuras más sólidas y resistentes.

b) Necesidad de construir el canal de descarga hacia la cuenca más baja como una medida a largo plazo contra la acumulación de sedimentos

Para reducir los daños de inundaciones en la ciudad de Piura y aguas abajo de la misma, es urgente excavar el lecho del río entre el lago Ramón ubicado en la cuenca más baja y el lago La Niña conectado al primero. También es necesario ejecutar constantemente el dragado si se toma en cuenta que gran cantidad de sedimentos es transportada todos los años desde la cuenca alta por efecto de inundaciones.

Lo ideal es tomar las medidas contra el arrastre de sedimentos para el río en su conjunto, para que los sedimentos arrastrados de la cuenca alta sean en lo posible transportados hasta la desembocadura. En este sentido, se recomienda buscar una solución para que los sedimentos no entren a los lagos, construyendo por ejemplo, un canal de descarga antes de entrar al grupo de lagos formados en la cuenca más baja. Originalmente, el río Piura pasaba cerca de la Ciudad Sechura para desembocarse en el mar. Se recomienda analizar cuál de las dos opciones sería más económica: dragado periódico o construcción de un canal de descarga.



Figura 13.3.37 Alineación recta propuesta para el canal de descarga a la desembocadura del río Piura

c) Sobre el plan de construcción de pólders

De acuerdo con ALA Piura, existe actualmente el plan de construir el embalse (denominado localmente "pólder") en La Peñita, Tambo Grande, La Matanza, etc.



Figura 13.3.38 Sitios candidatos de construcción de pólders del río Piura seleccionados por el Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Chira-Piura

En la Tabla 13.3.18 se entrega un resumen del respectivo plan de construcción de pólder.

Tabla 13.3.18 Plan de construcción de pólder propuesto por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura

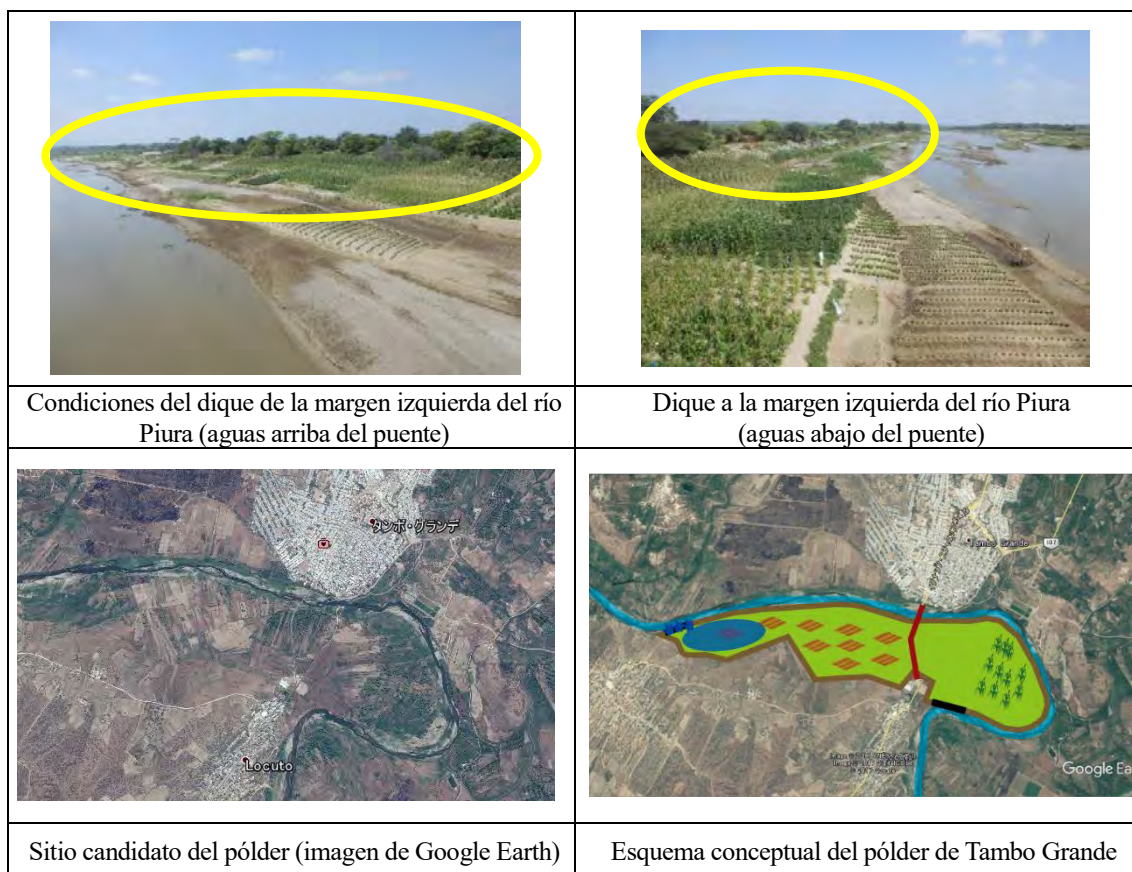
Sitios candidatos	Condiciones actuales (del sitio candidato)
La Peñita	Es el sitio que había sido candidato para la construcción de una presa para riego por un desarrollador privado. Este plan no se materializó debido a la acumulación por razones topográficas y geológicas.
Tambo Grande	El plan está todavía en el planteamiento conceptual, y solo ha sido seleccionado como sitio candidato (los detalles del plan, como por ejemplo, el dimensionamiento, no están definidos)
La Matanza	El plan básico ha sido elaborado por una universidad de Alemania (cuatro pólders, con una superficie de 3722 ha, profundidad efectiva de 7.8 m y capacidad total de almacenamiento de 296 millones de m3)
El Ala	Es un reservorio para almacenar un total de 100 millones de m3 en la cuenca más alta del río Piura. Todavía se halla en la fase de planteamiento conceptual.

Nota) El reservorio más grande del Japón, llamado Watarase, tiene una superficie de 3.300 ha, con capacidad de almacenamiento de 171 millones de m3.

A continuación se describen las condiciones actuales de cada sitio candidato y los desafíos encontrados por el Equipo de Estudio.

Pólder Tambo Grande

El sitio candidato del Pólder Tambo Grande está a la otra orilla del río Piura vista desde la ciudad de Tambo Grande, en la margen izquierda, donde se desarrollan extensas tierras de cultivo. El área está protegida con los diques y está siendo utilizada para la producción agrícola. Además, el río traza una gran curva aguas arriba de este sitio, lo que permite construir el presa vertedero del pólder en un lugar estratégico.



Fuente: Fotos y plan elaborado por el Equipo de Estudio, e imágenes de Google Earth

Figura 13.3.39 Plan de construcción del Pólder Tambo Grande

Pólder La Matanza

En la Tabla 13.3.19 se presenta la información sobre el plan de construcción del Pólder La Matanza, proporcionada por el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura.

Tabla 13.3.19 Especificaciones del Pólder La Matanza

Sub pólder N°	Cuenca (km ²)	Área pólder (km ²)	Longitud de diques (km)	Volumen máx. (MMC)	Promedio del nivel del lecho (m.s.n.m.)	Promedio de profundidad del agua (m)
1	3,867	57.400	13.0 ¹⁾	54	97.34	9.40
2	3,867	94.700	16 ²⁾	94	96.23	9.92
3	2,962	205.400	7.5 ³⁾	127	99.99	6.16
4	905	19.700	1 ⁴⁾	21	95.63	10.52
Total /Promedio	3867	377.200	29.8⁵⁾	296	98.42	7.84

Nota 1-5): Las cifras de cada sub pólder pueden ser redundantes y consecuentemente la suma total no es coherente.

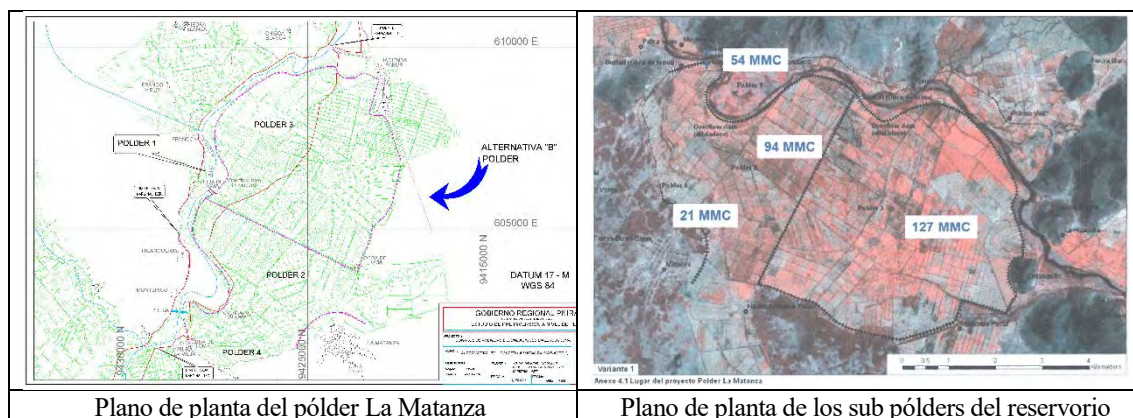


Figura 13.3.40 Plan de construcción del Pólder La Matanza

Este Pólder almacenará el agua en una extensión de 3,770 ha con una profundidad media de agua de 7.8 m. Sin embargo, presenta una serie de limitaciones como las que se mencionan a continuación, debiendo revisar cada una de ellas al momento de concretar el proyecto.

- El plan contempla construir una presa en el río Piura en la parte más baja del pólder a fin de elevar el nivel de agua, pero se considera difícil hidráulicamente cubrir toda el área del pólder.
- De acuerdo con el cálculo de caudal realizado por el Equipo de Estudio, el caudal con período de retorno de 100 años a la altura de La Matanza (en realidad, Chulucanas) es de 2,874 m³/s. Al cortar 1,000 m³/s, quedaría 48.5 millones de m³, por lo que un pólder de 296 millones de m³ resultaría demasiado grande. En la se presenta el hidrógrafo de inundaciones con período de retorno de 100 años y el hidrógrafo de inundaciones asumiendo cortar 1,000 m³/s del caudal máximo con el pólder.

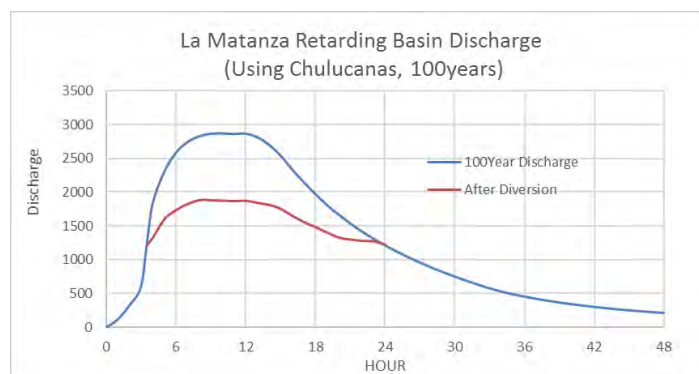


Figura 13.3.41 Hidrógrafo en el caso de construir el Pólder La Matanza

- Este plan consiste en construir la alcantarilla de cajón para derivar el agua al pólder y una presa vertedero completa. A diferencia del concepto convencional de un embalse de cortar el caudal máximo, este sistema permite la entrada de agua aun cuando el caudal de escurrimiento es reducido, lo que se traduce en mayor frecuencia de influjo y mayor impacto a las tierras de cultivo. Además, la presa vertedero es muy larga y, como consecuencia, es un plan económicamente desfavorable. Por lo tanto, de ser posible se recomienda combinar una presa vertedero parcial + sistema de drenaje, como un embalse normal.
- Hacia 2004 cuando surgió este plan, el porcentaje de las tierras desocupadas había sido más alta. Sin embargo, actualmente esta zona ha sido desarrollada como plantación de banano lo que hace que sea

más difícil adquirir la extensión necesaria de tierras. (Sin embargo, algunos sostienen que la plantación del banano ya existía en abril de 2005.) Existen viviendas dispersas dentro del sitio candidato, y el plan de desplazamiento de la población afectada va a ser un elemento importante en el caso de construir el pólder.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.42 Plantación de banano y viviendas existentes en el sitio candidato de Pólder La Matanza

- Este sitio candidato no está protegido con los diques, y quedó inundado un metro aproximadamente por las últimas inundaciones del río Piura. Actualmente, constituye un embalse natural formado en el área anegable. Es necesario tomar en cuenta que de convertirlo en un pólder sin la previa excavación, se reduciría el efecto de almacenamiento de agua.



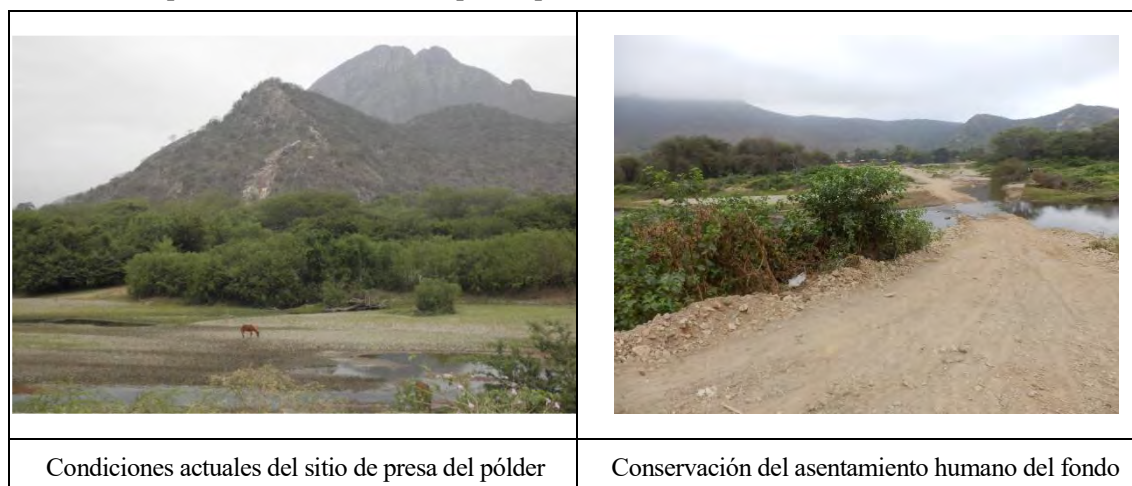
Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.43 Condiciones del cauce y huella de inundaciones alrededor del Pólder La Matanza

Por lo anterior, se considera necesario volver a analizar la dimensión de los pólderes y las especificaciones de la presa vertedero. Luego, en base a los resultados del análisis se debe revisar cuál de las dos opciones convendría más: excavación que conlleva la necesidad de adquirir las tierras necesarias y la conservación de las tierras de cultivo existentes (tipo compensación de cultivos).

Pólder El Ala

El Ala ya había sido seleccionado como el sitio candidato para construir un embalse con capacidad de 100 millones de m³ de la cuenca alta. Por esta razón, se contemplaba construir una presa para detener el agua. Posteriormente, en virtud de que se vio que una parte habitada del sitio candidato quedaría inundada, la idea original fue sustituida por la construcción de un pólder para controlar las inundaciones.



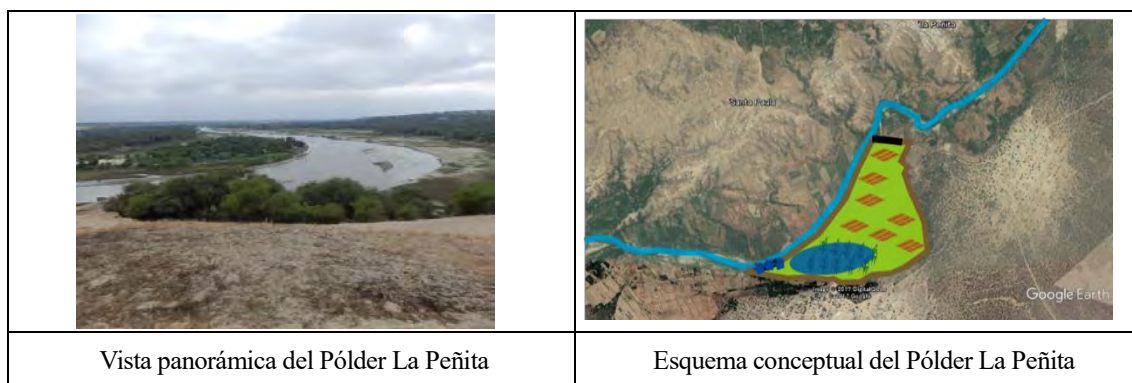
Fuente: Extracto de la información proporcionada por la Universidad de Piura y fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.44 Condiciones del sitio candidato del Pólder El Ala

Básicamente, este sitio es apropiado para construir un embalse tipo presa como se había concebido originalmente y presenta una serie de limitaciones para utilizar como pólder. Sin embargo, al observar las condiciones del lecho y la topografía de la cuenca más arriba (lomas), la cantidad de sedimentos arrastrados es reducida, lo que se traduce en el menor costo de mantenimiento en comparación con otros sitios candidatos. En este sentido es una buena opción como embalse para retener avenidas. Si se toma en cuenta solamente el control de inundaciones, la capacidad del pólder de 100 millones de m³ que proyecta el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura es mucho mayor que la capacidad requerida, debiendo por lo tanto continuar profundizándose más en su análisis.

Pólder La Peñita

El sitio candidato La Peñita había sido seleccionado originalmente como el sitio de construcción de una presa para el riego por un desarrollador privado extranjero. Está en un tramo que serpentea el río Piura entre dos lomas con afloramiento rocoso. El plan consiste en construir el canal de atajo en la margen derecha aprovechando la topografía local, y utilizar el curso del río actual como el pólder. Es un plan altamente viable porque es posible obtener 200 hectáreas de tierras y porque no existen viviendas en el sitio. Sin embargo, en la cercanía se extiende una loma cubierta de arena fina, debiendo estudiar las medidas para prevenir la acumulación de sedimentos. Se recomienda profundizarse en el análisis de viabilidad y de la necesidad en la etapa de elaboración del Plan Maestro.



Fuente: Fotos tomadas y editadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.45 Vista panorámica y esquema conceptual del Pólder La Peñita

d) Necesidad del Plan Maestro

Existen varias opciones para asegurar la capacidad hidráulica necesaria del río Piura como son las siguientes.

- Reducir el caudal mediante pólder o presa y reducir el caudal de avenidas;
- aumentar la capacidad hidráulica mediante las obras de mejoramiento fluvial, tales como la excavación de cauce, construcción y recrecimiento de los diques, etc.; o
- reducir el caudal de avenidas del río principal mediante la construcción del canal de descarga, entre otras.

Para solucionar el problema de la acumulación de sedimentos en el cauce, se requiere frenar el arrastre de los sedimentos de las quebradas aguas arriba. Es importante planificar estratégicamente qué obras se dispondrán dónde y cómo. Las tres ALAs que administran el río Piura y el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Chira-Piura han iniciado el análisis de combinar los pólders y las obras de mejoramiento fluvial. Como medidas de emergencia para 2017, se contempla aumentar la capacidad hidráulica excavando el cauce hasta el lago Ramón ubicada en la cuenca más baja.

Además, es necesario revisar el diseño de las estructuras fluviales y las medidas contra las inundaciones.

Por lo anterior, se considera necesario elaborar el Plan Maestro del río Piura para solucionar los problemas antes mencionados. En particular si se quiere proteger la ciudad de Piura (cuenca baja) ante las inundaciones con un período de retorno de 100 años, va a ser necesario cortar el caudal máximo de entre 4000 y 2000 m³/s, salvo cuando sea aumentada la capacidad hidráulica del cauce. Actualmente se tienen planteados varios proyectos como por ejemplo, la construcción de la presa, reservorios, pólders, recrecimiento de los diques y la consecuente reconstrucción de los puentes. Sin embargo, es probable que las inversiones que se hagan para implementar estos proyectos no manifiesten el impacto esperado, sino se tiene definido de antemano el caudal fluvial de diseño que es la clave para este tipo de proyectos. Por lo tanto, se recomienda volver a analizar una vez más y redefinir la meta final del control de inundaciones (por ejemplo, un período de retorno de 100 años para las ciudades, de 50 años para las tierras de cultivo, etc.), y luego elaborar el Plan Maestro integral para toda la cuenca del río Piura. Después, se requiere evaluar la relación costo-beneficio, definir el orden de

prioridad de los proyectos y centrar las inversiones.

e) Reservoirio de San Lorenzo

El reservorio de San Lorenzo almacena las aguas del río Quiroz, afluente del río Chira transportadas por el canal Quiroz, y aprovechadas principalmente para el riego. Este reservorio está conectado también con la quebrada Chipillico de la cuenca del río Chira, cuyas avenidas se descargan directamente al reservorio. (Si bien es cierto que no se tienen los datos oficiales, se dice que el caudal máximo entrante en 2017 ha alcanzado el orden de 1000 m³/s.)

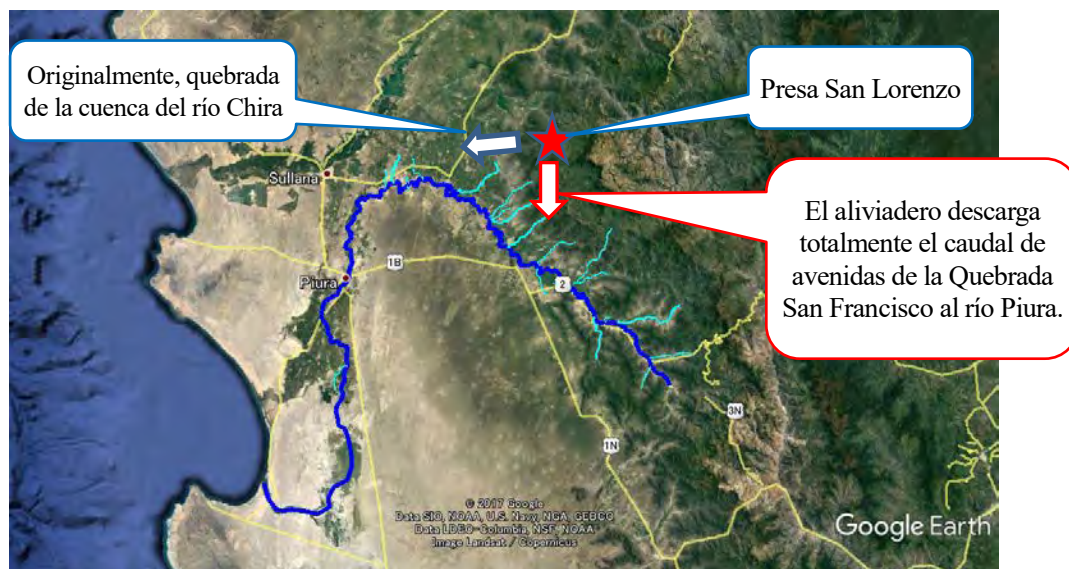
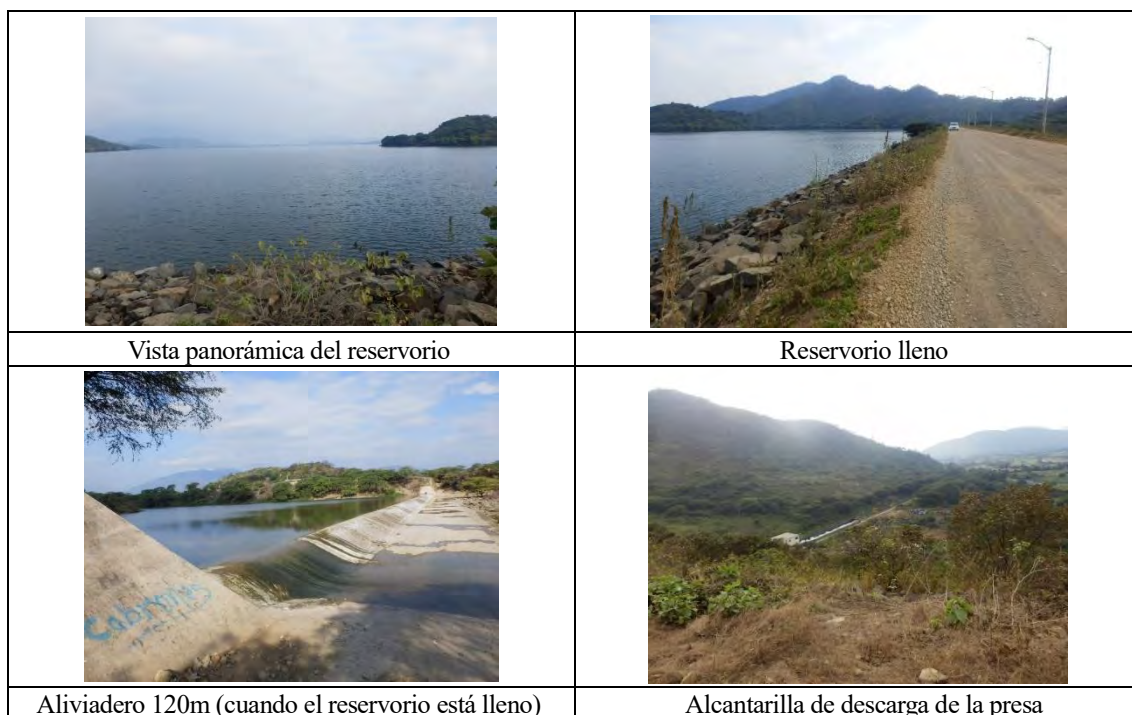


Figura 13.3.46 Mapa de ubicación del reservorio San Lorenzo

Sin embargo, dada la reducida capacidad hidráulica en la parte baja de la quebrada Chipillico, el aliviadero está diseñado para descargar las aguas a la quebrada San Francisco de la cuenca del río Piura desde que fue construido (1976).

El reservorio es administrado, no por ANA ni por el Proyecto Chira-Piura, sino por la Junta de Usuarios, quien mantiene el reservorio permanentemente lleno. (También cuando el Equipo de Estudio visitó el sitio, el reservorio estaba lleno.) Si bien es cierto que no se tiene registrado el caudal de descarga, la ANA estima que éste ha sido más de 500 m³/s.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.47 Fotos del reservorio de San Lorenzo

Las aguas del reservorio de San Lorenzo básicamente deben ser descargadas al río Chira, y no al río Piura, debiendo, por lo tanto, modificar la práctica actual. Como alternativas aquí se plantean preliminarmente tres propuestas siguientes, aunque es necesario ahondar en el análisis para definir propuestas más concretas.

Propuesta 1: Mantener el nivel del agua 1 o 2 metros por debajo del aliviadero durante la época de lluvias, y aprovechar esta altura como el margen de seguridad para controlar las inundaciones (se requiere tomar en cuenta el régimen de descarga del río Chipillico).

Propuesta 2: Construir una subpresa aguas abajo del aliviadero y cortar el caudal máximo de descarga (se requiere analizar la ubicación y el tamaño de la presa.)

Propuesta 3: Alzar la altura de la aliviadero 1 o 2 m, del tipo presa seca, y destinar el margen de seguridad para controlar las avenidas (se requiere analizar la estabilidad de la propia presa, humedad y el régimen de descarga del río Chipillico).

Sea cual fuese la propuesta que se adapte, va a ser necesario discutir el tema con todos los actores del reservorio y optar la mejor alternativa para reducir el caudal de avenidas del río Piura.

Como medidas no estructurales se proponen: 1) construir el sistema de monitoreo y registro del nivel de agua del reservorio y del caudal de descarga del aliviadero; y 2) preparar el manual de gestión, operación y mantenimiento (incluyendo las medidas de emergencia en caso de exceso de lluvias, etc.)

f) Rehabilitación del dique destruido

A continuación se resumen las propuestas para la rehabilitación del dique destruido del río Piura.

Localidades de Viduque y Narihuala

El dique ha sido rehabilitado, pero con arena fina que puede producir infiltración de agua y la consecuente

ruptura. Por lo tanto, se propone tomar medidas como las siguientes:

- 1) sustituir el material del dique por un material apropiado;
- 2) revestir la superficie con una capa impermeable;
- 3) ampliar la sección del dique; o
- 4) instalar un dren al pie de talud y reducir el nivel del agua.

Para solucionar este problema se recomienda realizar el análisis de flujo de infiltración del dique y mantener un gradiente hidráulico local de 0.5 o menos para lograr la seguridad.

Por otro lado, es necesario rellenar sin falta el "charco" formado por el agua vertida del dique roto, ya que éste puede acelerar el proceso de filtración del dique.

Adicionalmente, se recomienda crear cobertura vegetal en el talud interior del dique para prevenir la erosión por lluvias.







Fuente: Proyecto Chira-Piura

Figura 13.3.48 Dique destruido en Viduque

Molino Azul (tramo del dique no rehabilitado)

Para la reparación de un tramo roto del dique, se requiere adoptar una serie de precauciones porque éste puede convertirse en un tramo crítico en un futuro. De acuerdo con las normas japonesas "Guía de análisis estructural de los diques de los ríos" establece para un dique afectado por un desastre, adoptar un factor de seguridad 10 % más que de un dique ordinario. Se dice que para que el dique rehabilitado se estabilice, hay que esperar varios años. Por lo tanto, para el diseño de rehabilitación, se recomienda adoptar una sección algo más alta y más grande que otros diques cercanos. De ser posible, se recomienda utilizar el material que contenga material fino entre 15 – 50 %, un factor de coeficiente de permeabilidad de $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ o menos, considerando que el simple revestimiento del dique de arena existente se destruye fácilmente.

No solo es necesario evacuar el agua estancada en el charco formado en la parte rota del dique, sino que además, se requiere excavar el fondo 1 o 2 metros y eliminar el material ya que el fondo puede haber sido revuelto. Se debe analizar el tipo del material excavado, ya que si es arena acumulada, esta parte puede convertirse en un "curso de agua" en el futuro. De ser imposible eliminar la arena, podría optar por ejecutar la obra de control de infiltración, como por ejemplo, el tablestacado, etc. Los cursos de agua dentro del área fluvial que se conectan al tramo roto del dique deben ser rellenados porque puede conducir el agua de las avenidas.

	
Vista panorámica del tramo del dique destruido en Molino Azul - 1	Sección del dique roto (el dique es poco resistente por ser una estructura recubierta con tierra arcillosa)
	
Vista panorámica del tramo del dique destruido en Molino Azul - 2	Agua estancada en el tramo roto del dique


Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.49 Fotos del tramo roto del dique en Molino Azul

Localidad de Chato Chico (curva del río)

En dique en esta zona ha sido destruido en la curva exterior del río. Si bien es cierto que es necesario reparar urgentemente, ésta es una parte que sufre mayor impacto de las aguas del río y existe una alta posibilidad de recurrencia de la ruptura. En particular, la corriente secundaria que se produce al pie de talud de la curva puede excavar la base del dique (defensa ribereña) con riesgo de producir el colapso de la obra. Se considera necesario ejecutar la obra de protección de lecho ya que la mampostería convencional no sería suficiente para proteger el dique. Esta obra podría ser "rocas enjauladas" o espigones para la protección de piso.

Adicionalmente, la actual ruta de aguas está muy cerca de la obra de defensa, y se recomienda alejar el curso principal colocando espigones aguas arriba del tramo curvo.

	
Vista panorámica del tramo roto del dique (exterior de la curva)	Sitio donde se recomienda colocar espigones

Fuente: Fotos del Proyecto Chira-Piura y y del Equipo de Estudio

Figura 13.3.50 Dique destruido en Chato Chico

(3) Río Chira (presa de Poechos)

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

La presa de Poechos es una presa de múltiple propósitos que sirve para el riego, generación eléctrica, etc. La capacidad efectiva del embalse de diseño de 791 millones de m³, se redujo hasta 396 millones de m³ (50 %) según la medición de 2013 (véase la Figura 13.3.51), debido a la acumulación de sedimentos. Los sedimentos arrastrados provienen de la cuenca alta del río Chira, incluyendo el territorio ecuatoriano.



Tablero de la oficina administradora indicando el estado de acumulación de sedimentos en el Reservorio de Poechos (información pública)

Zona fronteriza con Ecuador en la cuenca alta del río Chira

Fotografía tomada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.51 Condiciones actuales de la acumulación de sedimentos en la presa del Poechos y del arrastre de sedimentos en la cuenca alta

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Las autoridades locales ya finalizaron el análisis para solucionar el problema de la acumulación de sedimentos de la presa de Poechos. Dado que la presa había sido diseñada con posibilidad de recrecer 5 metros más que la altura actual, se contempla elevar 3 metros el aliviadero de emergencia para aumentar la capacidad del embalse. Asimismo, se va a construir una compuerta a la presa recrecida para conservar el funcionamiento del aliviadero, la que será operada en caso de emergencia.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.52 Aliviadero a ser recrecido del reservorio de Poechos (100mx4 = 400 m)

Dentro de este contexto, las autoridades locales solicitaron al Equipo de Estudio formular propuestas de largo plazo para solucionar el problema de la acumulación de sedimentos de la presa.

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

Los métodos más comunes para controlar la acumulación de sedimentos en un embalse son: la eliminación de los sedimentos (a corto plazo), controlar la entrada de los sedimentos construyendo una presa de sedimentos aguas arriba, o derivar los sedimentos para que no entren al embalse (a largo plazo).

En realidad los sedimentos arrastrados no se extienden por todo el embalse de un solo golpe, sino que los sedimentos arrastrados por las avenidas, se acumulan primero en el extremo aguas arriba del embalse, y se van extendiendo con el tiempo; luego, otra cantidad de sedimentos arrastrados por las siguientes avenidas es depositada nuevamente en el extremo aguas arriba del embalse, para ir extendiéndose con el tiempo. Este proceso se repite (véase la Figura 13.3.53). De esta manera la actual acumulación de sedimentos de la presa de Poechos es el resultado de la repetición de este proceso durante aprox. 40 años.

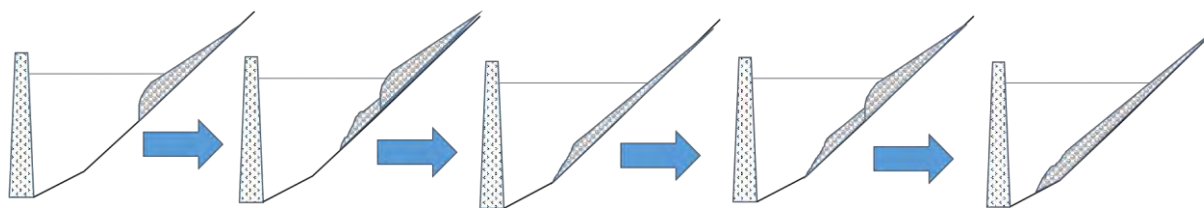


Figura 13.3.53 Esquema conceptual del avance de acumulación de sedimentos en el reservorio

Es más fácil eliminar los sedimentos depositados aguas arriba, que los que se han extendido por todo el embalse.

Si se toma en cuenta este mecanismo de acumulación, la eliminación de los sedimentos depositados en el extremo aguas arriba del embalse viene a ser la tarea primordial.

Como una medida más ambiciosa para prevenir la entrada de los sedimentos al embalse, se hace necesario instalar la presa de sedimentos, etc. Se estima que al año 2013, se acumularon 473 millones de m³ de sedimentos. Si se toma en cuenta que han transcurrido 37 años desde que la presa fue construida, se tiene un promedio de 13 millones de m³ al año. En el caso de instalar la presa de sedimentos, ésta debería ubicarse en el extremo aguas arriba del embalse, para retener eficientemente los materiales arrastrados. El sitio 21 km aproximadamente más arriba de la presa de Poechos puede ser uno de los sitios candidatos. En la siguiente figura se muestra su ubicación. En cuanto al dimensionamiento, la presa de sedimentos tendrá 10 m aprox. de altura, con 700 m aprox. de largo de la corona, con la que se logrará una capacidad de 13 millones de m³ si se toma en cuenta también la topografía local (véase la Figura 13.3.54).

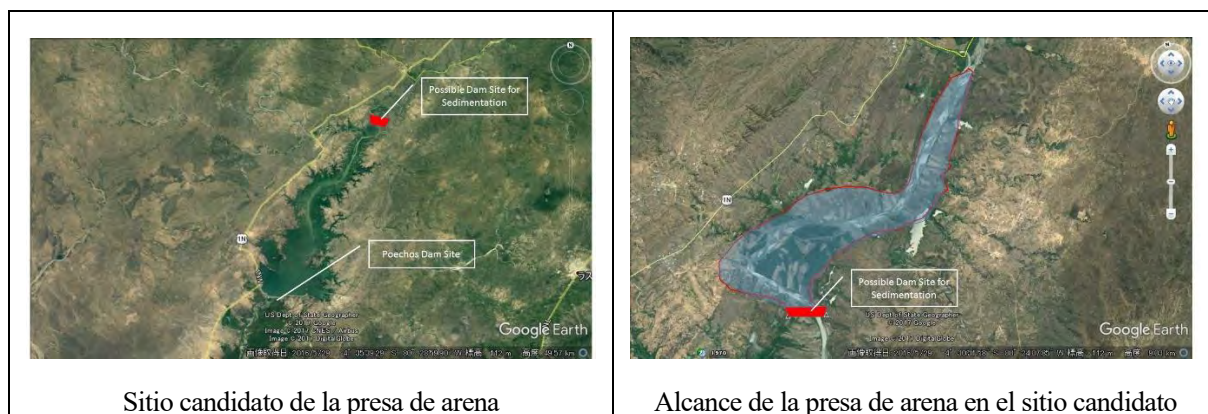


Imagen de Google Earth editada por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.54 Sitio candidato y el alcance de la presa de arena

Para la construcción de la presa de sedimentos es posible aplicar un método que requiera menor cantidad de cemento, a fin de ahorrar el costo de construcción. En Japón, por ejemplo, se aplica el método CGS (grava y arena cementadas o Cemented Gravel and Sand) o el método de estabilización suelos con cemento para el control de sedimentos.

Una vez llenada la presa de sedimentos después de su construcción, se requiere excavar y descargar fuera de la cuenca los materiales retenidos, para poder continuar recibiendo sedimentos.

(4) Ríos Motupe y La Leche

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

Las últimas inundaciones del río La Leche se produjeron porque el caudal de avenidas de un tramo superó la capacidad hidráulica del río, y el agua desbordada llegó al centro del distrito Íllimo. El agua permaneció aprox. una semana (véase la Figura 13.3.55). Las aguas del río Motupe también se desbordaron desde un tramo donde se rompió el dique, inundando el casco urbano del distrito de Hayanca (véase la Figura 13.3.55). Sin embargo, no ha sido posible cuantificar el caudal de las avenidas de estos dos ríos debido a la falta de estaciones de monitoreo.

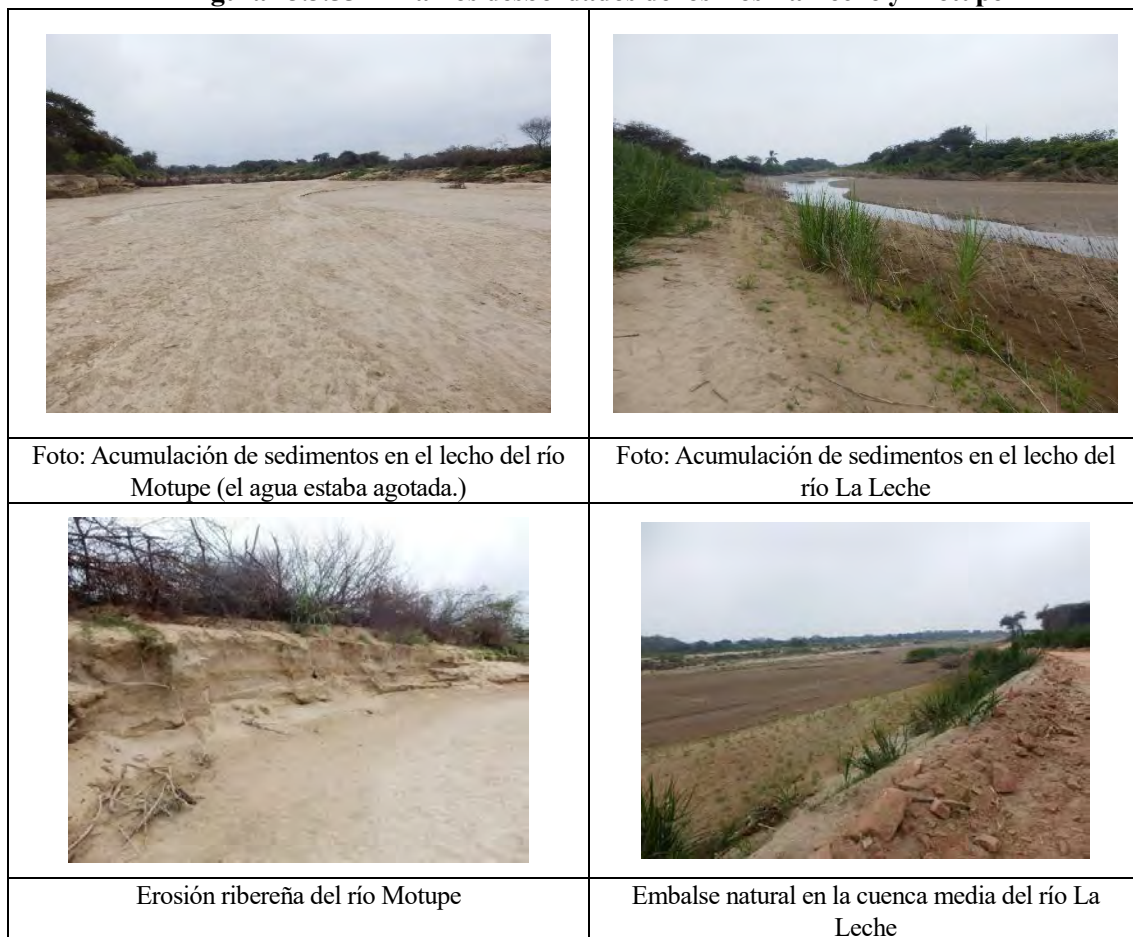
Los daños de las últimas inundaciones se deben a la disminución del cauce por la acumulación de sedimentos, y la consecuente reducción de la capacidad de descarga del río. Si bien es cierto que no ha sido posible obtener los datos cuantitativos que lo confirmen, el Equipo de Estudio durante su visita a la zona inundada y sus alrededores (aguas arriba y abajo), ha visto que los sedimentos cubrían todo el lecho en casi todos los tramos (Figura 13.3.56) de los dos ríos, y que las riberas estaban erosionadas y se había formado embalses naturales. En cuanto a la mecánica del suelo de las márgenes y los materiales del lecho, se distribuye en la zona el suelo arenoso con granulometría fina a mediana, que es fácil de ser erosionado y de acumularse sobre el lecho.

Las autoridades locales contemplan excavar el lecho, pero los materiales excavados son depositados en ambas márgenes del río. Estos materiales pueden servir, temporalmente, de dique. Sin embargo, el golpe de agua producido en las curvas ha acelerado la erosión de las riberas, y los sedimentos vuelven a acumularse

en el lecho, formando un círculo vicioso. Ante esta situación, es necesario buscar una medida para prevenir la acumulación de sedimentos.



Figura 13.3.55 Tramos desbordados de los ríos La Leche y Motupe



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.56 Acumulación de sedimentos y erosión ribereña en los ríos Motupe y La Leche

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Ya se ha solicitado al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) rehabilitar el dique destruido por las inundaciones del río Motupe. Además, fue entregada la solicitud al COEN la

descolmatación de los ríos La Leche y Motupe, pero no se ha llegado a definir concretamente los tramos y la cantidad de obras.

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la siguiente Tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.20 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en la cuenca de los ríos Motupe y La Leche

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles medidas
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del cauce y reducción de la capacidad hidráulica debido a la acumulación de sedimentos • Falta de datos cuantitativos para conocer el régimen fluvial. 	<p>Han sido entregadas al Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) la solicitud de rehabilitar el dique destruido del río Motupe y para ejecutar la descolmatación de los ríos La Leche y Motupe, pero no se ha llegado a definir concretamente los tramos y la cantidad de obras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excavación urgente del cauce (lecho) • Rehabilitación de las obras de defensa ribereña destruidas y control de socavación de la curva exterior del cauce (éste último es efectivo también para reducir la producción de sedimentos a causa de socavación de las riberas.) • Ejecución del estudio de materiales y del movimiento del lecho, y el levantamiento del río y para conocer cuantitativamente la variación del lecho y las condiciones de acumulación de sedimentos. • Después, revisar las posibles medidas contra la acumulación de sedimentos. Concretamente, estas medidas pueden ser: incremento de la fuerza de arrastre del río mediante el recrecimiento del dique, ejecución de la cobertura vegetal en las riberas naturales para prevenir la erosión, construcción del embalse aguas arriba, construcción de la presa de sedimentos, reforestación en la cuenca alta para conservar la zona montañosa, etc. • Como una medida a largo plazo, construir presas en la cuenca alta del río La Leche.

Las medidas de control de inundaciones de los ríos Motupe y La Leche pueden ser de corto plazo (urgente), mediano y largo plazo.

- Medidas de emergencia (a través de las obras de reconstrucción)
 - Excavación del lecho: El puente existente constituye el cuello de botella, ya que no permite recrecer el dique ni ampliar el ancho del río. Por lo tanto, la medida urgente más viable es aumentar la profundidad del lecho sin tocar el ancho del río.
 - Rehabilitación de la defensa ribereña para prevenir la socavación de la curva exterior del cauce: Actualmente se produce la pérdida de los bienes ribereños a causa de la socavación. Esta obra estabiliza el cauce de aguas bajas del río, y contribuye a reducir la producción de sedimentos debido a la socavación de las riberas.
 - Rehabilitación de la defensa ribereña destruida: Es urgente ejecutar esta medida ya que las siguientes avenidas pueden agravar la erosión cambiando el alineamiento del río con posibilidad de causar mayores daños.
- Medidas de control de acumulación de sedimentos a mediano plazo (obras que no pueden ser atendidas)

con el proyecto de reconstrucción post desastre por ser necesario invertir tiempo suficiente para la planificación y ejecución)

- Ejecutar el estudio de materiales y del movimiento del lecho, y el levantamiento del río y para conocer cuantitativamente la variación del lecho y las condiciones de acumulación de sedimentos.
- Seleccionar los tramos críticos de socavación y acumulación de sedimentos a través del análisis de variación del lecho realizando el levantamiento periódico del lecho (una vez al año) y validar los resultados del análisis. Realizar también el levantamiento completo del cauce para conocer el volumen de sedimentos acumulados en todo el río.
- Calibrar el modelo de variación del lecho con los datos básicos acumulados sobre la acumulación de sedimentos, y seleccionar las medidas apropiadas. Concretamente, estas medidas pueden ser: creación de la cobertura vegetal en las riberas naturales para prevenir la erosión, construcción del embalse aguas arriba (que implica excavar y transportar periódicamente los sedimentos); construcción de la presa de sedimentos, reforestación en la cuenca alta para conservar la zona montañosa, etc.



Fuente: http://k-keikaku.or.jp/xc/modules/pc_ktech/index.php?content_id=2252
<http://www.hrr.mlit.go.jp/yuzawa/bousai/info/ccvt.html#>

Figura 13.3.57 Ejemplos de embalses del Japón construido en la cuenca alta

Control de sedimentos a nivel local y a nivel de cuenca hidrográfica

Frente al control de sedimentos a nivel local, las acciones antes mencionadas consisten en regular la producción y el arrastre de sedimentos en forma integral para toda la cuenca en su conjunto. Se requiere estimar los siguientes volúmenes de sedimentos para toda la cuenca, en un futuro próximo.

- Volumen de sedimentos de las laderas y lechos que puede entrar al río o quebrada. (volumen de producción de sedimentos de diseño)
- Volumen de sedimentos que será arrastrado aguas abajo (volumen de descarga de sedimentos de diseño)
- Volumen que se permite o que se debe descargar aguas abajo para la conservación de la cuenca baja o las playas (volumen tolerable de descarga de sedimentos de diseño)

Utilizando los tres datos mencionados, se calculará la diferencia entre el volumen de descarga de diseño y el volumen de descarga tolerable de diseño (= volumen de excedencia de diseño). Luego, se debe reducir esta última variable, mediante la ejecución de las medidas de control como la construcción y disposición de las presas de retención y arbolización de las laderas.

No va a ser posible poner en práctica estas medidas en el período de reconstrucción post desastre. Este período debe ser destinado básicamente a la ejecución de las medidas urgentes, al estudio de sedimentos de la cuenca y a la elaboración del plan de control.

➤ Medidas de inundación a largo plazo

De acuerdo con la información de la Oficina del Proyecto Especial Olmos Tinajones (administrado por el gobierno regional), actualmente existe un plan a largo plazo de construir las presas indicadas en la Figura 13.3.58 en la cuenca alta de La Leche.



Figura 13.3.58 Plan de construcción de la presa en la cuenca alta del río La Leche de la Oficina del Proyecto Especial de Olmos - Tinajones

Este conjunto de presas han sido concebidas para el suministro de agua potable, pero se les deja la posibilidad de incorporar la función de retención de sedimentos a las dos presas de la cuenca alta, Laquipampa y Yavis, y la función de control de avenidas a la presa de calzada en la cuenca media. Una vez construidas las presas, se reduciría sustancialmente la carga del caudal de avenidas desde la confluencia de los ríos La Leche y Motupe hasta la cuenca baja. Adicionalmente, dado que las presas tendrán un fuerte efecto de retención de sedimentos, contribuye a reducir la magnitud de las obras de control de sedimentos en el plan de mediano plazo.

Las presas construidas en el norte del Perú, por lo general son para fines de riego (agrícola) y de generación eléctrica, y no están diseñadas para controlar las inundaciones. Según la información obtenida, estas presas "pueden ser utilizadas también para el control de inundaciones", pero en realidad están casi permanentemente llenas para satisfacer la demanda agrícola, y su función como regulador del caudal de avenidas en realidad es limitada. Por lo tanto, en la elaboración del futuro plan de control de inundaciones, se recomienda incorporar ambiciosamente la función de regulador de caudal, además de las utilidades agrícolas. En cuanto a la estimación del volumen de acumulación de sedimentos de diseño, se considera necesario tomar en cuenta el

régimen actual, y asegurar la capacidad inefectiva de cada presa manteniendo un margen de seguridad y equipar a las presas del sistema de desarenado.

(5) Ríos Chancay-Lambayeque

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de inundaciones

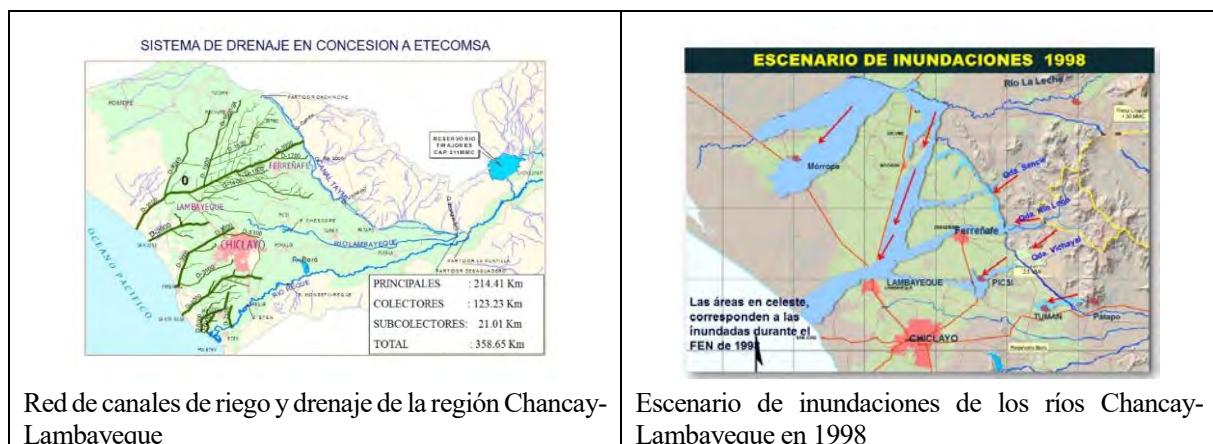
a) Inundaciones del área urbana

El sistema de suministro de agua de riego en esta región consiste en tomar el agua del río Chancay, almacenarla en el reservorio de Tinajones y suministrar a las ciudades de Chiclayo, Ferreñafe y Lambayeque a través de la bocatoma de La Puntilla y el canal de Taymi (véase la Figura 13.3.59).

El agua de riego finalmente es descargada al mar a través de los canales de drenaje denominados Dren 1000, Dren 2000, Dren 3000, etc. Estos drenes son construidos y mantenidos por el Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) bajo el control del Gobierno Regional de Lambayeque.

Dentro de la ciudad de Lambayeque, la red de drenes del agua de riego del canal Taymi se extiende en forma de abanico, cuyo clavillo está en el suburbio de la ciudad de Lambayeque (véase la Figura 13.3.59).

En los eventos de inundación, el efluente de las tres quebradas que corren a lo largo del canal de Taymi entra o pasa por encima de éste dejando inundados los distritos de Ferreñafe o Picsi y de aquí es conducida finalmente a las afueras de la ciudad de Lambayeque a través de la red de drenes. También llegan a Lambayeque el agua desbordada de la margen izquierda del río La Leche así como las aguas de lluvia a través de los drenes (véase la Figura 13.3.59). En el evento de febrero de 2017 las inundaciones se detuvieron en las afueras de Lambayeque. Sin embargo, en los eventos de 1998, 1995 y de 1983, el agua llegó a inundar también el área urbana.



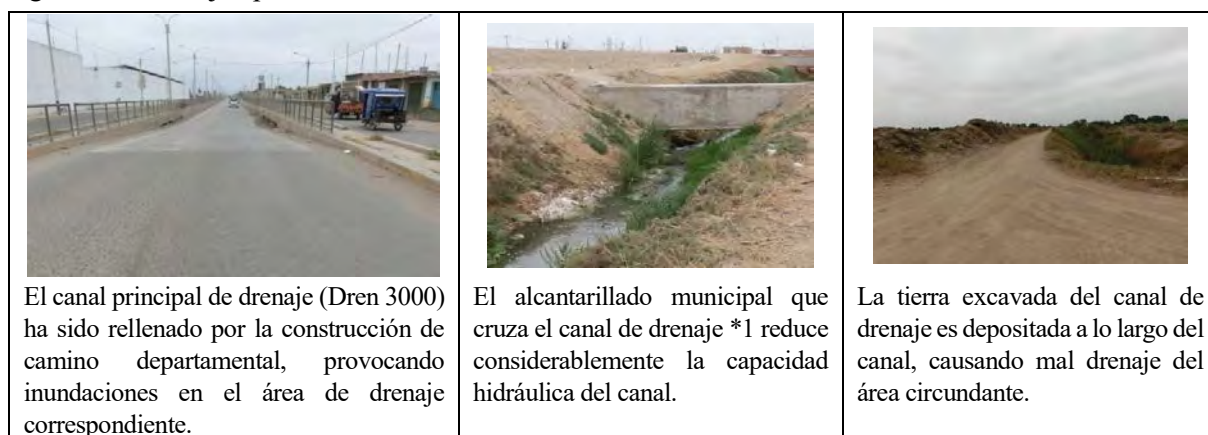
Fuente: Proyecto Especial Olmos - Tinajones

Figura 13.3.59 Red de canales de riego y drenaje de la región Chancay-Lambayeque y escenario de inundaciones de 1998

Por otro lado, las ciudades de Lambayeque y Chiclayo no cuentan con un sistema de drenaje, y las aguas de lluvia no son evacuadas oportunamente. El desarrollo urbano incontrolado no solo ha aumentado la descarga de las lluvias al convertir las tierras de cultivo en lotes residenciales, y algunos canales de drenaje

han perdido su función sin ser rehabilitados. Concretamente, las inundaciones que azotaron el norte de la ciudad de Chiclayo y que permanecieron durante tres semanas se deben en parte por haber rellenado el Dren3000 para utilizar como camino.

En el caso de la Ciudad de Chiclayo, el Dren3000 que pasa en las afueras de la ciudad, y los canales de drenaje agrícola que atraviesan la ciudad habían servido de canales de drenaje de aguas pluviales de la ciudad que crecen año a año. Esta función de los canales de drenaje se ha visto afectada por múltiples factores asociados con el desarrollo y crecimiento acelerado de la ciudad en los últimos años. La capacidad de los drenes diseñados para fines agrícolas no es suficiente para drenar todo el agua de la zona, además que parte de su función se ha visto considerablemente deteriorada, razón por la cual las inundaciones provocadas por el mal drenaje permanecen un tiempo prolongado casi todos los años. En la Figura 13.3.60 se muestran algunos de estos ejemplos.



Nota: *1: El sistema de alcantarillado es administrado por la Programa Nacional de Saneamiento Rural

Figura 13.3.60 Ejemplos de la reducción de la capacidad de la red de riego y drenaje y de mal mantenimiento

b) Desbordamiento del agua de la quebrada al canal de Taymi

El canal de Taymi se ubica en un lugar que favorece la entrada del agua con sedimentos de las quebradas cercanas hacia el canal cuando ocurren las avenidas. Se construyeron dos obras para afrontar esta situación. La primera es el sifón que conduce las avenidas de las quebradas por debajo del canal. La otra es una estructura que consiste en conducir las avenidas al canal y de aquí a otro canal perpendicular al primero. La primera ha quedado fuera de uso por haber sido rellenado el sifón con sedimentos. La segunda está funcionando adecuadamente por ser una quebrada con reducida producción de sedimentos.

En todo caso, las dos obras mencionadas están provocando la inundación en los distritos Ferreñafe y Picsi con el agua proveniente de las quebradas y que pasan por encima del canal de Taymi.

	
<p>Entrada de agua de la quebrada en la estructura de sifón</p>	<p>Daños en la entrada de agua de la quebrada río Loco</p>
	
<p>Entrada del agua de la quebrada desde las compuertas basculantes (flap gate)</p>	<p>Estructura de desbordamiento a la izquierda de la foto</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.61 Ejemplos de las medidas contra el desbordamiento del agua de la quebrada hacia la red de canales de riego y drenaje

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

La Oficina del PEOT está solicitando al Gobierno Regional de Lambayeque el presupuesto para reforzar la capacidad de los drenes.

El gobierno regional de Lambayeque ha suscrito el contrato de elaboración del Plan Integral de Manejo de Recursos Hídricos y Control de Inundaciones con Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR) el 11 de julio de 2017. En la Figura 13.3.62 se presenta el artículo de prensa al respecto.



(Extracto del artículo)

El gobierno regional de Lambayeque y el Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR) de la República Popular China firmaron un convenio marco de cooperación para la elaboración de un Plan Integral de Manejo de Recursos Hídricos y Control de Inundaciones. El representante de Changjiang Institute, Zhong Zhiyu, precisó que el objetivo de dicho acuerdo es cooperar en la planificación y gestión de control de inundaciones y recursos hídricos de Lambayeque a fin de evitar muertes y pérdidas de las propiedades privadas a consecuencia de eventos como el fenómeno de El Niño Costero y ofrecer el soporte técnico para el desarrollo sostenible de Lambayeque.

Fuente: Página web del gobierno regional de Lambayeque (<http://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/22935?pass=Mg==>)

Figura 13.3.62 Artículo de la prensa sobre el proyecto de cooperación china para el control de inundaciones en el departamento de Lambayeque

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la siguiente Tabla se proponen las posibles soluciones según las diferentes causas de inundaciones identificadas tomando en cuenta las necesidades de los organismos gubernamentales del Perú. Los detalles se describen en el siguiente apartado.

Tabla 13.3.21 Políticas básicas (preliminares) del control de inundaciones en Chiclayo y Lambayeque

Desafíos de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Necesidades de las medidas contra inundaciones y sedimentos	Posibles medidas
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción del sistema de drenaje urbano en brevedad y elaboración del Plan Maestro del Sistema de Drenaje Urbano • Creación de un organismo coordinador para lograr la coherencia entre los planes de los diferentes sectores • Inspección, operación y mantenimiento para mantener las funciones inherentes de los canales de drenaje existentes • Reconstrucción de las secciones inadecuadas que estorban la capacidad hidráulica 	<p>La Oficina del Proyecto Especial Olmos –Tinajones está solicitando al gobierno regional de Lambayeque el presupuesto para reforzar la capacidad de los drenes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del plan de drenaje urbano y agrícola • Mejoramiento de los canales de drenaje existentes (concretamente, revestir con hormigón los canales de tierra al igual que los canales de riego, para mejorar el coeficiente de rugosidad de los canales, prevenir la vegetación densa y reducir los sedimentos de los canales (basuras y sedimentos) mediante el aumento de velocidad de flujo).

a) Control de inundaciones de las ciudades

Tanto la ciudad de Chiclayo como Lambayeque afrontan la necesidad de construir en brevedad un sistema de drenaje urbano.

En particular, en el caso de la ciudad de Chiclayo, el drenaje urbano se realiza actualmente con el sistema

de drenaje agrícola y no cuenta con el sistema de drenaje urbano propiamente dicho. Por lo tanto, el primer paso constituye en la elaboración de un plan maestro de dicho sistema.

El plan de drenaje urbano debe ser coherente con la disposición de los canales de riego existentes, y otras infraestructuras como son los caminos, alcantarillado, etc. ya construidas o por ser construidas en el futuro. Por lo tanto, a fin de lograr la coherencia, se requiere crear primero un organismo coordinador intersectorial.

Sin embargo, tanto el Proyecto Especial como la Empresa Nacional de Saneamiento Rural no están tomando iniciativa para resolver el problema del drenaje urbano. Lo ideal sería que el CRHC asuma la función de coordinador para todas las cuestiones de los recursos hídricos de la cuenca. Sin embargo, todavía no ha sido conformado el CRHC en esta región, y por ende, no hay un ente que asuma esta responsabilidad. Por consiguiente, el segundo paso es reforzar la capacidad coordinadora de la ANA y de futuro CRHC en el tema de agua urbana.

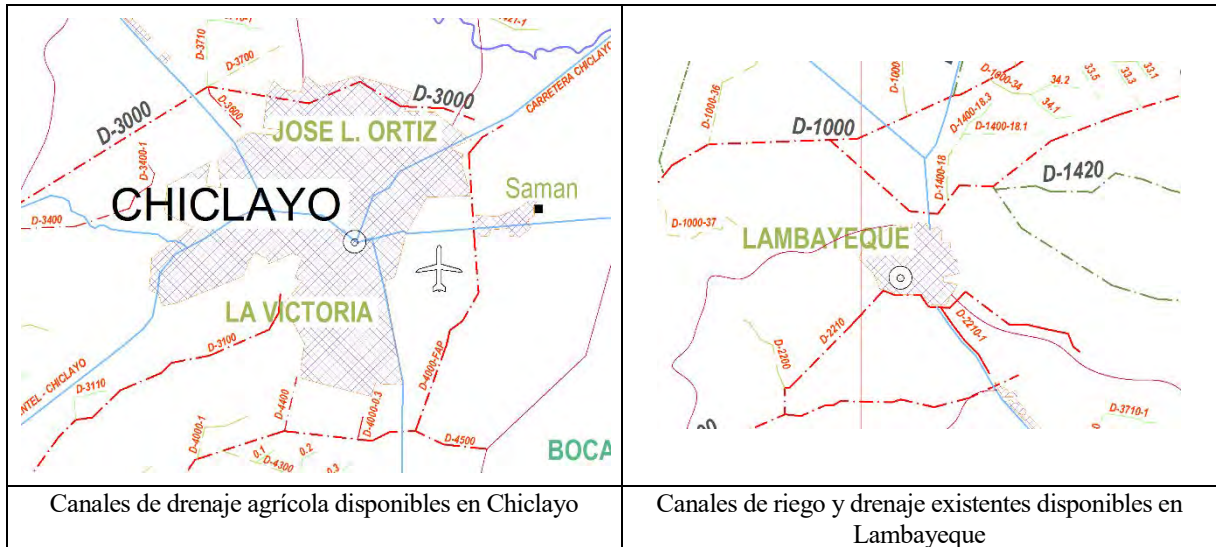
No sería adecuado abordar las dos tareas mencionadas en forma aislada, sino que se recomienda que tanto Chiclayo como Lambayeque emprendan la primera tarea, que es la elaboración del Plan Maestro para la construcción del sistema de drenaje urbano, y luego, la segunda tarea que es la solución de los problemas institucionales.

Normalmente, un sistema de drenaje urbano está constituido por los siguientes elementos:

- Interceptor de la entrada de agua superficial desde afueras, que se construye en el perímetro del área urbana.
- Canales principales y laterales de drenaje para descargar el agua hacia fuera del área urbana.
- Sistema de bombeo para algunos tramos específicos.

En el caso de Chiclayo, los Drenes 3000 y 4000 pueden servir en parte la función de interceptor. Asimismo, los canales laterales de drenaje agrícola también pueden ser utilizados como canales de drenaje urbano.

En el caso de la ciudad de Lambayeque, los Drenes 1000, 1400 y 2000 pueden servir de interceptores, y los demás canales también pueden ser utilizados. Sin embargo, el plan de ampliación de la capacidad del Dren 1000 que actualmente está revisando el Proyecto Especial Olmos - Tinajones contempla aumentar el caudal de avenidas que entra a la ciudad, debiendo por lo tanto realizar las coordinaciones necesarias con los planes de drenaje urbano y de drenaje agrícola.



Fuente: Datos del Proyecto Especial Olmos Tinajones, procesados parcialmente por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.63 Canales de riego y drenaje existentes aprovechables para el drenaje de agua de Chiclayo

En el caso de utilizar los canales de drenaje agrícola existentes, va a ser necesario eliminar las estructuras que cruzan los canales y que interceptan el flujo de agua. El caudal de diseño de estos canales es reducido por ser canales de drenaje agrícola. Por esta razón, la presencia de algunas estructuras de cruce no afectaba la capacidad de descarga aun cuando se producía el remanso. Sin embargo, en el caso de utilizar estos canales también para evacuar el agua de inundaciones, incluyendo el drenaje urbano, es más que probable que se produzca el desbordamiento aguas arriba de los cruces, acumulación de los objetos arrastrados (basuras, troncos, etc.), así como la reducción de la sección hidráulica. Va a ser necesario, por lo tanto, realizar la inspección de los canales de drenaje existentes y eliminar los obstáculos. Asimismo, puede ser necesario reconstruir el alcantarillado de cajón que cruza el camino, ya que la sección actual es inferior a la sección del río aguas arriba y abajo.





Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.64 Obstáculos que cruzan el canal de drenaje existente y la alcantarilla que cruza el camino

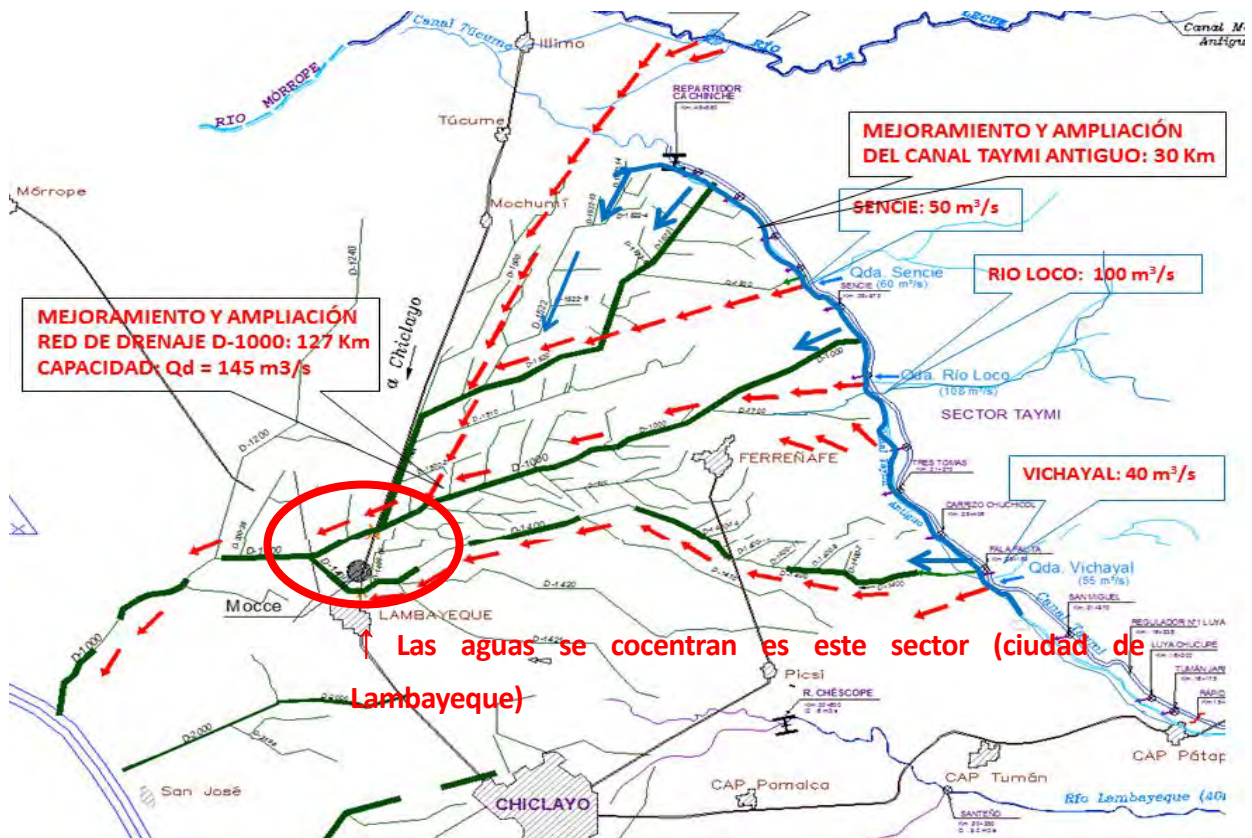
En el caso de elaborar el plan de drenaje agrícola + urbano, puede ser necesario aumentar la capacidad de descarga. En este caso, la medida concreta sería revestir con hormigón los canales de tierra al igual que los canales de riego, para mejorar el coeficiente de rugosidad de los canales, prevenir la vegetación densa y reducir los sedimentos de los canales (basuras y sedimentos) mediante el aumento de velocidad de flujo.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.65 Mejoramiento del canal de riego existente mediante el revestimiento con hormigón

En cuanto a los distritos Ferreñafe y Picsi, el aumento de la capacidad de los Drenes 1000 y 1400 que actualmente está programando el Proyecto Especial Olmos - Tinajones tendrá un determinado impacto positivo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los dos distritos mencionados se ubican aguas arriba de la ciudad de Lambayeque. El control de inundaciones en la cuenca alta se traduce en el aumento de caudal de inundaciones en la cuenca baja, en este caso, la ciudad de Lambayeque. Por lo tanto, se requiere pensar en un control integral de inundaciones fundamentado en el cálculo hidráulico racional.



Fuente: Proyecto Especial Olmos Tinajones

Figura 13.3.66 Plan de mejoramiento del canal de drenaje existente aguas arriba de la ciudad de Lambayeque por el Proyecto Especial Olmos - Tinajones

b) Desbordamiento del agua de las quebradas al canal de Taymi

Para pensar en el control de inundaciones de las quebradas que producen gran cantidad de sedimentos (Sencie y río Loco), es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- Diseñar una estructura que favorezca el arrastre aguas abajo y no retenga los sedimentos, o que tenga una sección que facilite remover los sedimentos acumulados.
- Sin embargo, no es pertinente adoptar un sistema como la de la quebrada Vichayal que descargue el agua al Canal de Taymi, porque en el caso de las quebradas Sencie o río Loco pueden rellenar el canal con sus sedimentos.

En Japón las estructuras son diseñadas recién después de realizar el ensayo con las maquetas hidráulicas. Considerando que va a ser difícil reconstruir en brevedad las obras ya construidas, se recomienda que para la construcción de nuevas obras o reconstrucción de las obras obsoletas, se diseñen las estructuras de control de inundación después de realizar los ensayos con maqueta hidráulica del arrastre de sedimentos.

- Se requiere diseñar la estructura del muro del canal del lado de la quebrada, tomando en cuenta la presión de agua de la quebrada.

En la Figura 13.3.67 siguiente, se presenta un ejemplo de la presa vertedero de un embalse diseñado para soportar la presión de agua, con base en el análisis del flujo de infiltración. Esta presa está dotada del respiradero y tubo de drenaje para soportar el alza del nivel y la presión de agua en el interior de la presa vertedero.

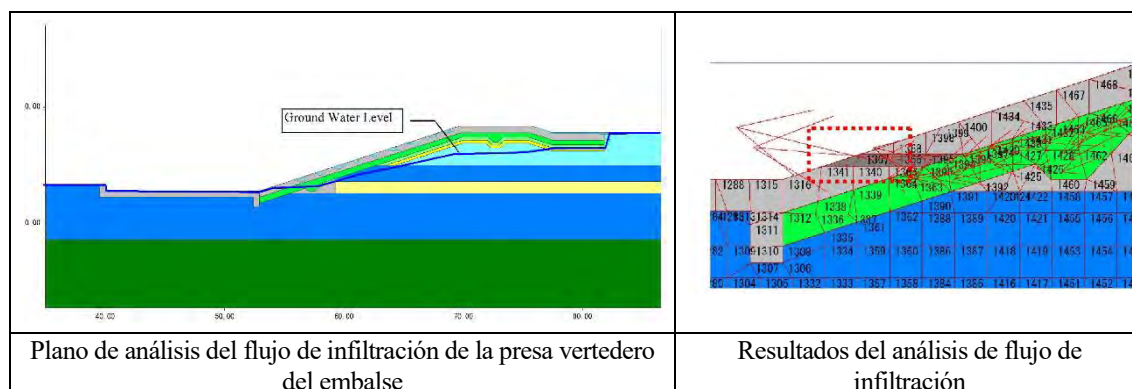


Figura 13.3.67 Ejemplo del análisis del flujo de infiltración de la presa vertedero del embalse (análisis del espesor de revestimiento en base a la presión de agua)

13.3.3 Evaluación de los huaicos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas

El Equipo de Estudio llevó a cabo el estudio en campo de los ríos que avenan la ciudad de Trujillo, el río Cuculicote, río Rímac, enfocándose principalmente a los deslizamientos y huaycos asociados con las inundaciones. Los daños directos ocurridos por el derrumbe y deslizamientos han sido descartados porque no han sido marcados en el Área del Estudio.

(1) Características de los deslizamientos y huaycos en la Costa

Los ríos que avenan la ciudad de Trujillo y los ríos Cuculicote y Rímac se ubican en la Costa. Esta región se caracteriza por la reducida precipitación y marcada diferencia entre las épocas de lluvias y seca. Las quebradas que nacen en las sierras, y no en la Cordillera de Los Andes, son ríos intermitentes o perdidos (sin salida) aun cuando su cuenca sea grande. Por ser ríos intermitentes, los cursos son inestables, especialmente en las llanuras, y se distinguen difícilmente en estado natural.

El principal basamento de la cuenca estudiada está constituido por los granitos con avanzado grado de meteorización por falta de cobertura vegetal, y severas condiciones con alternación de estaciones seca y lluviosa, convirtiéndose en el productor de sedimentos y guijarros.

A estos factores naturales se suman los factores sociales: se distribuyen las áreas urbanas y tierras de cultivo a la salida del valle y constituye la intersección de importante red vial. De este modo, los huaycos y el arrastre de sedimentos provocados por las inundaciones en la época de lluvias producen grandes daños en la zona.

Los deslizamientos y huaycos pueden clasificarse según las condiciones topográficas en: 1) erosión y

desbordamiento provocados por el huaycos y deslizamientos en el pie de las sierras y 2) desbordamiento con arrastre de sedimentos en la llanura.

En el pie de las sierras el agua con sedimentos forman el fluido muy denso y energético que en su curso va destruyendo las estructuras cercanas al río. La erosión ribereña y la acumulación acelerada de los depósitos en la cuenca provocan el desbordamiento del agua. Chosica es la ciudad que se expone a esta situación.

Los llanos son propensos al desborde e inundaciones debido a los sedimentos que se depositan cuando los ríos pierden la fuerza de arrastre. Los cursos no definidos y la falta de sección constituyen también las causas del desbordamiento. Corresponden a este caso los ríos de la ciudad de Trujillo, el río Cuculicote y el río Huayacololo, afluente del Rímac.

	
<p>Foto: Granito meteorizado del basamento (quebrada Cuculicote). Es posible raspar con martillo.</p>	<p>Foto: La ladera está recubierta con guijarros de granito que son el núcleo de las rocas meteorizadas en capas de cebolla (quebrada Las Cruces).</p>
	
<p>Foto: Punto inicial de la erosión. Las montañas carecen de cobertura vegetal, y son avenadas por la corriente de agua. Los depósitos sedimentarios al pie están erosionados (quebrada Cuba)</p>	<p>Foto: Área anegable de la tierra baja. Se extiende la tierra plana y es difícil distinguir el curso de agua en estado natural (quebrada León).</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

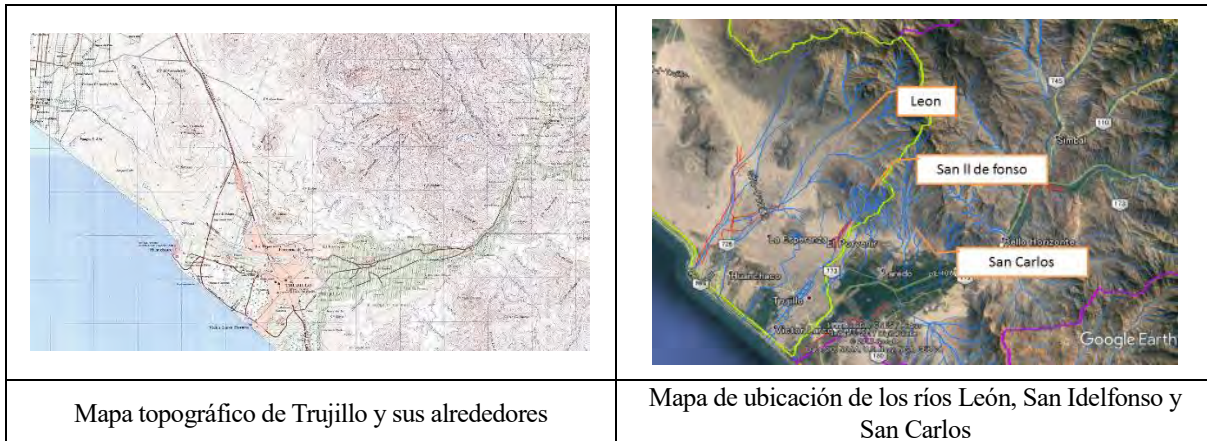
Figura 13.3.68 Características de las quebradas en la Costa

(2) Ríos de Trujillo (León, San Idelfonso y San Carlos)

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de deslizamientos y huaycos

c) Topografía y naturaleza

En la Figura 13.3.69 se presenta el mapa topográfico de esta zona, así como el alineamiento horizontal de los ríos León, San Idelfonso y San Carlos que produjeron deslizamiento en 2017 en la ciudad de Trujillo.



Fuente: ALA

Figura 13.3.69 Topografía y las principales quebradas de Trujillo

El basamento de esta región está constituido por el granito cubierto extensamente por la capa de grava y arena (lecho de las quebradas, etc.). Si se toma en cuenta que las quebradas están muy erosionadas, se deduce que los sedimentos arrastrados durante el desastre se deben al movimiento secundario de los sedimentos acumulados en las quebradas.



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.70 Basamento y el estrato superficial de gravas y arena de y la producción de sedimentos

d) Condiciones sociales

Se observaron las viviendas construidas legal o ilegalmente en los sitios de alto riesgo, como por ejemplo a la salida de los valles de las tres quebradas que avenan la ciudad de Trujillo. De esta manera, muchos de los pobladores habitan en las zonas vulnerables ante el riesgo de deslizamiento. Como se muestra en la Figura 13.3.71, la mayoría de las quebradas se perdieron o se desaparecieron por el efecto de la urbanización.



Foto: Final del flujo de la quebrada. San Idelfonso. Tomada desde la línea costera mirando aguas arriba. Se reduce levemente la elevación al fondo (aguas arriba). La quebrada se desaparece en el área urbana de Trujillo y no se observa ningún trazo del río en la línea costera.



Foto: Final del flujo de la quebrada León (a la izquierda). Tomada desde la línea costera mirando aguas arriba. Existen parapetos en ambas riberas, aunque no se visualizan en la Foto por estar detrás del terraplén (a la derecha). Tomada mirando la línea costera. El revestimiento pétreo del primer plano corresponde al curso de agua, el cual se encuentra a la misma altura de la calzada.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.71 Final del flujo de la quebrada. San Idelfonso y de la quebrada. León

e) Daños

La zona fue azotada por siete eventos de inundación en 2017. Una de las causas que agravaron los daños fue la ruptura del dique de tierra por el primer evento. Este dique cruza la quebrada y ha sido construido en 1998 por el gobierno regional para permitir el cruce de los habitantes locales por la quebrada San Idelfonso y para mitigar los daños de inundaciones.

Las avenidas que nacen en la cuenca alta discurren por el cauce que llega hasta la salida del valle. Luego las aguas bajaron por la Av. Miraflores que pasa por el centro de la ciudad, que fue construido sobre el antiguo cauce, dejando inundadas numerosas viviendas y tiendas.

Esta misma situación se produjo con otras dos quebradas (León y San Carlos), pero el daño más grande se produjo con las inundaciones de San Idelfonso que discurrieron por el centro de la Ciudad.

Las autoridades de Trujillo sostuvieron que la Ciudad ha sido azotada por las inundaciones y deslizamientos también en 1982 y en 1998, pero la magnitud de los daños de las últimas inundaciones ha sido mucho mayor que las dos precedentes. De acuerdo con la ALA, en los dos eventos precedentes, la precipitación ocurrió en la cuenca alta, mientras que en el último evento, el exceso de lluvias ocurrió cerca de la ciudad de Trujillo, a elevaciones relativamente menores, y que esto ha sido una de las causas que agravaron los daños (véase el apartado 13.3.1.).



Foto: La huella de la pared que dejaron las inundaciones llega a la altura de una persona.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.72 Huella de las inundaciones del distrito La Esperanza

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

El gobierno municipal de Trujillo ya terminó de eliminar los sedimentos acumulados en el área urbana, pero las autoridades están preocupadas por la recurrencia de similares inundaciones. El gobierno municipal de Trujillo ha solicitado a la ALA elaborar la propuesta básica de las medidas contra las inundaciones de las tres quebradas, y solicitar al COEN la ejecución de las medidas contra las futuras inundaciones y deslizamientos incluidas en la propuesta básica mencionada.

Por otro lado, la ALA ha captado los datos topográficos básicos y ha realizado el levantamiento de los tramos restantes, y ya ha ejecutado la modelación de inundaciones aplicando HEC-HMS y HEC-RAS. Estos datos han sido transferidos al gobierno municipal de Trujillo recomendando respetar en lo posible la sección transversal del cauce de las quebradas.

Adicionalmente, ANA, a solicitud del gobierno municipal de Trujillo y de la ALA, ha iniciado el estudio de las medidas radicales contra las inundaciones y deslizamientos de las tres quebradas. En lo que respecta a la quebrada San Idelfonso, la ANA recomienda construir un nuevo canal de desviación para no dejar fluir el agua en la Ciudad.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

Figura 13.3.73 Propuesta de ANA sobre el canal de desviación de San Idelfonso

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

a) Desafíos de las medidas contra deslizamientos y huaycos, y las políticas de sus medidas

En la Tabla 13.3.22 se resumen los desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos y la propuesta de políticas de solución.

Tabla 13.3.22 Desafíos de la planificación de las medidas contra huaicos en la ciudad de Trujillo y las políticas de sus medidas (propuesta)

Temas	Desafíos	Políticas de solución
Planificación	No se han definido las especificaciones ni los criterios básicos del plan, como por ejemplo, las dimensiones de las obras, puntos de control, las áreas de conservación, volumen de sedimentos de diseño, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Definir las especificaciones y los criterios básicos del plan en base a los datos del historial de desastres, estudio en campo, etc. ● Se requiere elaborar las normas que indiquen el método de estudio. ● Actualmente se tienen solamente los datos numéricos de los daños de desastres, no así los registros detallados del alcance de desbordamiento y el régimen de descarga (nivel del agua de avenidas, profundidad inundada, profundidad de sedimentos acumulados. Se requiere construir un sistema para captar, centrar y procesar estos datos de desastres. ● Identificar el proceso y espacios de erosión, transporte y depósito de sedimentos. ● Identificar la relación entre la topografía de acumulación de sedimentos precedente y el movimiento de los sedimentos en los últimos años. ● Ejecutar el estudio del volumen de sedimentos.
	Falta de las normas sobre la disposición y diseño de las obras. Las obras de control son vulnerables.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere elaborar las normas sobre la definición de los criterios y el concepto de diseño. <p>(Se recomienda, como el primer paso, construir no un simulacro numérico de alta complejidad, sino una metodología que permita a los ingenieros realizar el cálculo manual.)</p>
Disposición de las obras	No existen actualmente las obras de retención de sedimentos en las cuencas de las quebradas. Las quebradas son anchas, y se requieren de obras grandes. La definición de la disposición de las mismas es también un tema complejo.	<p>Reducir el tamaño de las obras</p> <ul style="list-style-type: none"> ● controlando la dirección del flujo con el dique longitudinal. <p>Controlar el movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> ● mediante la creación de franja vegetal.

Temas	Desafíos	Políticas de solución
	Actualmente, la ANA está elaborando un nuevo plan de curso de agua de las quebradas en busca de una solución cabal de los deslizamientos y huaycos.	<p>Dado que el canal de desviación cruza con varias quebradas,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● se requiere también controlar el arrastre de los sedimentos de estas quebradas. <p>Eliminar los sedimentos y dejar discurrir solamente el agua limpia, mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● la estabilización de los cruces con el dique longitudinal; y ● la retención de sedimentos mediante la presa de sedimentos. <p>A largo plazo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● controlar el movimiento de sedimentos mediante la creación de la franja vegetal
Ejecución de obras	<p>Las obras de control de sedimentos, por lo general, son ejecutadas por el respectivo gobierno local, por lo que su tamaño y calidad son limitados.</p> <p>Por lo general, son pequeñas estructuras ejecutables con la fuerza humana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Intensificación de los métodos de ejecución mecanizado con el uso de la grúa <i>rough-terrain</i>, etc. <p>En el Japón, se utilizan las maquinarias pesadas similares para las obras de los ríos, pero en las quebradas, la ejecución es básicamente manual. Considerando que son pocos los sitios que tienen una planta de hormigón mixto en la cercanía,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● se considera pertinente utilizar los miembros de hormigón prefabricado (presa de bloques, etc.) y el suelo – cemento. <p>En todo caso,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● el uso del camión grúa resulta útil para la ejecución de grandes obras. <p>Va a ser difícil adoptar los criterios únicos y coherentes si se ejecutan las obras a nivel municipal, debiendo</p> <ul style="list-style-type: none"> ● transferir la función coordinadora de las obras al gobierno regional, <p>Otra alternativa sería</p> <ul style="list-style-type: none"> ● construir un sistema de evaluación del diseño por un organismo superior. <p>(En Japón, las obras de control de sedimentos son ejecutadas por el gobierno prefectural. Sin embargo, el plan y el diseño son evaluados por el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo que es un organismo de nivel superior.</p>
Medidas no estructurales	<p>Son pocos los tramos mejorados: las quebradas se desaparecen en su extremo final o sus márgenes no están protegidas.</p> <p>Es difícil ejecutar el encauzamiento por la presencia de viviendas y caminos importantes que cruzan.</p>	<p>Para las pequeñas quebradas, se requiere analizar la pertinencia de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Regular el volumen de sedimentos aguas arriba, y hacer fluir el agua poco densa sobre los caminos. <p>Existen algunos tramos en que se debe adoptar una medida correctiva, como por ejemplo, proteger las viviendas instalando parapetos en las aceras.</p> <p>De otro modo, la solución ideal sería:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Promover el desplazamiento forzado basándose en instrumentos legales. <p>En todo caso, esta medida requiere un prolongado tiempo para concretar.</p> <p>Se debe analizar la posibilidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● elaborar el plan de control mediante la construcción de la presa de sedimentos o del dique longitudinal, <p>si existen espacios adecuados en la cuenca más alta.</p> <p>Es necesario tener en cuenta que un diseño realizado sin fundamentarse en los datos precisos del volumen de sedimentos, etc. puede agravar los daños cuando ocurre una fuerza externa excedente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● También es necesario aplicar ambiciosamente las medidas no estructurales como por ejemplo, informar a los residentes locales los sitios de alto riesgo, ● construcción del sistema de comunicación y de evacuación, etc.
	En la definición del alcance de protección, existen numerosas zonas "grises" ocupadas por las viviendas ilegales.	<ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollo de instrumentos legales y construcción de un sistema de cumplimiento <p>En cuanto a la creación de áreas restringidas, también es necesario estudiar la posibilidad de crear las áreas designadas para el control de erosión, bosques de protección, áreas de alto riesgo de deslizamiento, etc. y de aplicar incentivos fiscales como se hace en Japón.</p> <p>El primer paso es definir las políticas sobre la adquisición o expropiación de tierras (privadas y públicas) necesarias para la ejecución de medidas de control de inundaciones y deslizamientos, acordes con la realidad peruana.</p>

b) Propuesta del plan de disposición de las infraestructuras

En la siguiente Figura 13.3.74 se propone el diseño básico (preliminar) de disposición de obras para reducir los daños de deslizamientos en esta área. Se recomienda profundizarse en el estudio de las diferentes obras

en base a esta propuesta.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

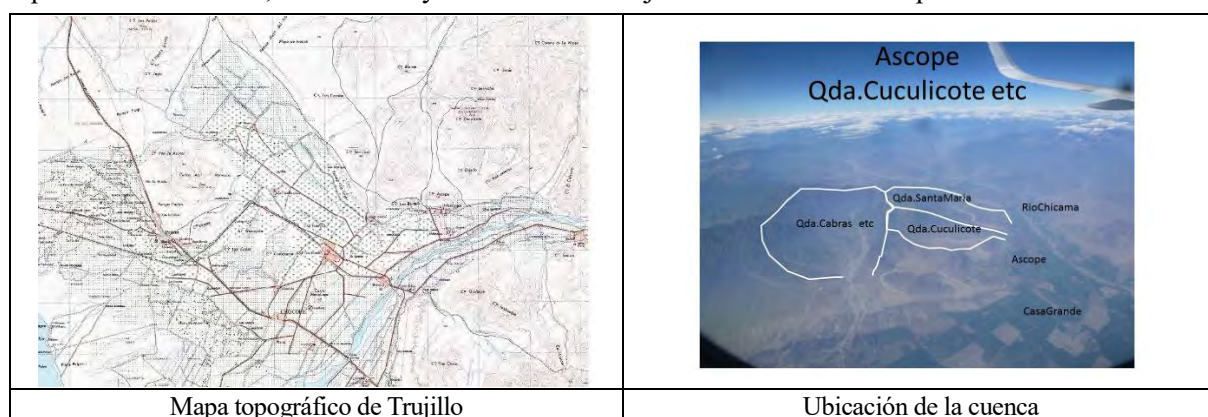
Figura 13.3.74 Disposición de las obras para reducir los daños de huacos en Trujillo (propuesta)

(3) Río Cuculicote

(a) Identificación de las características y fenómenos de los daños de deslizamientos y huacos

a) Topografía y condiciones naturales

En la siguiente Figura 13.3.75 se presenta el mapa topográfico de la región, así como la ubicación de las quebradas Cuculicote, Santa María y Cabras donde se ejecutó el estudio de campo de la cuenca.



Fuente: Información proporcionada por ALA y elaboración por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.75 Topografía de la Quebrada Cuculicote y el mapa de ubicación de las tres cuencas estudiadas

Al observar las condiciones del Distrito de Ascope avenado por la Quebrada Cuculicote, los sedimentos acumulados son principalmente arena, mientras que las gravas son retenidas aguas arriba. La geología de la sierra que rodea este distrito está constituida principalmente por el granito. Las rocas presentan avanzado grado de intemperismo y constituyen la fuente de producción de arena sedimentada en el distrito de Ascope y sus alrededores. La diferencia del volumen de sedimentos depositados aguas abajo se debe a la diferencia del volumen de producción que varía dependiendo de la cobertura vegetal (véase la Figura 13.3.76.).



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

Figura 13.3.76 Características de la producción de sedimentos en la zona de la quebrada. Cuculicote

Quebrada Cuculicote

La margen izquierda de la cuenca donde se extiende el cerro Cuculicote produce pocos sedimentos por estar cubierta por vegetación. Mientras tanto la margen derecha produce gran cantidad de sedimentos hasta la cuenca alta por la distribución de granito meteorizado.

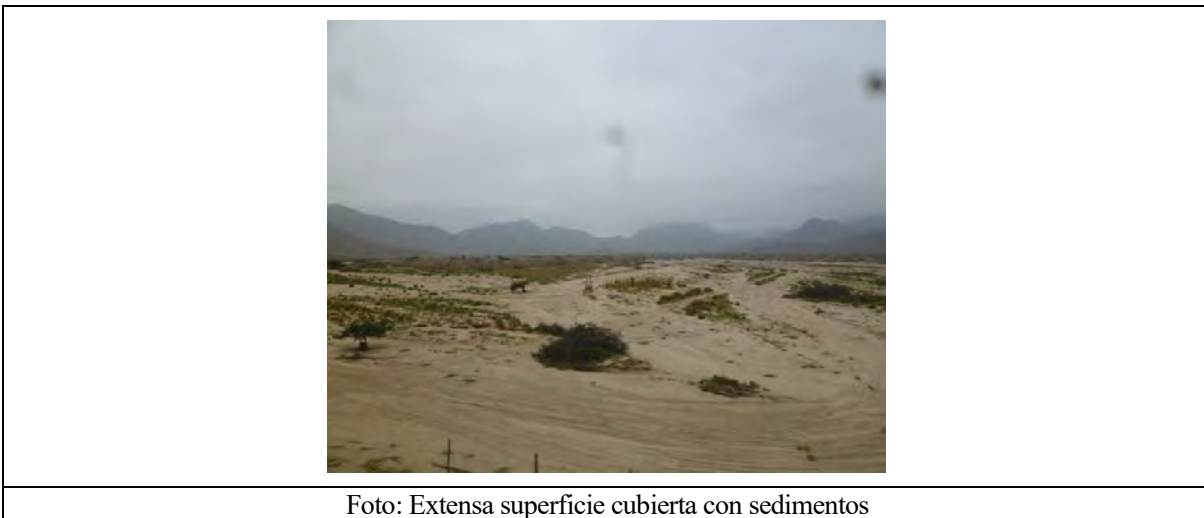


Foto: Extensa superficie cubierta con sedimentos

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.77 Foto tomada desde la cuenca media de la quebrada Cuculicote detrás del cerro Ascope viendo aguas arriba

Quebrada Santa María

Ésta se ubica al este de la quebrada Cuculicote y su área de la cuenca es más grande.

A la salida del valle se forma una delta y las parcelas y los caminos han sido construidos adaptándose a esta topografía. El área anegable es extensa porque es extensa su área de cuenca, pero los daños se centran mayormente en las tierras de cultivo por estar lejos del área urbana de Ascope.

Es una quebrada con lecho alto y el camino que la cruza forma una cuesta que baja hacia el área urbana de Ascope (hacia el oeste). Un brazo de la quebrada confluye con la quebrada Cuculicote aguas inmediatamente

arriba del distrito de Ascope.

Quebrada Cabras, etc.

Varias quebradas se confluyen conformando una extensa área anegable. Se caracteriza por la poca vegetación, y gran cantidad de sedimentos es arrastrada aguas abajo con las inundaciones.

b) Daños

En las inundaciones y deslizamientos ocurridos en 2017, fueron afectadas aprox. 400 hectáreas de tierras de cultivo en las cuencas de las quebradas Cuculicote y Santa María. Además, los sedimentos llegaron al área urbana del distrito de Ascope, donde numerosas viviendas fueron inundadas produciendo pérdidas de muebles y otros bienes interiores, y algunas viviendas fueron arrastradas por las inundaciones que transportaban los sedimentos.

De acuerdo con el informe de ALA, en el distrito de Ascope y sus alrededores fueron afectadas en total 20,000 hectáreas debido a las inundaciones y deslizamientos provocados no solo por las dos quebradas mencionadas sino por otras quebradas de la región.

(b) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Las medidas urgentes demandadas por esta región son: la excavación y limpieza de los cursos de agua que quedaron rellenos por el depósito de los sedimentos arrastrados por varias quebradas, a fin de prepararse ante los siguientes eventos meteorológicos, y la recuperación de los cursos de agua (véase la Figura 13.3.78).

Sin embargo, de acuerdo con la ALA, el proyecto más prioritario que se requiere ejecutar urgentemente, es la mejoramiento del río Chicama que bloqueó la carretera Panamericana durante más de 30 días, (rehabilitación del dique destruido, limpieza de los sedimentos del lecho, y construcción de las obras de defensa ribereña) y no se sabe si el presupuesto alcanza para cubrir los costos de recuperación de los cursos de varias quebradas.



Foto: Tomada desde el cruce del camino mirando aguas arriba. El lecho de la quebrada es erosionado. La diferencia del nivel del lecho de la quebrada y el camino es muy reducida.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.78 Sedimentos depositados en el lecho de la quebrada. Cuculicote

(c) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

a) Desafíos de las medidas contra deslizamientos y huaycos, y las políticas de sus medidas

En la Tabla 13.3.23 se resumen los desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos del y la propuesta de políticas de solución

Tabla 13.3.23 Desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos alrededor de la quebrada Cuculicote y las políticas de solución (propuesta)

Desafíos	Políticas de solución
El cauce de numerosas quebradas ha quedado relleno en la cuenca baja.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere ejecutar urgentemente la excavación y dragado del cauce para recuperar el curso de agua.
Existen estructuras de cruce que no respetan el flujo de agua en varias quebradas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se quiere ejecutar los pasos a nivel (acueducto, sifón, etc.) en el cruce entre la quebrada y las obras que interceptan el flujo de agua.
Arrastre de gran cantidad de sedimentos desde las zonas más altas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere construir las obras de control de movimiento de sedimentos (presas de mampostería de bloques, de suelo con cemento para la retención de sedimentos, etc.)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere controlar la fuente de producción de sedimentos (arbolización, protección de laderas, etc.)



Foto: Canal de agua rehabilitada en el cruce con la quebrada. El canal intercepta totalmente la quebrada.

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.79 Canal de riego que intercepta el flujo de agua de la quebrada Cabras

b) Propuesta del plan de disposición de las infraestructuras

En la siguiente Figura 13.3.74 se propone el plan básico (preliminar) de disposición de obras para reducir los daños de deslizamientos en esta área. Se recomienda profundizarse en el estudio de las diferentes obras en base a esta propuesta.



Fuente: Elaborada por el Equipo de Estudio en base a la imagen de Google Earth

Figura 13.3.80 Disposición de las obras para reducir los daños de deslizamientos en la quebrada Cuculicote, distrito de Ascope (propuesta)

(4) Río Rímac

El estudio en campo del río Rímac fue realizado principalmente en el distrito de Chosica que fue azotado por varios huaycos. A continuación se presentan los resultados.

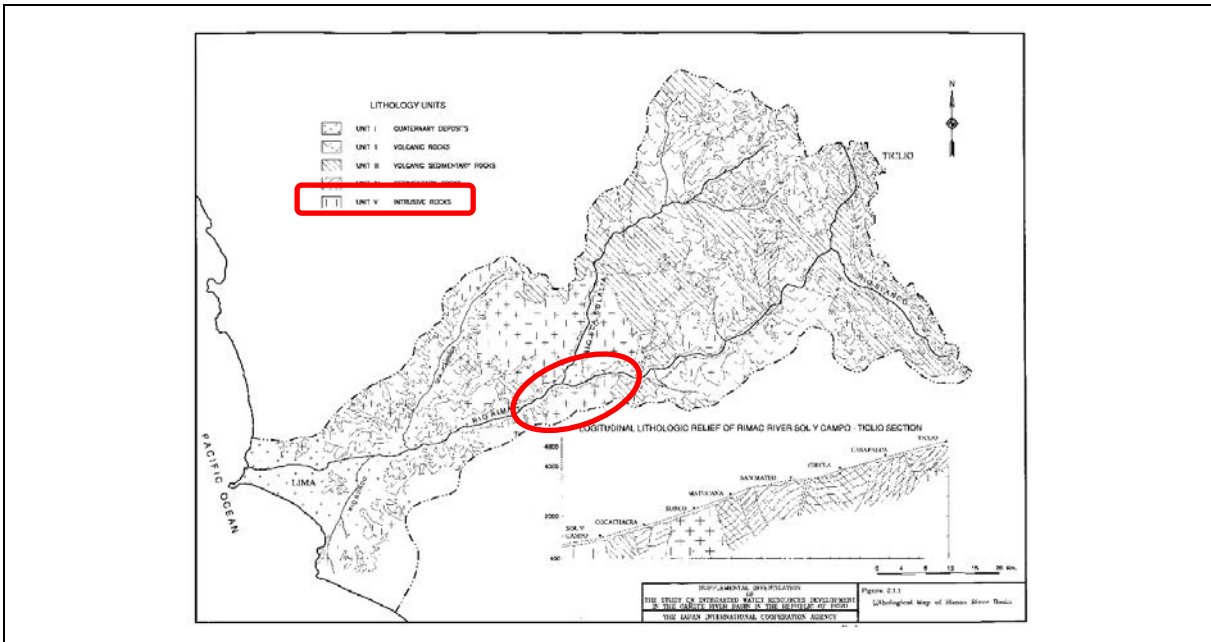
(a) Identificación de las características y fenómenos de inundaciones y deslizamientos (principalmente los huaycos de los afluentes)

a) Topografía, geología y condiciones naturales

El distrito de Lurigancho-Chosica se localiza en la vertiente frontal de la Cordillera de los Andes y se encuentra rodeado de cerros con elevaciones mayores de 2000 metros. A lo largo del río Rímac y su afluente Santa Eulalia, se conforman extensos llanos que vienen a ser el fondo del valle.

El basamento está constituido principalmente por granito. Las laderas están cubiertas de guijarros que son el núcleo, producto de la meteorización en capas de cebolla. También aparecen varios afloramientos rocosos. Las orillas de las quebradas y los llanos del fondo del valle están cubiertos por la capa de grava y arena con guijarros. Su espesor es de aprox. 10 m en su mayoría. También se observan afloramientos de granito en el lecho de las quebradas, la mayoría meteorizada, y su resistencia a la erosión es reducida.

En la Figura 13.3.81 se presenta el mapa geológico del río Rímac, en la Figura 13.3.82 las características geológicas de Chosica y en la Figura 13.3.83 las fotos que representan sus características.



El distrito de Chosica marcado con el círculo rojo.

Fuente: Estudio del Desarrollo Integral de Recursos Hídricos en la Cuenca del río Cañete en la República del Perú, Informe Final, Volumen IV (Investigación Suplementaria de Uso y Pérdida del Agua del río Rímac, JICA, 2002

Figura 13.3.81 Mapa geológico de la cuenca del río Rímac



Figura 13.3.82 Topografía de Trujillo







Figura 13.3.83 Características de la topografía y geología de Chosica

b) Condiciones sociales

Chosica es un lugar muy visitado por los turistas diurnos que llegan de la ciudad de Lima para disfrutar la radiación solar, por estar ubicada en las alturas. A lo largo del río Rímac para la carretera nacional que comunica la región andina con la amazónica. También pasa una línea férrea a lo largo del río, que constituye un importante medio de transporte de cargas.

Tal como se indicó anteriormente, numerosas viviendas han sido construidas en el fondo del valle, en la zona anegable y en las laderas de los montes. Existe un elevado número de ocupantes ilegales. Parte del curso de agua ha sido destinada a la urbanización y existen también tierras con alto riesgo de inundación bajo desarrollo.

En la Figura 13.3.84 se presentan algunas fotos que representan las condiciones sociales de Chosica y su área de influencia.

	
<p>Quebrada. Cashahuacra del distrito de Santa Eulalia Se observan los predios a la margen izquierda. El gobierno local considera que esta área es peligrosa.</p>	<p>Área urbana de Santa Eulalia. Las tierras bajas que viene a ser el fondo del valle formado por los ríos Rímac y Santa Eulalia han sido urbanizadas. Las laderas y la quebrada también forman parte del área urbana (foto tomada desde la cercanía de la quebrada. Las Cruces).</p>
	
<p>Ejemplo del uso del curso de agua como área urbana quebrada. Huayaringabaja de Santa Eulalia</p>	<p>Vía férrea a lo largo del río Rímac. Una parte ha sido arrastrada por las inundaciones de este año, siendo reconstruida posteriormente.</p>

Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.84 Condiciones sociales de Chosica

c) Historia de desastres y de las medidas contra deslizamientos

En la Tabla 13.3.24 se presenta el historial de inundaciones, deslizamientos y huaycos registrados en Chosica. Los desastres ocurren entre enero y principios de abril que corresponden a la época de lluvias. El intervalo medio de ocurrencia es de cada cuatro o cinco años, pero se observa la tendencia de que los eventos meteorológicos ocurren de manera continua (por ejemplo, la década de los ochenta). Esta tendencia se debe a la continuidad de las condiciones meteorológicas como El Niño y porque las quebradas afectadas por un evento se vuelven vulnerables ya que se demoran en recuperar la estabilidad.

A continuación se presenta una breve reseña de los siniestros y de algunos aspectos que merecen mención.

- En marzo de 1987, una gran cantidad de sedimentos fue arrastrada de la quebrada Pedregal. De una cuenca de 10.6 km² se descargaron aprox. 157,200 m³ de sedimentos (véase la Tabla 13.3.25.).
- De acuerdo con el personal responsable en la gestión de riesgos de desastres del gobierno local, también en 2015 la quebrada Cashahuacra de Santa Eulalia descargó una gran cantidad de sedimentos. Frente a la superficie de cuenca de 10 km² (* dato no confirmado) el volumen de sedimentos arrastrados alcanzó aprox. 150,000 m³.
- Varias pequeñas presas de mampostería fueron construidas en algunas quebradas después del desastre de 1987. Sin embargo, por ser estructuras poco sólidas, muchas de ellas están destruidas parcial o totalmente (véase la Figura 13.3.86). Si se considera que las presas de sedimentos de hormigón que se construyen comúnmente en Japón no presentan este tipo de destrucción, se concluye que el problema está en su diseño.
- En 2016 la ANA ejecutó las obras de protección con barreras flexibles con red de anillos en varias quebradas (véase la Figura 13.3.86). Estas obras han manifestado un determinado efecto porque han retenido los sedimentos de las avenidas de 2017, pero requieren ser reparadas urgentemente ya que están parcialmente socavadas o destruidas.
- De acuerdo con el personal responsable de gestión de riesgos de desastres del gobierno local de Chosica, también ha sido efectivo el dragado de lecho ejecutado en algunas quebradas antes de la llegada de la época de avenidas de 2017.
- De acuerdo con el gobierno local de Santa Eulalia, la emisión de la alerta basada en el monitoreo de los datos de pluviómetros ha contribuido a evacuar oportunamente los habitantes locales, y a lograr cero fallecidos en las inundaciones de 2017.
- El gobierno local de Santa Eulalia está elaborando el mapa integral de riesgos de inundaciones y de deslizamientos por sismos del distrito, según el oficial distrital (véase la Figura 13.3.85). Este mapa de riesgos indica las áreas de alto riesgo con colores rojo y naranja, evaluadas según la estructura de las edificaciones (solidez), condiciones topográficas (cercanía a los ríos, a la salida de las quebradas, etc.). El mapa está siendo actualizado en base a la información más reciente.

Tabla 13.3.24 Historial de inundaciones, deslizamientos y huaycos de la municipalidad de Lurigancho – Chosica (1900-2012)

MUNICIPALIDAD DE LURIGANCHO – CHOSICA		
AÑO	DIA/MES	DESCRIPCION DE EFECTOS Y LUGAR
1900	2ª quincena de Febrero	Desborde e inundaciones en Lima, Lurigancho, Canta gallo, huaycos en la carretera central.
1905	2ª quincena de Enero	Inundaciones en Santa Clara, Chosica, Acho y Piedra Liza.
1925	Enero, Febrero y Marzo	Niño. Lluvias intensas, inundaciones en el Rimac, Villacampa, Quinta Presa, Acho, Piedra Liza, Zarate, huaycos en Chosica, Chaclacayo y quebradas adyacentes a Lima.
1927	21 y 23 de Marzo	Huaycos en Chosica, Pedregal. Inundaciones en Chaclacayo.
1929	10 y 11 de Marzo	Inundaciones Valle del Rimac, Chosica, Chacrasana, Ñaña y otros.
1955	Principio de Enero y segunda quincena de Marzo	Lluvias extraordinarias en Lima. Inundaciones en Huachipa, Vicentelo Bajo, Bravo chico, Chaclacayo, Huatita, huaycos en Los Angeles, Yanacoto.
1966	08 de Marzo	Huaycos e inundaciones Chosica, Chaclacayo y Huampani.
1967	9 y 11 de Febrero	Huaycos en Carretera central e inundaciones en Huachipa.
1972	08 de Febrero 2da quincena de Febrero	Huaycos en Chosica. Bloqueo de la Carretera central. Huaycos en Pedregal (Chosica) y Quirio.
1973	09 de Febrero	Huaycos e inundaciones Chosica, Moyopampa, Clorinda Málaga de Prado. 90 viviendas destruidas, 38 lotes desaparecidos y destrucción de defensa ribereña.
1976	31 de Enero	Huaycos en Tarazona y Pedregal Alto (Chosica). Fuertes daños a la vivienda y tránsito interrumpido.
1976	17 de Febrero	Huaycos en Chosica afectan el Centro Educativo Estatal N° 0064.
1977	Febrero	Inundaciones y huaycos en Moron, Huachipa, Ricardo Palma, San Martin de Porres (casas y cultivo).
1981	Enero 08 de Febrero 12 de Febrero 28 de Febrero 06 de Marzo 07 de Marzo 12 de Marzo	Huaycos en Chosica y Chaclacayo. Inundación en Chosica, Chaclacayo, Ñaña y Mirones Bajos. Huaycos en Chosica y zonas aledañas. Daños a vivienda y zonas agrícolas. Inundación en Chosica. Casas destruidas Inundación en Chosica, afectó numerosas viviendas de la margen izquierda. Inundación en Chosica y Chaclacayo. En los pueblos jóvenes de Chosica. Inundación en Chosica, California y Chaclacayo.
1983	09 de Febrero 08 de Marzo 25 de Marzo 01 de Abril 22 de Febrero	Inundaciones en Huachipa y Morón. Destrucción de 40 viviendas y cultivos. Huaycos en Chosica. Un muerto y dos desaparecidos. Huaycos en Chosica. Muchos destrozos y desaparecidos. Huaycos e inundaciones en Huachipa y Jicamarca Inundaciones en Carapongo.
1985	25 de Febrero 19 de Marzo	Inundaciones en Chosica, Chaclacayo, obstrucciones en la Carretera Central. Inundaciones en Huachipa, interrupción del tránsito en la Carretera central.
1986	30 de Enero	Inundaciones en Huachipa, 150 Has dañadas y 5 Km de la Autopista Prialé afectadas.
1987	09 de Marzo	Huaycos en Chosica y Pedregal. Inundaciones en Chosica Huachipa y Campoy. Pérdidas materiales cuantiosas.
1988	04 de Febrero 14 de Febrero	Inundaciones en Ñaña y Chaclacayo. Muchas viviendas afectadas; 200 Has de cultivos destruidas. Inundaciones en Carapongo y Callao, 5000 pobladores quedan aislados al ser arrasado el puente.
1989	16 de Febrero	Huaycos en Chosica y otros
1998	07 de Enero 25 de Febrero 26 de Febrero	Inundaciones en Chosica Huayco en Chosica, afecta parte de la Univ. La Cantuta. Huaycos en Chosica y Matucana.
2009	17 de Febrero	Chosica
2012	10 de Marzo 05 de Abril	Huaycoloro afecta Cajamarquilla, Huachipa y Nieveria. Chosica: Mariscal Castilla, Virgen del Rosario, Carossio y otros.

Fuente: Dr. Alfonso Valverde Torres. Exposición Colegio de Ingenieros del Perú. Septiembre 2012

Tabla 13.3.25 Volumen de sedimentos arrastrados según quebradas en el evento de marzo de 1987

NAME OF QDA	TYPE	CATHMENT AREA	S L O P E				DEPOSIT AREA	DEPOSIT VOLUME	DEPOSIT VOLUME PER 1 KM ²	AVERAGE DIAMETER OF DEPOSITING BOULDERS
			AVERAGE SLOPE	TRANSPOR-TATION SECTION	DEPOSIT SECTION	DEPOSIT VOLUME				
		km ²	%	%	%	ha	m ³	m ³	m	
Qda Quirio (R-6)	Valley	10.4	23	9-15	5-7	4.1	14,100	1,400	0.5	
Qda Pedregal (R-7)	"	10.6	25	9-14	3-11	30.0	157,200	14,800	1.0-2.0	
Qda Corosio (R-8)	Slope	0.4	76	45-60	13-26	2.3	4,400	8,800	0.5	
Qda Corrales (R-9)	"	1.4	72	22-45	12-18	5.2	21,700	15,500	0.5	
Qda Cashahacra	"	15.1	31	9-16	7-9	21.0	102,000	6,800	1.0	
Total		37.9	-	-	-	62.6	299,400	7,900	-	

Fuente: Estudio para el Proyecto de Prevención de Desastres en la Cuenca del Río Rímac, JICA, 1988



Foto: Los colores del mapa representan no el tipo de los eventos, sino la solidez de los edificios, topografía, etc. Actualmente el mapa está siendo revisado.

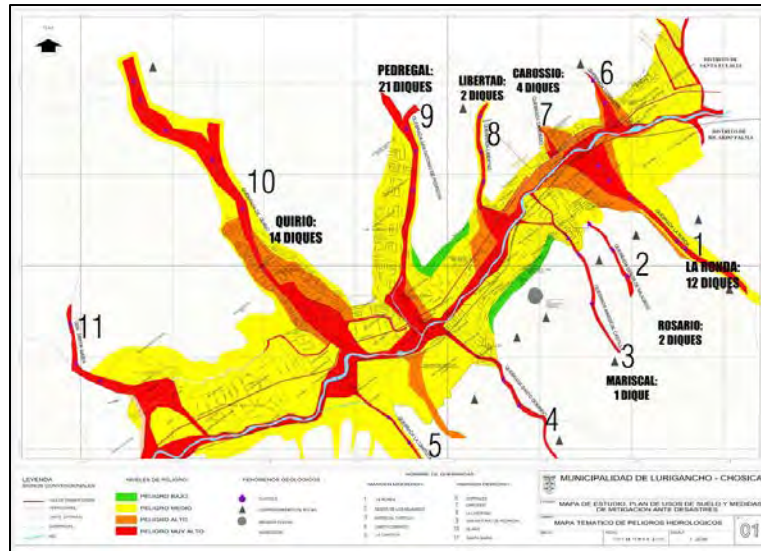
Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.85 Mapa de riesgos (amenazas) elaborada por el gobierno del local de Santa Eulalia



Fuente: Fotos tomadas por el Equipo de Estudio

Figura 13.3.86 Ejemplo de las medidas de control de sedimentos ejecutadas por la municipalidad de Lurigancho-Chosica



Fuente: INFORME DE EMERGENCIA PRELIMINAR – 002 - 2017/MDLCH/SGDC/GSC(Flujo de Detritos)

Figura 13.3.87 Quebradas de la municipalidad Lurigancho-Chosica y el mapa de riesgos de flujo de detritos

d) Información detallada sobre las quebradas que avenan el distrito de Chosica

quebrada Corrales

Las inundaciones del 13 de marzo de 2016 dejaron afectadas las viviendas y la vida humana. Además de elevarse 1 o 2 metros el lecho, los guijarros fueron arrastrados. La carretera nacional fue bloqueada aprox. 500 metros obligando a cerrar el tráfico por un mes y medio. Después del desastre, se construyó el puente Bailey que cruza esta quebrada.

En el desastre de 2017 cayeron 50 mm aprox. de lluvias en media hora. Sin embargo, los daños han sido menores gracias a la protección con malla ejecutada aguas arriba.

Sin embargo, actualmente hay un proyecto de desarrollo de predios residenciales aguas arriba, lo cual puede incrementar el riesgo de deslizamientos y huaycos, junto con la concentración poblacional a lo largo de la quebrada.



Figura 13.3.88 Condiciones actuales de la quebrada Corrales y

quebrada Pedregal

La geología local está constituida por el basamento de granito y la capa de grava y arena que lo cubre. Existen varios barrancos continuos, en cuyo extremo superior el valle reduce su profundidad y se observa el afloramiento rocoso en el lecho.

Los poblados a la salida del valle se ubican muy cerca de los barrancos. Los daños del huayco de 1987 que dejaron más de 100 fallecidos ocurrieron en su mayoría en esta quebrada. Posteriormente, fueron construidas aprox. 30 presas bajas de mampostería irregular de piedras. Sin embargo, actualmente estas presas no han mantenido su forma original. Esta situación se debe a su estructura frágil y poco resistente. Además, tampoco tienen empotrado suficiente de su base, por lo que no resiste directamente la fuerza del huayco. A esto se suma la pérdida de resistencia por la socavación del lecho del río por causa del huayco.

Ante los frecuentes huaycos, la ANA ha ejecutado cuatro obras de protección con mallas de alambre en 2016. Tal como se indicó anteriormente, el último evento de 2017 no dejó grandes daños en esta quebrada pese a que la precipitación ha sido mayor que un año ordinario, gracias a estas obras que retuvieron los sedimentos. A continuación se describen las condiciones actuales de las obras de protección con mallas de alambre.

Tabla 13.3.26 Protección con malla de alambre en la quebrada Pedregal

Situación actual (facto)	Consideraciones
La cantidad de sedimentos retenidos por la obra de protección con malla aguas más abajo ha sido reducida. Mientras tanto la segunda obra contada desde abajo estaba casi llena.	Este hecho indica que la producción de sedimentos a partir de la segunda obra ha sido relativamente reducida o que la obra no ha retenido los sedimentos por su pequeña granulometría.
Aguas arriba de la segunda obra está la confluencia con otra quebrada. La arena ha sido arrastrada desde la subquebrada izquierda. Se observa el depósito de sedimentos de grava en la subquebrada derecha. Por esta razón, la obra de malla de alambre de la subquebrada izquierda no ha capturado los sedimentos.	En el caso de construir obras similares en un futuro, es necesario primero conocer las propiedades de los sedimentos producidos aguas arriba, y seleccionar la ubicación estratégica.

Situación actual (facto)	Consideraciones
La base de las pilas de la obra más arriba de la subquebrada derecha está flotando por efecto de la socavación, y las barras de anclaje están dobladas. Asimismo, las anclas de la margen izquierda están erosionadas.	Se considera urgente reparar estas pilas. Las anclas de la margen izquierda pueden estar insuficientemente empotradas debido a la erosión local, debiendo reparar urgentemente.






	
Se construyeron 30 presas bajas en esta quebrada. La unión con la margen derecha se conecta al camino, por lo que se deduce que este camino ha sido construido antiguamente. La unión con la margen izquierda ha sido arrastrada. Las presas, no solo ésta, parecen haber sido destruidas paulatinamente a lo largo de los 30 años, y no por un evento específico.	Obra de protección con mallas de alambre aguas más abajo, tomada desde aguas arriba. Casi no existen sedimentos retenidos.
	
Muchas de las presas bajas han sido destruidas. Son estructuras poco resistentes y vulnerables.	Estrato de grava y arena que cubre el basamento de granito.
	
La segunda obra de protección con malla contada desde aguas abajo. La obra estaba llena de sedimentos. Aguas más abajo, la producción de sedimentos puede haber sido relativamente reducida o se produjeron sedimentos de granulometría pequeña.	Confluencia de la subquebrada. La arena ha sido arrastrada desde la subquebrada izquierda. Se observa el depósito de sedimentos de grava en la subquebrada derecha.

Figura 13.3.89 Condiciones de la quebrada Pedregal (1)

	
<p>Obra de protección con mallas de alambre de la subquebrada izquierda. No retiene arena por ser del tipo permeable.</p>	<p>Obra de protección con mallas aguas más arriba de la subquebrada derecha. Retiene gran cantidad de gravas y ramas.</p>
	
<p>La base de las pilas socavada está flotando. Las barras de anclaje están dobladas.</p>	<p>Las anclas de la margen izquierda están erosionadas y expuestas. De no tomarse las medidas contra la erosión, se corre el riesgo de falta de empotrado.</p>
	
<p>En el extremo aguas arriba del valle erosivo se desaparece la capa sedimentada. Aguas más arriba aflora el lecho de la quebrada.</p>	<p>La capa de grava y arena sedimentadas pierde su espesor y apoya a la ladera</p>
	
<p>Poblado a la salida del valle. Se establece muy cerca a la escarpa de erosión.</p>	

Figura 13.3.90 Condiciones de la quebrada Pedregal (2)

Quebrada San Nicolás (quebrada Quirio)

Esta quebrada cruza con el camino municipal, que se vuelve intransitable cuatro o cinco días cuando ocurre una inundación. También la carretera nacional queda bloqueada cuando ocurren las inundaciones y

deslizamientos. En 2017 ocurrieron dos inundaciones que dejaron cerrado el tráfico local por varios días. El punto inicial de las inundaciones no estaba cubierto de sedimentos, y se observó que la vegetación no había sido arrastrada por las inundaciones ocurridas en marzo de 2017. Por lo tanto, se deduce que los sedimentos arrastrados fueron producidos principalmente por la erosión de las márgenes.

La defensa ribereña del área urbana consiste en la instalación de parapetos. Esta quebrada se divide en dos cursos en la parte baja, uno de ellos fluye sobre el camino que queda bloqueado cuando ocurre una inundación. Las viviendas construidas a lo largo del camino están protegidas con los parapetos. De acuerdo con la información del personal responsable de reducción de desastres de la municipalidad, el ancho de la quebrada se viene reduciendo con el desarrollo urbano (principalmente la ampliación del camino). El ancho actual de la quebrada es un poco más de 10 metros, el cual había sido anteriormente de 20 metros.

El otro curso de la parte baja avena la zona residencial. Se observó un severo efecto de socavación en el tramo excavado del curso. El ancho original de 20-30 metros se ha visto reducido hasta 10 metros aprox. debido al desarrollo de los lotes residenciales.

Al igual que en la quebrada Pedregal, se construyeron varias presas bajas hace 20 años aprox. para controlar los deslizamientos. Las estructuras son de mampostería con mortero. El lado aguas abajo tiene un perfil de terrazas y el de aguas arriba un perfil vertical. La altura de las uniones en ambos extremos es baja, afectando la resistencia de la obra a la socavación. Recientemente, han sido ejecutadas dos obras de protección con mallas de alambre aguas arriba para retener los sedimentos. El largo de las anclas de esta obra es de 4 metros aproximadamente.

	
<p>Cruce de la quebrada con el camino. Las riberas están protegidas con parapetos debido al poco desnivel entre el camino y el lecho de la quebrada.</p>	<p>El camino se convierte en el curso de agua en la cuenca baja. Las viviendas están apenas protegidas con parapetos.</p>
	
<p>Presas bajas con mampostería de mortero</p>	<p>Protección con mallas en la salida del valle hacia aguas arriba. Es una de las dos obras construidas de este tipo, la que está aguas abajo.</p>

Figura 13.3.91 Condiciones de la quebrada San Nicolás (1)


	
<p>Confluencia aguas arriba de la obra de protección con mallas de alambre. Las gravas son arrastradas principalmente desde la subquebrada derecha.</p>	<p>Es una de las dos obras construidas de este tipo, la que está aguas arriba.</p>
	
<p>Punto inicial de las inundaciones. La presencia de la cobertura vegetal sugiere que la crecida se debió no por los sedimentos arrastrados de la cuenca alta, sino por los sedimentos producidos por efecto de la erosión.</p>	<p>Huella del arrastre de sedimentos desde la subquebrada izquierda. La presencia de las viviendas en la zona inundada, sugiere que estas huellas no son de las inundaciones recientes.</p>
	
<p>Subquebrada llamada "Zona 2". Las márgenes de los tramos con lecho poco profundo son protegidas con parapetos.</p>	<p>Los tramos excavados de la zona 2 sufren fuertes efectos de socavación. Originalmente, el valle tenía un ancho de entre 20 y 30 m, el cual fue reducido por la urbanización.</p>

Figura 13.3.92 Condiciones de la quebrada San Nicolás (2)

Quebrada California

El Equipo de Estudio no ha podido llegar a la quebrada debido al cierre de tráfico por las obras de eliminación de sedimentos ejecutadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para rehabilitar los daños de las inundaciones ocurridas en 2017. Por lo tanto, el estudio en el campo se limitó en

la observación de las condiciones de las áreas inundadas.

La obra de rehabilitación por el MVCS consiste en la descolmatación del curso de agua, y hacia el futuro se proyecta construir las obras de protección con mallas de alambre aguas arriba por ANA.



Condiciones de la zona de inundación. El curso fue dragado.

Figura 13.3.93 Condiciones de la quebrada California

Quebrada Yanacoto

Ésta es una quebrada que produjo daños catastróficos de inundaciones de deslizamientos en 2015. De acuerdo con el personal responsable de gestión de riesgos de desastres de la municipalidad de Chosica, los eventos meteorológicos de 2017 no han producido los daños de similar magnitud.

Los sedimentos arrastrados son principalmente el lodo, arena y rocas (del tamaño de cabeza de una persona). El exceso de lluvias de este año no produjo serios daños, debido, según el personal municipal, a la precipitación en la cuenca de esta quebrada no ha sido intensiva. Es difícil verificar este hecho dado que no se han instalado todavía los pluviómetros en cada cuenca, por lo que se considera necesario revisar una vez más la necesidad de aumentar la cantidad de pluviómetros en un futuro.

El desastre de 2015 dejó afectadas las viviendas y otros bienes por los sedimentos arrastrados de las laderas. Sin embargo, no se tomaron medidas especiales dado que las viviendas afectadas fueron las de los ocupantes ilegales.

La margen izquierda de la quebrada está cubierta por detritos y se observan varios pequeños surcos de erosión.

A la margen derecha se levantan los muros naturales formados por la erosión. La altura oscila entre 6 y 8 metros, con más de 10 metros en algunos tramos. También aquí se observan los surcos de erosión, lo cual indica que es productor de sedimentos. Detrás de los precipicios de erosión de la margen derecha se extienden una meseta donde se depositan los sedimentos arrastrados de las subquebradas de la cuenca más alta.

	
<p>El lecho es ancho, de entre 40 y 50 m aprox. midiendo a pie. En la margen derecha se extiende el depósito de sedimentos en forma de meseta con un ancho de entre 50 y 100 m aprox. En la margen izquierda el lecho confina con la ladera del cerro cubierta de detritos.</p>	<p>Detrás de la escarpa de erosión de la margen derecha se extiende una meseta. Esta meseta es cubierta por los sedimentos arrastrados de la subquebrada.</p>
	
<p>Ladera de la margen izquierda. Está cubierta de detritos. Se observan numerosos pequeños surcos de erosión.</p>	<p>Se establecen numerosas viviendas de los ocupantes ilegales en la ladera de la margen derecha en la cuenca baja. Se forman los surcos de erosión en la parte superior de la ladera.</p>

Figura 13.3.94 Condiciones de la quebrada Yanacoto

Quebrada Huaycoloro

Los daños de esta quebrada en 2017 se produjeron a raíz del desbordamiento del agua fangosa.

En 2016 fue recuperado el ancho original de la quebrada con la cooperación de la comunidad local, ya que el ancho se había reducido gradualmente por el desarrollo del área residencial, Asimismo, se colocaron los hitos para demarcar el área fluvial, algunos de los cuales fueron colocados en las tierras privadas. Sin embargo, a raíz de que la acción no incluía la adquisición de los terrenos afectados, muchos de los hitos colocados, en especial en la margen izquierda, han sido removidos o ignorados. Mientras tanto en la margen derecha, se terminó de limpiar el área hasta donde están colocados los hitos, y muchos tramos están vacíos. Esto se debe porque el área fluvial de la margen derecha había sido utilizada principalmente como botadero de basuras. El tramo donde se reduce el ancho de la quebrada es donde se encuentra una granja porcina a la orilla opuesta, y las negociaciones parecen no haber tenido éxito.

La municipalidad ha revestido las márgenes con guijarros, pero sin fundamentarse en el cálculo estructural y de estabilidad. Tampoco ha sido elaborado un plan básico de control de inundaciones para esta quebrada.

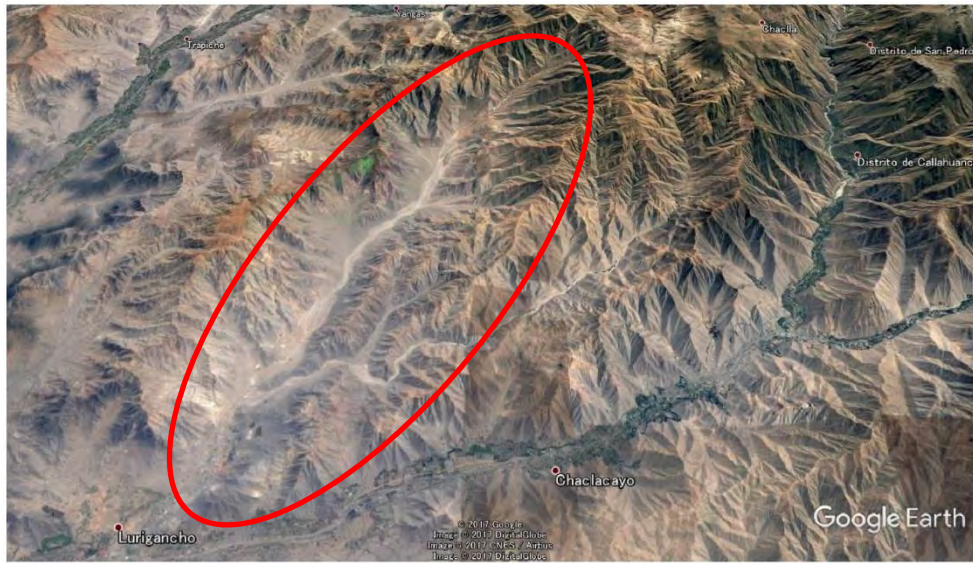


Figura 13.3.95 Cuenca de la quebrada Huaycoloro

<p>Anteriormente existía un curso de agua de entre 3 y 4 m de ancho, que fue excavado y ampliado después del desastre.</p>	<p>El puente ha sido construido recién hace dos meses. Anteriormente existía un camino que atravesaba el fondo del valle. El estribo de la margen derecha es construido en el extremo del cauce. Las tierras excavadas del cauce son utilizadas para el terraplenado del dique. Anteriormente, la margen derecha había sido utilizada como botadero.</p>
<p>Se instalaron los hitos de señalamiento en el área fluvial y se realizó la limpieza en el lado del río.</p>	<p>El cruce del camino no ha sido tocado, por lo que el dique está cortado. No ha sido posible construir un puente. A la derecha de la foto, se encuentra un letrero que dice "zona intangible recuperada". En este letrero aparecen los nombres de otras organizaciones, además de ANA.</p>



Figura 13.3.96 Condiciones de la quebrada. Huaycoloro

Quebrada Santa Rosa

La quebrada Santa Rosa que avena el distrito de Santa Eulalia, aguas arriba de la ciudad de Chosica, produjo daños por el arrastre de sedimentos en los años 2015 y 2017. En 2017, después del desastre, se construyeron los muros de defensa como una medida urgente en la margen izquierda aguas abajo, donde se ubica un centro educativo.

Las acciones de medidas post desastres de 2017 incluyeron además de la construcción del muro de protección mencionado, la excavación de los sedimentos acumulados en el curso de la quebrada para recuperar la sección hidráulica. Sin embargo, el curso actual descarga las aguas y los sedimentos sobre el camino municipal cuando ocurre una inundación. De no solucionar esta situación, permanecerá el riesgo de que el camino se inunde cada vez que ocurran inundaciones afectando negativamente la economía local. El extremo final de la quebrada se conecta con el río Rímac y no existen obstáculos en su curso.



Figura 13.3.97 Condiciones de la quebrada Santa Rosa (1)

Quebrada Huavaringa (distrito de Santa Eulalia)

Se construyeron muros en ambas márgenes de los tramos donde existen viviendas cercanas para estabilizar el curso. Sin embargo, los demás tramos siguen siendo un canal de tierra.

Antes de las inundaciones de 2017, el gobierno municipal ejecutó el dragado del curso de agua por 1 metro.

Además, hace 7 u 8 años, reforestó las riberas del área anegable con pinos. Se espera que estos árboles reduzcan la fuerza de las inundaciones.

De acuerdo con el oficial municipal, hay un depósito de grandes guijarros en la cuenca alta de esta quebrada, y se teme que estos sean arrastrados por las inundaciones.

Al igual que otras quebradas, los principales caminos cruzan la quebrada Huayaringa sin una protección, y quedan intransitables cuando ocurre una inundación. El extremo final se descarga directamente al río Rímac.

	
<p>Foto del cruce con el camino tomada desde aguas abajo. El curso está revestido con piedras. Se observa la pequeña depresión del curso de agua. La defensa ribereña está cortada por el camino.</p>	<p>Ambas márgenes de los tramos donde confinan las viviendas, son protegidos con muros para estabilizar el curso. El lecho no está revestido.</p>
	
<p>Los tramos sin viviendas en las márgenes han sido simplemente excavados.</p>	<p>Cuenca alta de la quebrada. Grandes rocas se distribuyen en forma continua en el fondo del valle. Probablemente son los núcleos de las rocas meteorizadas en capas de cebolla, y no rocas arrastradas. Para remover va a ser necesario invertir grandes esfuerzos, por lo que resulta más económico tomar las medidas para inmovilizarlas.</p>

Figura 13.3.98 Condiciones de la quebrada Huayaringa

Quebrada Las Cruces (distrito de Santa Eulalia)

La geología de esta cuenca está constituida por el granito, con avanzado grado de meteorización en capas de cebolla y desintegración. De acuerdo con el oficial municipal, las grandes rocas de esta quebrada se desintegran fácilmente cuando son arrastradas, por lo que no provocan grandes daños a las viviendas, etc.

El extremo final de esta quebrada se desaparece. Cuando ocurre una inundación, el agua fangosa fluye sobre la carretera nacional, confluye con la quebrada Corrales mencionada anteriormente, para descargarse

finalmente al río Rímac.

La municipalidad construyó dos presas de sedimentos después de las inundaciones ocurridas en marzo de 2017. Estas presas fueron construidas solamente con la fuerza humana y se demoró casi un mes para terminar. Sin embargo, su estructura es frágil: el material utilizado para el relleno de mampostería es hormigón de pobre calidad. La falta de protección frontal de la presa pone en riesgo de perder la estabilidad debido a la socavación. Son estructuras con alta posibilidad de destruirse cuando ocurren grandes inundaciones.

	
<p>Foto tomada mirando aguas abajo. El flujo se desaparece en el área urbana.</p>	<p>La parte frontal no está protegida y puede perder la estabilidad por la socavación.</p>
	
<p>La unión con la margen izquierda consiste solo en adherir al canto rodado, sin el encajado.</p>	<p>El material utilizado para el relleno de mampostería es hormigón de pobre calidad.</p>

Figura 13.3.99 Condiciones de la quebrada Las Cruces

Quebrada Cashahuacra (distrito de Santa Eulalia)

Existen tres puentes (incluyendo uno peatonal) en la cuenca baja, pero su riesgo de bloquear el tráfico vial por la inundación es menor en comparación con otras quebradas. Actualmente, se está construyendo un nuevo puente de camino que cruza la quebrada. La municipalidad ha realizado el dragado del lecho antes de las inundaciones de este año. El costo ha sido de entre 300,000 y 350,000 soles por cada km. La municipalidad considera que la obra ha contribuido a reducir los daños.

Según la información del oficial municipal, existen algunos tramos donde el problema está en la erosión de las riberas, y no en la acumulación de sedimentos.

Actualmente, el gobierno municipal está preocupado por el proyecto de desarrollo de nuevos lotes

residenciales por una empresa privada en un área de alto riesgo de inundaciones, poniendo en peligro a los futuros residentes. La el gobierno municipal reconoce que el riesgo del área desarrollada, pero sostiene que no es un problema fácil de resolver porque hay una sección diferente dentro del gobierno municipal que está a cargo de otorgar los permisos y autorizaciones para el desarrollo; También se tiene la información de que el anterior alcalde ha intervenido en el otorgamiento del desarrollo.

Como una medida no estructural, el gobierno municipal instaló un pluviómetro en la cuenca media de esta quebrada en 2016. Se logró evacuar oportunamente a la población en las inundaciones de 2017 al monitorear los datos captados por este pluviómetro.



Figura 13.3.100 Condiciones de la quebrada Cashahuacra

Quebrada Porta de Huayringa (distrito de Santa Eulalia)

El terreno donde termina el flujo ha sido urbanizado. El agua de las avenidas se desborda e inunda el camino.

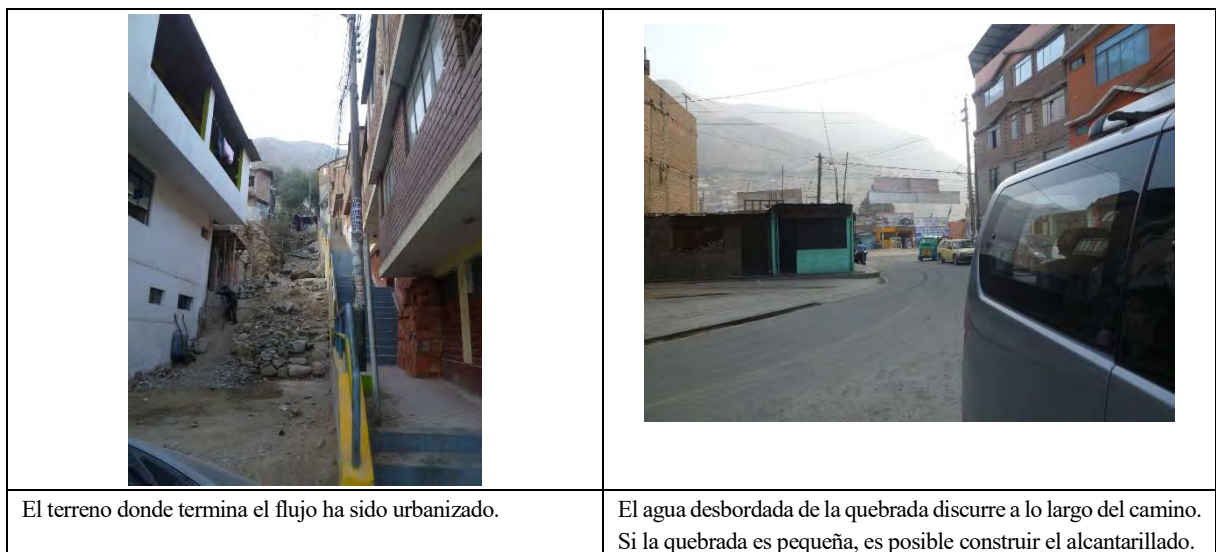


Figura 13.3.101 Condiciones de la quebrada Porta de Huayringa

(b) Identificación de las características y fenómenos de inundaciones y deslizamientos (principalmente las inundaciones del río Rímac)

a) Río Rímac - localidad del puente Ñaña

El puente Ñaña construido sobre el río Rímac ha sido arrastrado por el huayco producido por una quebrada este año. La causa directa del arrastre fue la erosión de los ambos estribos (especialmente fuerte en el estribo de la margen derecha). El puente antiguo era de un tramo. Sin embargo, para ampliar el ancho del río solo en este tramo, el nuevo puente tiene dos pilares. El nuevo puente es un puente de arco con superestructura de metal. Está contemplado terminar la construcción en octubre de este año.

Ha sido construido un puente Bailey aguas arriba del sitio de construcción para desviar el tráfico durante la ejecución de obras.



Figura 13.3.102 Condiciones del puente Ñaña



Figura 13.3.103 Foto satelital del puente Ñaña

b) Río Rímac - localidad de Carapongo

Esta localidad sufrió los daños por la inundación del río Rímac. Sin embargo, la inundación se produjo no por el desbordamiento del dique en esta zona, sino por la entrada de las aguas desbordadas aguas arriba. Las huellas del agua que quedan en las viviendas cercanas y según la información de los habitantes locales, el agua llegó a la altura del pecho. Se desbordó el margen derecho inmediatamente abajo del tramo angosto aguas abajo del mencionado puente Ñaña. Sin embargo, también se escuchó durante la visita al sitio que la inundación se produjo en un tramo del dique que ha sido destruido por los habitantes locales.

La autopista que conecta con Chosica en construcción que estaba casi por terminar y solo faltaba pavimentar, ha sido erosionada por las inundaciones produciendo grandes pérdidas.



Figura 13.3.104 Condiciones del sector de Carapongo



Figura 13.3.105 Foto satelital del sector de Carapongo

(c) Necesidades de rehabilitación y reconstrucción de los organismos gubernamentales del Perú

Las obras de retención de sedimentos son ejecutadas principalmente por el gobierno municipal, quien

realiza el diseño sin normas técnicas específicas. Las obras en la zona montañosa se ejecutan principalmente con la fuerza humana, y no está en condiciones para construir grandes estructuras.

Dentro de este contexto, se vio que es alta la necesidad de transferir a los oficiales municipales sobre el tipo de planes y técnicas requeridas, la teoría básica y los diferentes tipos de obras para solucionar los problemas.

(d) Desafíos y soluciones sobre las medidas estructurales, no estructurales, institucionales y organizativas

En la Tabla 13.3.27 se resumen los desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos y la propuesta de políticas de solución.

Tabla 13.3.27 Desafíos de la planificación de las medidas contra deslizamientos del río Rímac y las políticas de solución (propuesta)

Desafíos	Políticas de solución
No se han definido las especificaciones ni los criterios básicos del plan, como por ejemplo, las dimensiones de las obras, puntos de control, las áreas de conservación, volumen de sedimentos de diseño, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere definir las especificaciones y los criterios básicos del plan en base a los datos del historial de desastres, estudio en campo, etc. ● Se requiere elaborar las normas que indiquen el método de estudio. ● Actualmente se tienen solamente los datos numéricos de los daños de desastres, no así los registros detallados del alcance de desbordamiento y el régimen de descarga (nivel del agua de avenidas, profundidad inundada, profundidad de sedimentos acumulados. Se requiere construir un sistema para captar, centrar y procesar estos datos de desastres.
Falta de normas sobre la disposición y diseño de las obras. Las obras ejecutadas en algunos tramos parecen haber sido improvisadas. No existe un sistema de capacitación al personal técnico a nivel municipal.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere elaborar las normas y manuales para la definición de los criterios y concepto de diseño. <p>(Es importante no solo desarrollar el modelo de simulacro de alta complejidad para el análisis de las medidas requeridas, sino también desarrollar la metodología de analizar las medidas con cálculo manual para que los ingenieros de los gobiernos regionales puedan diseñar las medidas apropiadas),</p>
Las obras de protección con mallas de alambre son efectivas en los valles angostos. Sin embargo en realidad éstas han sido socavadas o erosionadas en su base.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere buscar la posibilidad de sustituirlas por obras más sólidas, comprendiendo la limitación de esta obra. ● La protección con mallas de alambre es, sin lugar a duda, una medida de emergencia efectiva, por lo que es necesario conocer su uso apropiado.
El dragado del curso de agua es un método efectivo para reducir las inundaciones.	<ul style="list-style-type: none"> ● Es un método de emergencia efectivo porque es relativamente fácil de ejecutar, y por la posibilidad de controlar la ocupación ilegal esclareciendo el alcance del área fluvial, por lo que se requiere continuar implementando este método. ● Al momento de ejecutar el dragado, se debe procurar no cambiar repentinamente el pendiente o la altura relativa del curso de agua. ● Sin embargo, es importante sensibilizar a la población local de que el dragado y la excavación del curso no es una medida permanente, y que es pertinente evacuarse ante un riesgo.
Existen varias quebradas con el extremo final desaparecido. Es difícil ejecutar el encauzamiento por la presencia de viviendas y caminos importantes que cruzan.	<ul style="list-style-type: none"> ● Para las pequeñas quebradas, se requiere incluir entre las opciones la regulación del volumen de sedimentos aguas arriba, y hacer fluir el agua poco densa sobre los caminos. ● Para los cursos de agua que no pueden dejar fluir las avenidas con seguridad, el primer paso para reducir los riesgos es la demarcación del área fluvial y el desplazamiento forzado de las edificaciones fuera de ésta, con fundamentos legales. Por lo tanto es urgente establecer el sistema legal necesario. ● De existir un sitio apropiado en la cuenca alta, es necesario buscar la posibilidad de construir las obras de control como son la presa de sedimentos, dique longitudinal, etc. (*1)

Desafíos	Políticas de solución
Las obras de control de sedimentos, por lo general, son ejecutadas por el respectivo gobierno local, por lo que su tamaño y calidad son limitados. Existen varias obras pequeñas construidas con la fuerza humana.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere revisar la necesidad de intensificar los métodos de ejecución mecanizado con el uso de la grúa <i>rough-terrain</i>, etc. (En el Japón, se utilizan las maquinarias pesadas similares en las obras de los ríos, pero en las quebradas, la ejecución es básicamente manual. En particular, el uso del camión grúa resulta útil para la ejecución de grandes obras). ● Dado que muchos tramos son difíciles de acceder, se requiere estudiar la posibilidad de adoptar otros métodos como la construcción de obras provisionales como son el cablevías, monorraíl para obras, etc. ● Considerando que son pocos los sitios que tienen una planta de hormigón mixto en la cercanía, se considera pertinente utilizar los miembros de hormigón prefabricado (presa de bloques, etc.) y el suelo – cemento. <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere transferir la función promotora y coordinadora de las obras al gobierno regional, etc. ya que va a ser difícil adoptar criterios únicos y coherentes si se ejecutan las obras a nivel municipal. ● Se requiere construir un sistema de evaluación del diseño por un organismo superior. (En Japón, las obras de control de sedimentos son ejecutadas por el gobierno prefectural. Sin embargo, el plan y el diseño son evaluados por el Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo que es un organismo de nivel superior).
Existen viviendas construidas por los ocupantes ilegales en las áreas de alto riesgo de deslizamientos y huaycos. Las áreas restringidas no son respetadas.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere desarrollar los instrumentos legales y construir un sistema de cumplimiento ● En cuanto a la creación de áreas restringidas, también es necesario estudiar la posibilidad de crear áreas designadas para el control de erosión, bosques de protección, áreas de alto riesgo de deslizamiento, etc. y de aplicar incentivos fiscales como se hace en Japón. (Se requiere definir las políticas sobre la adquisición o expropiación de tierras - privadas y públicas- necesarias, acordes con la realidad peruana).
Chosica es un distrito rodeado de cerros y es avenado por un río relativamente grande que divide el distrito en dos segmentos. Se puede decir que son pocas las áreas de bajo riesgo en este distrito.	<ul style="list-style-type: none"> ● Se requiere elaborar un mapa de peligro indicando el nivel de riesgo según quebradas, y evaluar las prioridades tomando en cuenta la importancia de los elementos a conservar. ● Otra alternativa sería concentrar las obras de protección y crear las zonas seguras. (*2) <hr/> <p>En Santa Eulalia, la emisión de la alerta basada en el monitoreo de los datos de pluviómetros ha contribuido a evacuar oportunamente los habitantes locales, y a lograr cero fallecidos en las inundaciones de 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Es necesario sensibilizar a la población sobre las áreas de alto riesgo y crear el sistema de evacuación como medidas no estructurales, siguiendo el ejemplo de Santa Eulalia.

*1: Es necesario tener en cuenta que diseñar las presas de retención de sedimentos o diques longitudinales, sin fundamentarse en datos precisos del volumen de sedimentos, etc. puede agravar los daños cuando ocurre una fuerza externa excedente.

*2: En Japón la evaluación del riesgo de las quebradas se realiza mediante el sistema de por puntajes. Se considera necesario discutir en el Perú sobre la metodología que se podría adoptar en el país para reducir los riesgos de deslizamientos y huaycos tomando en cuenta el tiempo y el presupuesto requeridos para ejecutar las medidas.

13.3.4 Cálculo de desbordamiento de los ríos Piura y Chancay-Lambayeque

En el Capítulo 7 se realizó el análisis de inundaciones utilizando el modelo RRI aplicando las condiciones de precipitación en la cuenca ocurrida en 2017, y se evaluaron las condiciones generales de inundaciones en la cuenca en base a los resultados del análisis.

En esta sección se describe detalladamente el proceso de revisión del modelo de inundaciones y desbordamiento elaborado antes de los eventos de 2017, aplicando los resultados del reconocimiento en campo ejecutado este año.

Las cuencas objeto de la revisión son las del río Piura y de los ríos Chancay-Lambayeque que han sido

seleccionadas como áreas prioritarias o modelo en el presente Estudio, y donde se ejecutó el reconocimiento en campo para conocer los daños reales de inundaciones.

(1) Calibración del modelo RRI de la cuenca del río Piura con los datos de las inundaciones de 2017

Lineamientos de calibración del modelo RRI: Revisar el curso del río del tramo aguas (capacidad hidráulica) tomando en cuenta el avance en la acumulación de sedimentos sobre el lecho y modificar el modelo para que se produzca la inundación aguas abajo.

Se realizó el análisis de inundaciones aplicando los datos de precipitación de 24 horas del 25 de marzo, fecha en que ocurrió el exceso de lluvias más intenso en el período enero – marzo de 2017 dentro de la cuenca, utilizando el modelo RRI construido para el río Piura antes de las inundaciones de 2017. Se tomaron los datos de las mismas estaciones de monitoreo de precipitación indicadas en la Tabla 13.3.4. Se procesaron estos datos aplicando los polígonos de Thiessen para asumir la distribución espacial de las lluvias dentro de la cuenca. Para las precipitaciones en 24 horas de cada estación se asumió una forma de onda tipo centrado convirtiendo en las precipitaciones horarias.

De acuerdo con las entrevistas con varios oficiales del Proyecto Chira-Piura para conocer las necesidades de cooperación durante la sexta etapa del estudio en Perú, la capacidad hidráulica del río Piura en la ciudad de Piura se redujo de 3700 m³/s a 1700 m³/s, es decir aprox. 2000 m³/s menos. Esta reducción se debe a la disminución de la sección transversal del cauce por la acumulación de sedimentos en los tramos aguas abajo. En base a esta información, se revisaron las condiciones del curso del río del modelo RRI, y se reconstruyó un nuevo modelo. .

En la Figura 13.3.106 se presentan los resultados del modelo de análisis de inundaciones calibrado. De acuerdo con las entrevistas realizadas, no existe todavía un mapa del área inundada con los eventos de 2017, por lo que el alcance real de las inundaciones no es claro. Sin embargo, al considerar:

- ✓ que grandes daños se produjeron en la ciudad de Piura y sus alrededores;
- ✓ por la profundidad inundada verificada en el sitio;
- ✓ y porque el caudal de inundaciones en la ciudad ha sido de 3,500 m³/s,

se consideró que el modelo calibrado coincide casi totalmente con los fenómenos reales de inundación.

Luego se procedió a modificar los cálculos de los Capítulos 7 al 11 utilizando el nuevo modelo.

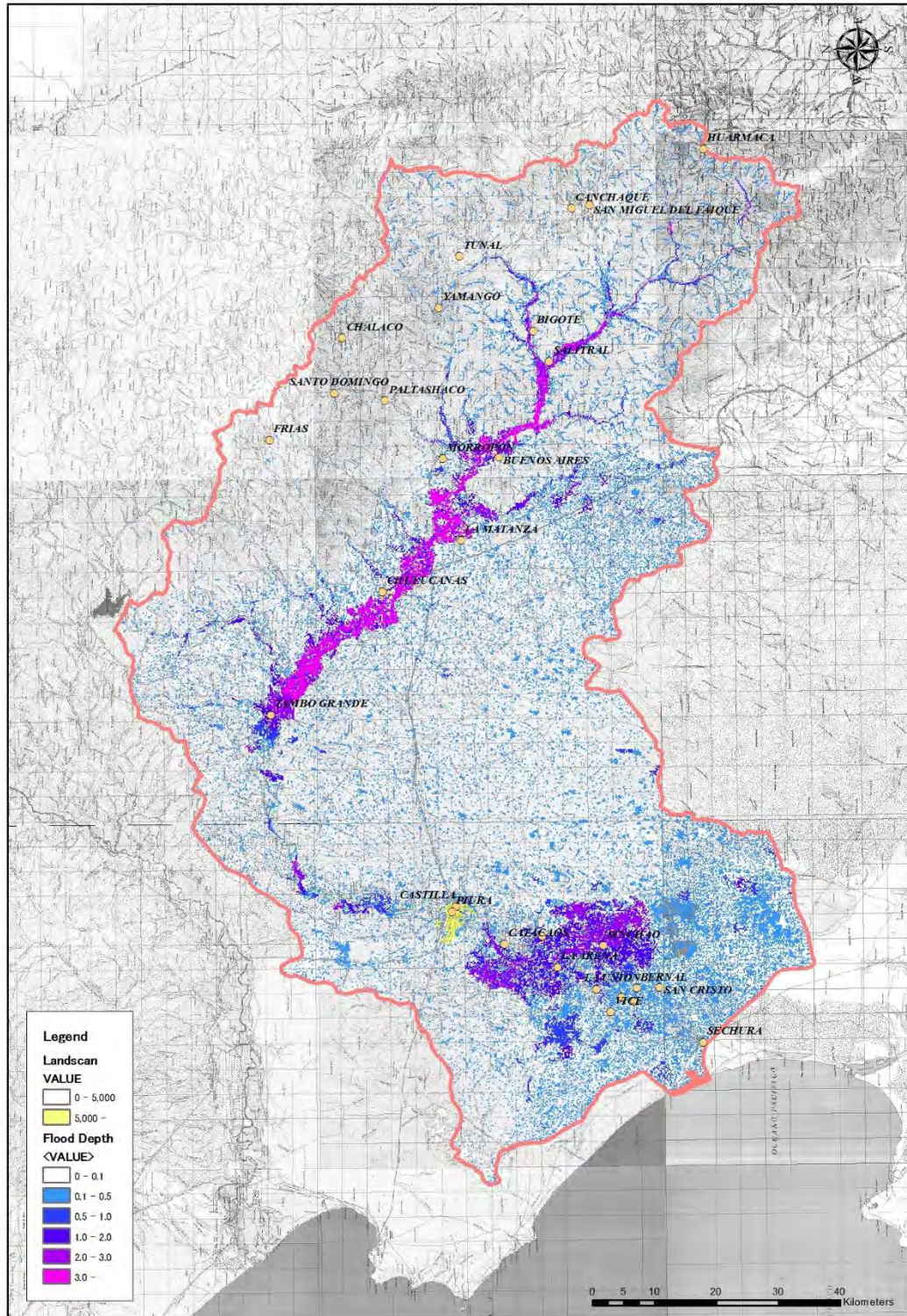


Figura 13.3.106 Resultados del análisis de inundaciones del río Piura por el exceso de lluvias del 25 de marzo de 2017 (distribución de la profundidad máxima inundada)

(2) Ríos Chancay-Lambayeque

Lineamientos de calibración del modelo RRI: Los fenómenos reales de inundación han coincidido en su mayoría con los resultados arrojados por el modelo. Sin embargo, se incorporó el efecto del mejoramiento fluvial ejecutado en el tramo aguas abajo.

Se realizó el análisis de inundaciones aplicando los datos de precipitación de 24 horas del 12 de marzo, fecha en que ocurrió el exceso de lluvias más intenso en el período enero – marzo de 2017 dentro de la cuenca, utilizando el modelo RRI construido para los ríos Chancay-Lambayeque antes de las inundaciones de 2017.

Se tomaron los datos de las mismas estaciones de monitoreo de precipitación indicadas en la Tabla 13.3.9. Se procesaron estos datos aplicando los polígonos de Thiessen para asumir la distribución espacial de las lluvias dentro de la cuenca. Para las precipitaciones en 24 horas de cada estación se asumió una forma de onda tipo centrado convirtiendo en las precipitaciones horarias.

En la Figura 13.3.107 se presentan los resultados del modelo de análisis de inundaciones calibrado. De acuerdo con la información recopilada a través de las entrevistas con los actores locales, la inundación se produjo solo en Eten, aguas más abajo, pero su magnitud ha sido reducida y no se produjeron grandes inundaciones en otros tramos. Los resultados del cálculo con el modelo calibrado coinciden casi completamente con la información recopilada a través de las entrevistas. Por lo tanto, para los valores arrojados en el cálculo descrito en los Capítulos 7 al 11 del presente Informe, se utilizó el modelo RRI calibrado.

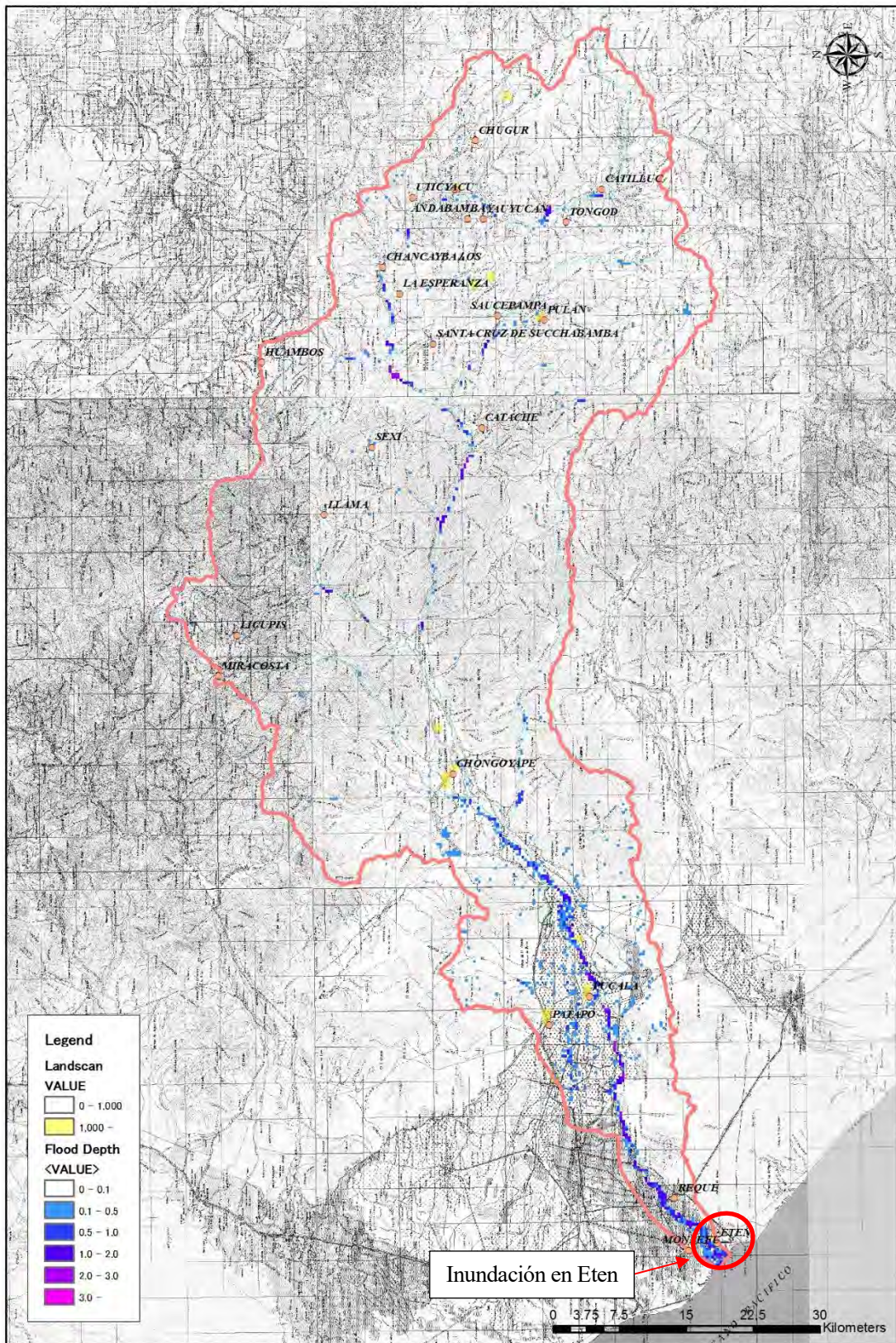


Figura 13.3.107 Resultados del análisis de inundaciones de los ríos Chancay - Lambayeque por el exceso de lluvias del domingo, 12 de marzo de 2017 (distribución de la profundidad máxima inundada)

Capítulo 14 Resumen de los Resultados del Estudio a la Fecha

14.1 Resumen de los resultados del Estudio

14.1.1 Resumen en este Capítulo

Tal como se ha explicado en el Capítulo 4, en este Estudio las 159 cuencas en el Perú han sido categorizadas en diez (10) tipos en términos de características naturales, sociales y económicas. Basándose en esta categorización, se han estimado los costos y beneficios de los proyectos para doce (12) cuencas de río, así como los análisis de inundaciones respectivos.

Entre ellas, el cálculo para las cuencas Chira-Piura y Chancay-Labayeque se ha modificado de acuerdo con el resultado del estudio de exploración en el sitio de los daños causados por la inundación de 2017.

Según el resultado de lo arriba mencionado, en este Capítulo se ha hecho:

- La verificación del “reconocimiento del costo total estimado de los proyectos de control de inundaciones en el Perú” y “cuencas o grupos de cuencas que requieran un proyecto de control de inundaciones prioritariamente”.

Además, se han identificado problemas de la administración del control de inundaciones en el Perú mediante el proceso del estudio de verificación del costo de los proyectos de control de inundaciones y el grado de prioridad arriba mencionados, y se han resumido:

- Recomendaciones para la mejora de la administración del control de inundaciones que el Perú debería efectuar en el futuro (como plan de matriz política en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre).

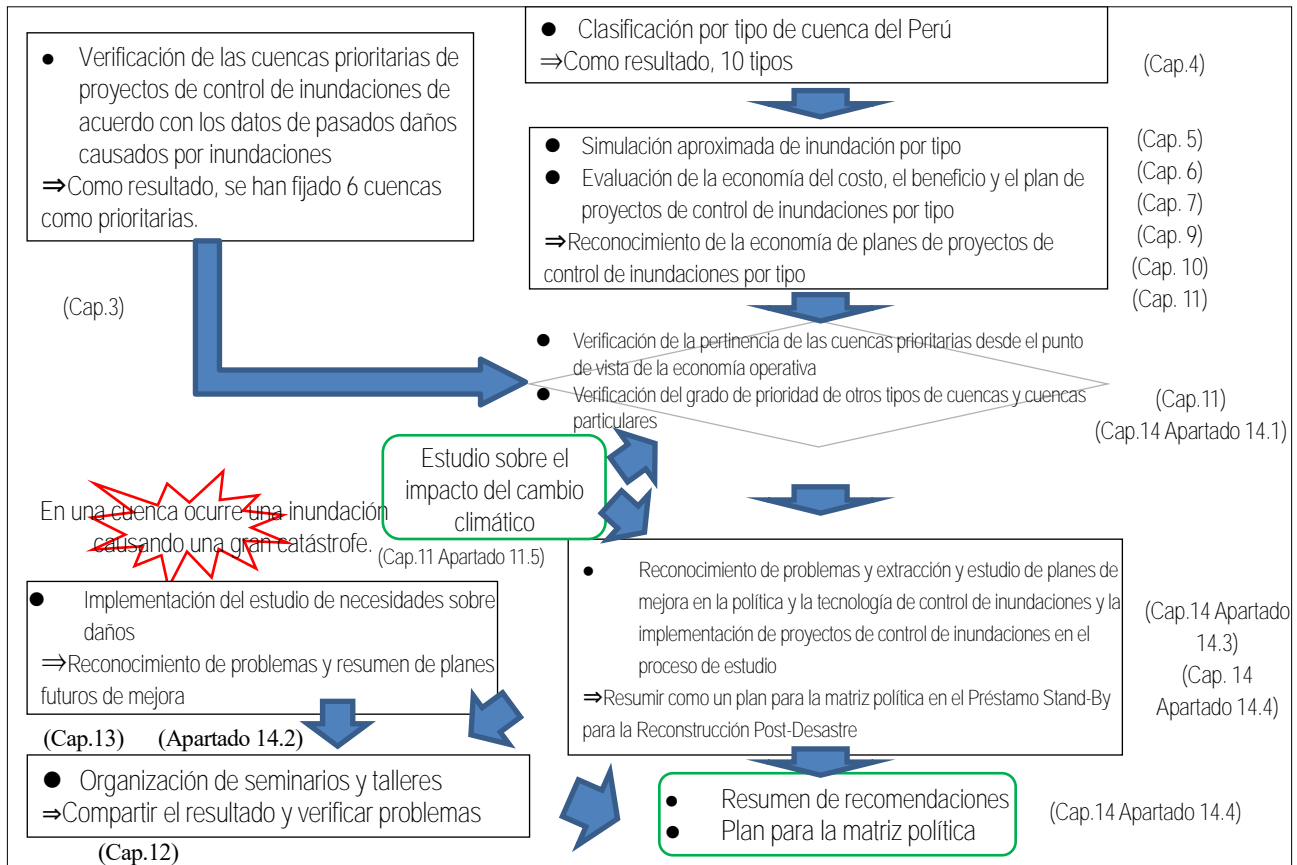


Figura 14.1.1 Sumario de temas estudiados en el presente Estudio y temas resumidos en el presente Capítulo

14.1.2 Visión general de los proyectos de control de inundaciones en el Perú

A continuación se resumen los proyectos de control de inundaciones de las 159 cuencas en el Perú. Como resultado, se han resumido las conclusiones solo para la prevención y mitigación de la inundación del canal principal y no se han incluido el manejo de desastres por sedimentos tales como obras de dragado ni el tratamiento de pequeños afluentes para el tema de los huaycos en la zona de montaña, así como temas relacionados a los sistemas de drenaje en las áreas urbanas.

(1) Costo total estimado de proyecto en todas las cuencas

El costo total estimado para el control de inundaciones en todo el Perú ha sido estimado en S/ 4 a 6 mil millones para el proyecto con una escala de 50 años de periodo de retorno y de S/ 5.3 a 8.6 mil millones para el proyecto con una escala de 100 años de periodo de retorno, respectivamente, basándose en la utilización de los cuatro (4) parámetros asumidos: “Área de Captación”, “Longitud del Canal Principal del Río”, “Número de Pobladores en la Cuenca del Río” y “Número de Puntos Críticos en la Cuenca”, tal como se muestra en la Tabla 14.1.1.

Tabla 14.1.1 Costo total estimado para proyectos de control de inundación en las 159 cuencas

Hipótesis basada en la estimación de cuenca de río modelo	Escala de Proyecto de Control de Inundación (Periodo de Retorno)					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Extrapolación por ratio de área de captación	938.2	1874.9	2683.6	4234.6	5865.3	8583.5
Extrapolación por ratio de longitud de canal de río	842.6	1673.5	2414.0	3775.3	5059.7	7391.6
Extrapolación por ratio de población	669.6	1411.0	2039.0	3055.9	3988.3	5306.8
Extrapolación por ratio de número de puntos críticos	759.2	1734.6	2550.2	3944.1	5234.7	7407.2

Nota: Los costos arriba mencionados no incluyen los precios de contingencia.

Unidad: S/. millón

(2) Total estimado de beneficios del proyecto y evaluación económica de todas las cuencas

Por otro lado, los beneficios totales como promedio anual generados por los proyectos de control de inundaciones de los principales ríos del Perú, los cuales están compuestos por la mitigación de daños a la agricultura, daños a las viviendas, daños a la infraestructura pública, así como daños por sufrimiento humano, están estimados y se muestran en la Tabla 14.1.2.

Tabla 14.1.2 Beneficio Total asumido para proyectos de control de inundación en los principales ríos del Perú (beneficio: cantidad anual esperada de mitigación de daño)

Hipótesis basada en la estimación de cuenca de río modelo	Escala de proyecto de control de inundación (periodo de retorno)					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Extrapolación por ratio de área de captación	241.3	653.9	904.2	1114.3	1208.1	1265.6
Extrapolación por ratio de longitud de canal de río	213.1	578.4	806.6	996.6	1081.5	1133.4
Extrapolación por ratio de población	165.2	416.2	568.9	688.2	739.6	770.6
Extrapolación por ratio de número de puntos críticos	184.9	509.2	703.7	871.9	947.2	993.1

Unidad: S/. millón

Basándose en la premisa de que las cifras de los indicadores económicos (TIRS, VANS y B/C) del costo de control de inundaciones en todo el Perú, según el costo estimado de proyectos y los beneficios arriba mencionados, son hipótesis con la aplicación de parámetros e indican la tendencia, se obtienen las cifras mostradas en la Tabla 14.1.3.

Tabla 14.1.3 Evaluación económica de los proyectos de control de inundación en los principales ríos del Perú

Hipótesis por extrapolación		Índice	Escala de proyecto de control de inundación (periodo de retorno)					
Costo de proyecto	Beneficio		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Área de captación	Área de captación	TIRS	37%	45%	44%	37%	31%	26%
		VANS	2 369M	3 887M	5 371M	5 161M	4 175M	3 269M
		B/C	3.5	3.7	4.1	3.6	2.9	2.4
Longitud del canal del río	Longitud del canal del río	TIRS	37%	44%	42%	36%	32%	26%
		VANS	2 190M	3 623M	5 095M	4 435M	4 143M	3 187M
		B/C	3.5	3.7	4.1	3.2	3.0	2.4
Población	Población	TIRS	36%	40%	38%	33%	29%	25%
		VANS	2 013M	2 939M	4 006M	3 637M	3 131M	2 818M
		B/C	3.7	3.5	3.7	3.0	2.6	2.3
Puntos Críticos	Puntos Críticos	TIRS	35%	38%	36%	31%	28%	23%
		VANS	2 030M	3 013M	4 087M	3 514M	3 311M	2 606M

Hipótesis por extrapolación		Índice	Escala de proyecto de control de inundación (periodo de retorno)					
Costo de proyecto	Beneficio		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
		B/C	3.4	3.2	3.4	2.8	2.6	2.1
Longitud del canal del río	Área de captación	TIRS	40%	49%	47%	40%	35%	28%
		VANS	2 448M	4 182M	5 883M	5 156M	4 815M	3 728M
		B/C	3.8	4.1	4.5	3.6	3.3	2.6
Población	Área de captación	TIRS	46%	55%	53%	46%	40%	34%
		VANS	2 667M	4 542M	6 313M	6 006M	5 352M	4 857M
		B/C	4.5	4.8	5.3	4.3	3.7	3.3
Puntos críticos	Área de captación	TIRS	42%	47%	45%	38%	34%	28%
		VANS	2 591M	4 140M	5 610M	4 928M	4 644M	3 716M
		B/C	4.1	4.0	4.3	3.5	3.2	2.6
Área de captación	Población	TIRS	30%	33%	32%	27%	23%	20%
		VANS	1 749M	2 445M	3 342M	3 094M	2 414M	1 833M
		B/C	2.8	2.7	3.0	2.5	2.1	1.8

Unidad: TIRS: % VANS: S/. millón B/C: Ratio

La combinación del “ratio de área de captación” en el costo total estimado de los proyectos y el “ratio de población” en el beneficio será la menos económica. Sin embargo, aun en este caso, todos los proyectos de control de inundaciones por escala superan la tasa social de descuento del Perú, de 10%, por lo que las escalas de los proyectos de control de inundaciones propuestas por ANA:

- Área Agrícola: Periodo de Retorno Inundación de 50 años
- Zona Urbana: Periodo de Retorno Inundación de 100 años

se considerarían apropiadas en la evaluación económica con cálculos aproximados de los proyectos en todo el Perú.

14.1.3 Características principales de los proyectos de control de inundación por tipo

El desglose de los costos del proyecto, de los beneficios del proyecto y de los índices de evaluación económica para cada tipo se muestran en esta subsección.

Tabla 14.1.4 muestra la clasificación de cada tipo de cuenca de río.

Tabla 14.1.4 Cuenca de río modelo (duplicado)

Tipo	Características	Puntos a considerar al planificar y diseñar el Control de Inundación (Referido Capítulo 7)	No. de cuencas de río	Cuenca de río modelo
Tipo 1	Población pequeña y PBI per cápita pequeño.	Se espera que el área protegida sea limitada, de tal manera que se supone un beneficio no tan alto.	57	Biabo
Tipo 2	Población pequeña y PBI per cápita grande. El sector económico secundario es el típico.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como carreteras y sembríos debido a beneficios limitados.	30	Locumba
Tipo 3	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas.	7	Chancay-Lambayeque
Tipo 4	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río suave. El sector económico terciario es típico.	Medidas de mitigación típicas japonesas pueden ser aplicables debido a la similitud de características del río.	3	Piura-Chira*

Tipo	Características	Puntos a considerar al planificar y diseñar el Control de Inundación (Referido Capítulo 7)	No. de cuencas de río	Cuenca de río modelo
Tipo 5	Cuencas del Pacífico. Población grande y PBI per cápita grande. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	Se deberá de considerar la ubicación de un gran número de casas debido a la construcción de una gran presa.	24	Rimac* and Ica*
Tipo 6	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas.	9	Mantaro*
Tipo 7	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita pequeño. Mucha lluvia y pendiente del río pronunciada.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas	8	Huallaga*
Tipo 8	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita pequeño. Mucha lluvia y pendiente del río suave.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como sembrío y área residencial.	7	Nanay
Tipo 9	Cuencas del Amazonas. Población grande y PBI per cápita grande. Pendiente del río pronunciada. El sector económico secundario es el típico.	No solo mitigación de inundación, también el manejo de sedimentos debe de ser considerado debido a las características topográficas. La red de transporte y manufactura tiene que ser protegida.	4	Urubamba*
Tipo 10	Cuencas del Titicaca. Población grande y PBI per cápita pequeño. Poca lluvia y pendiente del río pronunciada. El sector económico primario es el típico.	Se espera la protección inteligente de lugares importantes como carreteras y sembríos.	6	Ramis**

* : Cuencas de Río Priorizadas ** : Cuencas de río recomendadas como Cuencas de Río Priorizadas

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Todos los costos estimados de los proyectos, los beneficios y los indicadores económicos mencionados en el presente apartado 14.1.3 muestran las cifras de evaluación en caso de la extrapolación de:

- El parámetro más adecuado para la extrapolación del costo estimado del proyecto: área de captación
- El parámetro más adecuado para la extrapolación del beneficio del proyecto: población

que son de la evaluación económica mínima.

(1) Costo total estimado del proyecto de control de inundaciones por tipo

Los costos estimados del proyecto para el control de inundaciones por cada tipo se muestran en la siguiente Tabla 14.1.5.

Tabla 14.1.5 Resumen de costos estimados de los proyectos de control de inundaciones por tipo (parámetro: área de captación)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57)	0	21.9	95.8	393.0	1 043.3	1 644.1
2	Locumba (30)	0	0	31.4	39.9	62.4	98.4
3	Chancay-Lambayeque (7)	25.9	299.5	500.9	741.7	814.7	1 022.7
4	Piura & Chira (3)	12.1	44.3	81.0	148.1	222.3	537.1

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
5	Rímac & Ica (24)	12.8	18.8	25.4	218.8	460.3	1 538.8
6	Mantaro (9)	104.5	205.1	208.2	222.2	263.4	341.9
7	Huallaga (8)	539.0	839.9	1 037.7	1 279.6	1 385.7	1 502.3
8	Nanay (7)	190.7	257.7	295.4	378.3	476.6	517.2
9	Urubamba (4)	6.9	6.9	166.0	514.4	769.6	934.6
10	Ramis (6)	46.4	180.9	242.0	298.8	366.8	446.3
Total (159)		938.2	1 874.9	2 683.6	4 234.6	5 865.3	8 583.5

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

La escala de los proyectos de control de inundaciones por tipo no muestra las características de cada cuenca debido a que el número de cuencas de río clasificadas en cada tipo es diferente. Sin embargo, el costo estimado de los proyectos del tipo que tiene la característica de mayor caudal de inundación, como “el terreno escarpado con muchas precipitaciones”, tiende a incrementarse.

(2) Esbozo de los resultados totales de beneficio y evaluación económica de las 159 cuencas

Los beneficios del proyecto de control de inundaciones por cada tipo se muestran a continuación en la Tabla 14.1.6.

Tabla 14.1.6 Resumen del beneficio total basado en el rango de población en cuencas de río por tipo (cantidad anual esperada de mitigación de daño)

Unidad: S/. millón

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57)	0	2.3	3.9	5.3	6.2	6.9
2	Locumba (30)	0	0	15.2	15.2	15.3	15.3
3	Chancay-Lambayeque (7)	4.1	24.0	37.6	51.5	58.5	62.9
4	Piura & Chira (3)	2.7	3.3	3.9	4.8	5.5	5.9
5	Rímac & Ica (24)	0.7	10.0	16.6	24.0	27.8	30.2
6	Mantaro (9)	4.7	12.2	16.0	18.4	19.3	19.7
7	Huallaga (8)	102.6	252.5	324.7	378.1	399.5	411.5
8	Nanay (7)	31.1	65.9	82.5	95.1	99.8	102.7
9	Urubamba (4)	11.9	23.8	38.6	60.4	70.5	76.7
10	Ramis (6)	7.4	22.1	30.0	35.3	37.4	38.7

Tipo	Cuenca modelo (no. de cuencas de ríos incluidos)	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
	Total (159)	165.2	416.2	568.9	688.2	739.6	770.6

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Basándose en la estimación de costos y beneficios del proyecto arriba mencionados, así como en los costos y beneficios adicionales de las obras de control de la erosión en cada uno de los puntos críticos, los índices económicos para el control de inundaciones por cada tipo han sido estimados en la Tabla 14.1.7.

Tabla 14.1.7 Evaluación económica de los proyectos de control de inundación por tipo

Parámetro por beneficio: c. Población / Parámetro por costo de proyecto: A. Área de captación

Tipo	Cuenca de río modelo	Index	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
1	Biabo (57)	TIRS	51%	27%	10%	-4%	-17%	-
		VANS	61M	58M	-2M	-269M	-720M	-
		B/C	8.6	2.9	1.0	0.3	0.1	0.1
2	Locumba (30)	TIRS	51%	51%	44%	39%	30%	21%
		VANS	146M	146M	141M	135M	121M	91M
		B/C	8.6	8.6	6.8	5.5	3.7	2.2
3	Chancay-Lambayeque (7)	TIRS	35%	11%	8%	6%	6%	3%
		VANS	138M	29M	-52M	-158M	-163M	-290M
		B/C	4.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.6
4	Piura-Chira (3)	TIRS	39%	25%	18%	12%	8%	-1%
		VANS	143M	116M	85M	26M	-33M	-304M
		B/C	5.5	2.8	1.9	1.2	0.9	0.4
5	Rímac, Ica (24)	TIRS	46%	51%	54%	28%	19%	5%
		VANS	614M	683M	728M	596M	406M	-321M
		B/C	7.3	7.6	7.7	3.1	1.8	0.7
6	Mantaro (9)	TIRS	17%	13%	14%	15%	12%	9%
		VANS	75M	43M	71M	78M	47M	-23M
		B/C	1.6	1.2	1.3	1.3	1.2	0.9
7	Huallaga (8)	TIRS	24%	35%	37%	35%	34%	32%
		VANS	507M	1 284M	1,551M	1 634M	1 692M	1 591M
		B/C	2.0	2.8	2.9	2.7	2.6	2.4
8	Nanay (7)	TIRS	25%	44%	51%	47%	40%	39%
		VANS	191M	595M	828M	969M	915M	935M
		B/C	2.0	3.4	4.0	3.7	3.1	3.0
9	Urubamba (4)	TIRS	78%	131%	26%	11%	7%	5%
		VANS	174M	269M	223M	38M	-117M	-209M
		B/C	9.9	14.7	2.3	1.1	0.8	0.7
10	Ramis (6)	TIRS	28%	16%	15%	14%	11%	9%
		VANS	101M	90M	93M	81M	33M	-28M
		B/C	2.8	1.5	1.4	1.3	1.1	0.9
Total (159)		TIRS	30%	33%	32%	27%	23%	20%
		VANS	1 749M	2 445M	3 342M	3 094M	2 414M	1 833M
		B/C	2.8	2.7	3.0	2.5	2.1	1.8

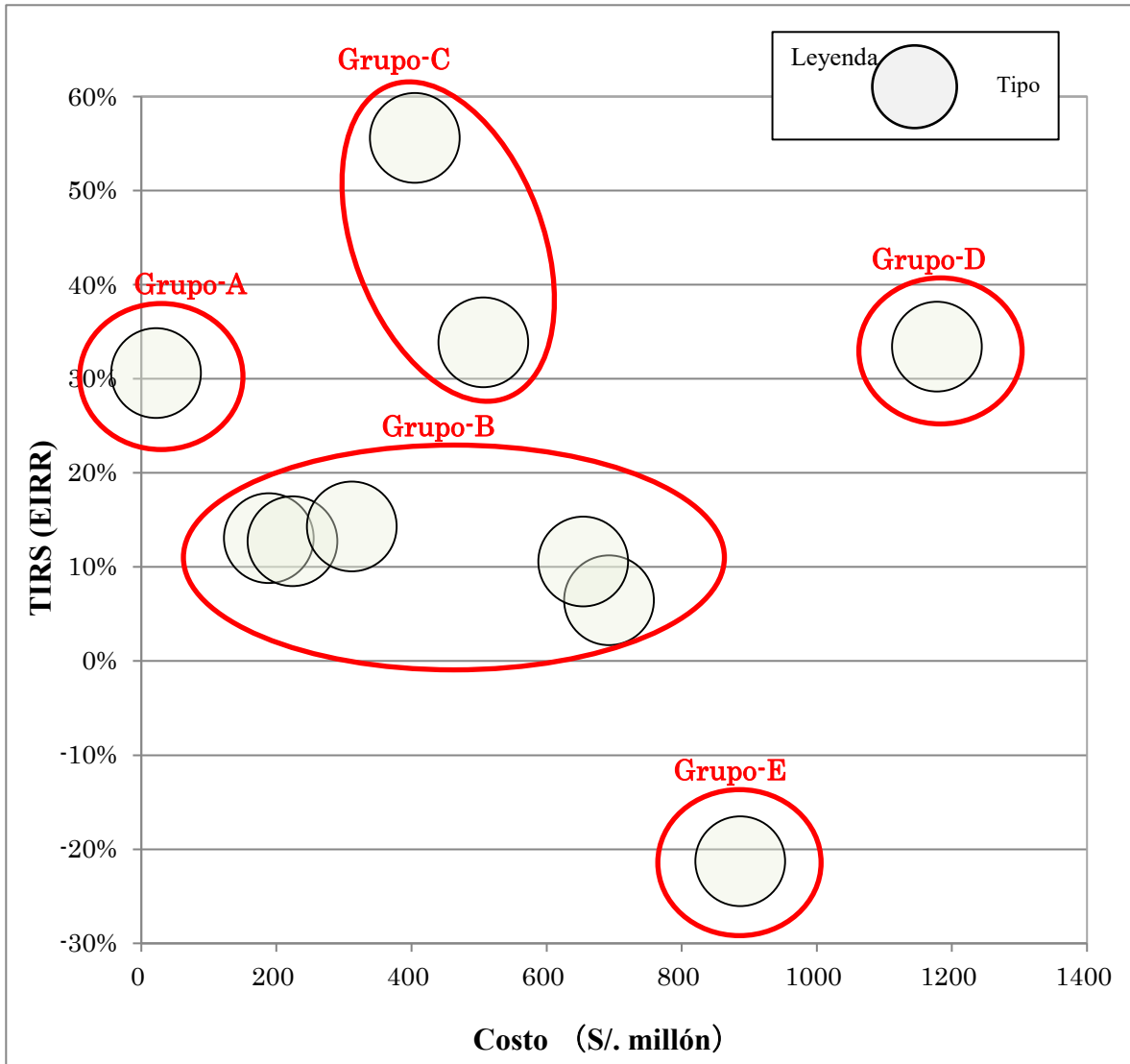
* : En cuanto a Locumba, los resultados con Control de Erosión han sido adaptados en total.

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

(3) Análisis en el resumen por tipo

(a) Agrupación por tipo y organizaciones ejecutoras (plan)

En la Figura 14.1.1 se muestra la relación entre TIRS y el costo estimado de los proyectos, según el costo estimado de los proyectos, los beneficios y los indicadores económicos por tipo antes mencionados. Debido a que el análisis presente es aproximado, se necesita una investigación más detallada para calcular el costo exacto del proyecto. Cabe mencionar que se ha descartado la aclaración del nombre de los tipos con el motivo de precisar que las características de determinado tipo son meramente valores de referencia.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 14.1.2 Agrupando por tipos

Como se muestra en la Figura 14.1.1, los proyectos de control de inundaciones de las cuencas tienen diversas características económicas según el tipo, por lo que se supone que cada una de las 159 cuencas tendría su propia característica para elaborar un plan detallado de control de inundaciones en una cuenca particular.

Por ejemplo, como se muestra en la Figura 14.1.1, sería posible agruparlos en grupos aún más grandes

conforme a su característica, y se podría idear conceptos para la implementación de proyectos por dicho grupo como se muestra en la Tabla 14.1.8.

Tabla 14.1.8 Conceptos básicos para la implementación de proyectos por cada tipo (borrador)

No. grupo	Concepto grupo	Método de implementación
A	Los beneficios son comparativamente altos. Los costos del proyecto son muy bajos.	Los gobiernos locales deberán implementar el Control de Inundación, en particular el control de la erosión, como contramedidas para los problemas de inundación.
B	Ciertos beneficios de los proyectos se esperan del Control de Inundación. El costo total del proyecto por cada río no es alto.	Los ríos o algunas secciones de los ríos con alta evaluación económica deberán implementarse pronto a través de agencias del gobierno como ANA, PSI o la que corresponda. Otros controles contra inundaciones deberán ser implementados por AAA/ALA, Gobiernos regionales, distritales.
C	Los beneficios son bastante altos. Los costos del proyecto también son de nivel medio.	Los ríos o algunas secciones de los ríos con alta evaluación económica deberán implementar pronto a través de agencias del gobierno como ANA, PSI o la que corresponda.
D	Control de Inundación muy alto. Beneficio y costo del proyecto muy altos.	Para lograr la pronta implementación de una serie de proyectos de control de inundaciones con costos tan altos, deberá ser discutido un nuevo programa de control de inundaciones.
E	El beneficio del Control de Inundación es pequeño excepto por el Control de la Erosión.	Los gobiernos locales deberán implementar el Control de Inundación, en particular el control de la erosión, como contramedida para problemas de inundación.

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

(b) Problemas al implementar los proyectos de control de inundaciones con cálculos aproximados

Suponiendo que se desembolse en los próximos 30 años el costo total estimado de los proyectos mencionado en el punto 14.1.2, de acuerdo con el plan de agrupación, se obtiene el costo anual estimado de control de inundaciones a largo plazo que se muestra en la siguiente Tabla 14.1.9.

Tabla 14.1.9 Implementación y cronograma de desembolsos presumible para Proyectos de Control de Inundaciones (borrador) (escala de proyecto: inundación con 50 años de periodo de retorno)

Grupo	Agencia Ejecutora	Proyecto	Costo (S/. Millón)	Año																																			
				2017 - 2026										2027 - 2036										2037 - 2046															
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
A	Gobiernos Locales	Imple.	30.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
		O&M	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
B	Gobierno Regional AAA	Imple.	2,866.9	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	
		O&M	28.7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29						
C	Gobiernos Central ANA/ etc.	Imple.	274.1	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	
		O&M	2.7	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Gobiernos Regional AAA	Imple.	548.2	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	
		O&M	5.5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
D	Gobiernos Central ANA/ etc.	Imple.	1,630.3	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	
		O&M	16.3	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
E	Gobiernos Locales	Imple.	1,227.4	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	
		O&M	12.3	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	7	7	7	8	8	9	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	
Total				253	256	259	261	264	266	269	271	274	276	279	281	284	286	289	291	294	296	299	301	208	209	211	212	214	215	217	218	220	222						
Costo a ser implementado por los Gobiernos Locales				42	43	43	44	44	44	45	45	46	46	47	47	47	48	48	49	49	49	50	50	51	51	52	52	52	53	53	54	54	54	54	54	54	54	54	
Costo a ser implementado por los Gobiernos Regionales				115	116	117	118	120	121	122	123	124	125	126	127	129	130	131	132	133	134	135	137	138	139	140	141	142	143	145	146	147	148	148	148	148	148	148	
Costo a ser implementado por los gobiernos centrales				96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	110	111	112	113	114	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Nota: Los costos arriba mencionados no incluyen los precios de contingencia.

El programa de implementación de proyectos mostrado en la Tabla 14.1.9 se estima que requieran aproximadamente S/.300 millones como promedio anual.

Como se ha mencionado detalladamente en el Capítulo 3, el Perú ha venido invirtiendo, según MEF, un promedio anual de aproximadamente S/.200 millones como presupuesto relacionado con el control de inundaciones durante unos 15 años, de 2002 a 2016.

Por consiguiente, las organizaciones relacionadas necesitarán estudiar un incremento del reparto presupuestario para proyectos de control de inundaciones antes de que las entidades gestoras de cada cuenca presenten su solicitud presupuestaria basada en el plan detallado del control de inundaciones., Esto se debe a que, según un cálculo muy aproximado, se requerirá un presupuesto nacional anual de S/.300 millones solamente para el control de inundaciones al intentar implementar proyectos de control de inundaciones en todo el país en los próximos 30 años.

Además, será necesario contar con un sistema de implementación de proyectos para ejecutar paralelamente diversos tipos de proyectos de control de inundaciones.

14.1.4 Resumen del estudio sobre cuencas de río priorizadas

En esta subsección están resumidos los resultados individuales para seis (6) cuencas seleccionadas como “Cuenca de Río Priorizadas” en el Estudio. Se acompañan de recomendaciones para la implementación de los proyectos de control de inundaciones en términos de los aspectos relacionados a la ingeniería del río.

(1) Ríos Piura-Chira

Las obras de control de inundaciones propuestas por este Estudio para la cuenca de los ríos Piura-Chira están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.10.

Tabla 14.1.10 Resumen de proyecto de control de inundación para los ríos piura-chira

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
4	General	Área de captación	21,698 km ²					
		Población	1,449,000					
	Daño x inundación	Costo daño estimado (Piura)	2.9M	24.5M	67.1M	145.1M	220.9M	300.1M
		Costo daño estimado (Chira) (S/. millón)	0.1M	0.5M	4.7M	11.7M	23.2M	35.0M
		Costo daño estimado (Todos) (S/. millón)	3.0M	25.0M	71.8M	156.8M	244.1M	335.1M
	Proyecto control inundación	Costo estimado del proyecto (S/. millón)	1.37M	21.06M	70.54M	123.78M	193.55M	365.54M
		Beneficio fijo anual (S/. millón)	2.44M	2.99M	3.54M	4.38M	4.95M	5.38M
	Evaluación proyecto (Alt-1)	B/C	31%	20%	15%	10%	10%	4%
		Área de captación	58M	44M	28M	4M	0M	-94M
		Población	3.4	1.9	1.4	1.0	1.0	0.6

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

La mayoría de las áreas importantes a lo largo de los tramos principales de los ríos Chira-Piura han sido protegidas contra un periodo de retorno de 50 años debido a los tremendos daños ocasionados por el fenómeno de El Niño en los años 80 y 90. Por lo tanto, los daños relacionados a inundaciones frecuentes, tales como inundaciones en 2 años, 5 años y 10 años, son muy limitados. Sin embargo, los daños asumidos para un periodo de retorno de 100 años se estiman en S/ 50 millones. Por lo tanto, el incremento del nivel de protección de 50 a 100 años deberá de ser llevado a cabo paso a paso.

En el Estudio, la evaluación económica de los proyectos de control de inundaciones de la cuenca de los ríos Chira-Piura no es tan alta por lo que no se recomiendan obras de inmediata implementación. El monto estimado del costo del proyecto para la cuenca de los ríos Chira-Piura de alrededor de S/ 600 millones para 100 años de periodo de inundación ha resultado de una estimación horizontal igualitaria. En relación a esto, los métodos mas económicos para le mejora de los niveles de protección deberán de ser considerados de acuerdo con las siguientes ideas:

- Elevar la altura de los diques existentes.
- Construcción de paredes de parapeto contra inundaciones en los diques existentes

Por otro lado, los siguientes temas y problemas han aparecido en la cuenca del Chira-Piura:

- Sedimentación que ha estado afectando el volumen de almacenaje en las represas.
- Sedimentación que ha afectado el flujo del río en los estuarios.
- Erosión de los bancos del río en los tramos intermedios.

Estos temas deberán de ser escudriñados y el presupuesto para manejar estos problemas deberá ser asegurado adicionalmente a los costos de proyecto propuesto en el Estudio.

(2) Río Rímac

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Rímac en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.11.

Tabla 14.1.11 Resumen de proyecto de control de inundación del río Rímac

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundacion (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
5	General	Área de Captación	3,504 km ²					
		Población	5,579,000					
	Daño x inundación	Costo de Daño Estimado	0.5M	0.7M	0.7M	0.7M	1.0M	1.0M
		Costo Estimado del Proyecto (S/. Millón)	1.21M	1.77M	1.77M	2.56M	3.57M	3.96M
	Proyecto Control inundacion	Beneficio Fijo Anual (S/. Millón)	2.44M	2.99M	3.54M	4.38M	4.95M	5.38M
		TIRS	43%	43%	44%	42%	40%	40%
	Evaluación económica	VANS	35M	36M	36M	36M	35M	35M
		B/C	5.9	5.8	5.8	5.5	5.1	4.9

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Como se muestra en la tabla anterior, en la cuenca del río Rímac, que es la cuenca prioritaria, ocurren inundaciones solamente en áreas limitadas de los tramos medio y superior de su curso principal porque el tramo inferior ya está protegido por diques (principalmente de hormigón) hasta la escala del período de retorno de 100 años. Sin embargo, los daños indirectos de las inundaciones de las áreas limitadas mencionadas son grandes: paralización del tráfico de carreteras, etc. Aunque en la tabla anterior se calculan solamente 4 pérdidas causadas por inundaciones: terreno agrícola, viviendas, infraestructura y fuerza laboral, en realidad los daños indirectos no calculados en el presente estudio sería mucho mayor.

Debido a que dichas inundaciones ocurren en un área limitada, se supone que el costo estimado de los proyectos de control de inundaciones para dicha área no sería grande aun en la escala del retorno de 100 años, por lo que se debería implementarlos lo antes posible.

Por otro lado, el daño de la inundación de 2015 que paralizó el tráfico de la Carretera Central durante 1 mes no fue por la inundación del curso principal del río Rímac, sino por los huaycos que ocurrieron en sus afluentes.

Para la gestión del riesgo de desastres del río Rímac, es necesario controlar no solamente las inundaciones del río principal, sino también innumerables aludes que ocurren en sus afluentes.

(3) Río Ica

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Ica en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.12.

Tabla 14.1.12 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Ica

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
5	General	Área de captación	7,341 km ²					
		Población	354,000					
	Daño inundación	Costo de daño estimado	0M	0M	42M	106M	118M	170M
		Costo estimado del proyecto (S/. millón)	0M	0M	1M	18M	40M	142M
	Proyecto control inundación	Beneficio fijo anual (S/. millón)	0M	0M	10M	14M	16M	18M
		Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	54%	158%	230%	92%	57%
	VANS		33M	71M	97M	116M	117M	65M
	B/C		7.2	14.5	18.1	7.6	4.7	1.7
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	54%	158%	22%	29%	27%	25%
		VANS	33M	71M	48M	77M	81M	78M
B/C		7.2	14.5	1.9	2.4	2.2	2.0	

Fuente: Preparada por el Equipo de Estudio

En la cuenca del río Ica, las ciudades y municipalidades con desarrollo agrícola industrial a lo largo de los principales tramos del río están bien desarrolladas. En relación a esto, las obras de control de inundaciones en el río Ica tienen comparativamente mayores índices económicos como los de la cuenca del río Huallaga. Adicionalmente, el proyecto para proteger todos los tramos de todas las áreas con alto peligro de inundación en la cuenca se estima que no es tan costoso. Este costo será manejado y el proyecto de control de inundaciones será implementado por el gobierno central por ejemplo, por el PSI y ANA en asociación con el gobierno departamental.

La construcción de cuencas de retardo con diques más bajos en lugar de la construcción de diques más altos es factible. Por lo tanto, la construcción de cuencas de retardo debería ser considerada a la hora de la formulación del plan de control de inundaciones en la cuenca del río Ica. La construcción de una cuenca de retardo reducirá el número de viviendas a ser relocalizadas en los tramos bajos.

(4) Río Mantaro

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Mantaro en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.13.

Tabla 14.1.13 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Mantaro

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
6	General	Área de captación	34,547 km ²					
		Población	1,681,000					
	Daño inundación	Costo de daño estimado	6M	14M	16M	16M	16M	17M
		Costo estimado del proyecto (S/. millón)	37M	74M	752M	80M	94M	123M
	Proyecto control inundación	Beneficio fijo anual (S/. millón)	2M	5M	6M	7M	7M	8M
		Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	21%	18%	20%	19%	19%
	VANS		30M	32M	42M	42M	42M	16M
	B/C		1.9	1.6	1.7	1.7	1.6	1.2
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	21%	18%	13%	14%	14%	12%
		VANS	30M	32M	17M	23M	22M	15M
		B/C	1.9	1.6	1.2	1.3	1.3	1.2

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

En cuanto al control de inundaciones del río Mantaro, TIRS supera, al igual que el río Urubamba, el 10% tanto en el período de retorno de 50 años como en el de 100 años, como se muestra en la Tabla 14.1.13. Sin embargo, un análisis detallado podría dejar un resultado de que solamente con los daños directos no se supere la tasa de descuento social de 10% del Perú debido al aumento del costo de explotación y de compensación por el desplazamiento de viviendas, por lo que se requiere elaborar un plan detallado.

(5) Río Huallaga

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Huallaga en este Estudio están resumidas a continuación en la Tabla 14.1.14.

Tabla 14.1.14 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Huallaga

Tipo	Ítem	Índice	escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
7	General	Área de captación	55,109 km ²					
		Población	1,036,000					
	Daño inundación	Costo daño estimado	234M	449M	537M	680M	780M	864M
		Costo asumido del proyecto (S/. millón)	335M	523M	646M	796M	862M	934M
	Proyecto control inundación	Beneficio fijo anual (S/. millón)	70M	172M	222M	258M	273M	281M
		Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	37%	54%	56%	53%	52%
	VANS		355M	809M	1,023M	1,013M	1,035M	962M
	B/C		1.5	4.7	4.8	4.8	4.7	4.6
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	37%	54%	24%	26%	25%	25%
		VANS	355M	809M	402M	448M	430M	438M
		B/C	1.5	4.7	2.2	2.4	2.4	2.3

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

El río Huallaga ha sido identificado como la cuenca en donde los proyectos de control de inundaciones son económicamente hablando los más efectivos de entre todas las cuencas priorizadas. Adicionalmente a esto, los costos de los proyectos son bastante altos debido a la amplitud del área de captación y la longitud de los tramos o secciones de los ríos principales. Con el propósito de examinar más a fondo las áreas más urgentes y efectivas a ser implementadas, es altamente recomendable la formulación de un plan maestro de control de inundaciones, así como la implementación inmediata del estudio de factibilidad.

(6) Río Urubamba

Las obras de control de inundaciones propuestas para la cuenca del río Urubamba en este Estudio son resumidas en la Tabla 14.1.15 de abajo.

Tabla 14.1.15 Resumen de proyecto de control de inundación para el río Urubamba

Tipo	Ítem	Índice	Escala de la inundación (periodo de retorno)					
			2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
7	General	Área de captación	59,071 km ²					
		Población	961,000					
	Daño por inundación	Costo de daño estimado	21.6M	27.5M	144.2M	270.8M	320.9M	421.2M
	Proyecto control Inundación	Costo asumido del proyecto (S/. millón)	4M	4M	104M	324M	484M	588M
		Beneficio fijo anual (S/. millón)	6.5M	13.8M	22.4M	34.9M	40.8M	44.5M
	Evaluación económica (Alt-1)	TIRS	99%	193%	33%	17%	13%	12%
		VANS	76M	125M	116M	77M	47M	25M
		B/C	9.4	14.9	2.6	1.5	1.2	1.1
	Evaluación económica (Alt-2)	TIRS	99%	193%	23%	22%	14%	11%
		VANS	76M	125M	87M	109M	50M	10M
B/C		9.4	14.9	1.9	1.8	1.3	1.0	

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

En cuanto al control de inundaciones del río Urubamba, TIRS supera, al igual que el río Mantaro, el 10% tanto en el período de retorno de 50 años como en el de 100 años, como se muestra en la Tabla 14.1.15. Sin embargo, un análisis detallado podría dejar un resultado de que solamente con los daños directos no se supere la tasa de descuento social de 10% del Perú debido al aumento del costo de expropiación y de compensación por el desplazamiento de viviendas, por lo que se requiere elaborar un plan detallado.

(7) Suposición de la implementación de proyectos en las cuencas prioritarias

En el punto (3) del apartado 14.1.3, se han estimado el costo anual necesario y el plazo de posible implementación de proyectos de control de inundaciones de todos los ríos del Perú. Como resultado, el presupuesto anual necesario sería S/.300 millones en caso de que el plazo sea aproximadamente de 30 años.

En el presente apartado, se ha estimado el costo de implementación de proyectos de control de inundaciones de corto y mediano plazo para las 6 cuencas prioritarias, propuestas en el presente Estudio, teniendo como premisa la implementación de los proyectos de control de inundaciones de largo plazo mencionados arriba.

El resultado de la estimación son los puntos siguientes.

- Los proyectos de control de inundaciones de las 6 cuencas terminarían alrededor de 2030 suponiendo que en 2017 se iniciara la elaboración del plan de control de inundaciones.
- Suponiendo que los proyectos terminaran en 2030, la inversión anual necesaria sería aproximadamente S/.150 millones durante unos 14 años, de 2017 a 2030.

En la página siguiente se muestra un programa aproximado de implementación de proyectos de las 6 cuencas prioritarias.

Tabla 14.1.16 Programa aproximado de implementación de los proyectos de control de inundaciones de mediano plazo (borrador) (para 6 cuencas prioritarias)

Prioritized River	Total Target Length	Assumed Imple. Agency	Activity	Assumed Cost (S./ M)	Year																					
					2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028-2030										
Ica	32.0 km	Region	M/P (Review)	3																						
			F/S	5		2	2																			
			SNIP Approval																							
			Selection of Consultant																							
			D/D	4																						
			Selection of Contractor																							
			Construction+S/V+Admin	87																						
Total	99																									
Huallaga	344.0 km	ANA (MINAGRI) (Project)	M/P (Review)	6																						
			F/S (por F-1)	20		3	3																			
			SNIP Approval																							
			Selection of Consultant																							
			D/D (por F-1)	38																						
			Selection of Contractor																							
			F-1: Construction+S/V+Admin	287																						
			F-2: Construction+S/V+Admin	287																						
			F-3: Construction+S/V+Admin	287																						
			Total	925																						
Mantaro	37.0 km	Region Local	M/P (Review)	3																						
			F/S	5																						
			SNIP Approval																							
			Selection of Consultant																							
			D/D	5																						
			Selection of Contractor																							
			Construction+S/V+Admin	104																						
Total	117																									
Urubamba	100.0 km	ANA (MINAGRI) (Project)	M/P (Review)	3																						
			F/S	5																						
			SNIP Approval																							
			Selection of Consultant																							
			D/D	22																						
			Selection of Contractor																							
			F-1: Construction+S/V+Admin	249																						
F-2: Construction+S/V+Admin	249																									
Total	528																									
Piura-Chira	80.5 km	Region Project	M/P (Review)	3																						
			F/S	5																						
			SNIP Approval																							
			Selection of Consultant																							
			D/D	18																						
			Selection of Contractor																							
			F-1: Construction+S/V+Admin	204																						
F-2: Construction+S/V+Admin	204																									
Total	434																									
Rimac	2.0 km	Region Local	M/P (Review)	1																						
			F/S	1																						
			SNIP Approval																							
			Selection of Consultant																							
			D/D	0.2																						
			Selection of Contractor																							
			Construction+S/V+Admin	3.8																						
Total	6.0																									
Todos los ríos	595.5 km	Todos	Todas las actividades	2,109	5	44	77	182	216	183	166	196	196	196	137	511										

Leyenda
 : Plan Maestro y Estudio de factibilidad
 : Diseño detallado, Aprobación por SNIP, etc.
 : Ejecución de obras

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

14.1.5 Efectos del cambio climático sobre los planes de control de inundaciones

Tal como se ha descrito en la sección 11.5 del Capítulo 11, el cambio porcentual de la precipitación anual en 2040 debido al fenómeno del cambio climático se estima en un rango de -13% ~ +7% basado en el reporte

del SENAMHI, la investigación del profesor Callo Ramos de la Universidad Agraria de la Molina y el reporte del Banco Mundial del 2011. De estos reportes y simulaciones, son confirmados las áreas afectadas con efectos adversos, principalmente las cuencas de los ríos Mantaro y Ramis. Adicionalmente, los cambios en la probabilidad de inundaciones de las mencionados dos cuencas han sido calculados en el estudio y se muestran a continuación en la Tabla 14.1.17.

Tabla 14.1.17 Efectos de la probabilidad de inundaciones por cambio climático

Tipo (nombre de cuenca de río modelo)	Periodo de retorno de inundación (sin cambio climático)					
	2	5	10	20	50	100
Tipo-6 (Mantaro)	1.3	4	8	19	37	70
Tipo-10 (Ramis)	1.1	4	7	16	28	52

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio basado en estudios pasados

Como resultado de esto, los índices de la evaluación económica en cierta escala de obras de control de inundaciones también se incrementara tal como se muestra a continuación en la Tabla 14.1.18.

Tabla 14.1.18 Evaluación económica de proyectos de control de inundación para el río Mantaro y el río Ramis tomando en consideración el cambio climático

(escala de proyecto: periodo de retorno de 25 años sin cambio climático / periodo de retorno de 20 años con cambio climático)

Tipo	Cuenca de río	Consideración de cambio climático	Costo total proyecto (S/. millón)	Beneficio anual fijo (S/. millón)	TIRS (%)	VAN (S/.)	B/C (N)
Tipo-6	Mantaro	sin cambio climático	79 645 041	7 158 074	7%	-10 129 593	0.83
		con cambio climático		8 890 435	10%	1 655 783	1.03
Tipo-10	Ramis	sin cambio climático	179 019 648	14 565 795	5%	-31 965 519	0.74
		con cambio climático		20 288 442	10%	2 914 802	1.02

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Como se ha mencionado arriba, es necesario estudiar cuáles impactos del cambio climático el gobierno del Perú debería tener en cuenta al implementar proyectos de control de inundaciones.

14.1.6 Daños de los deslizamientos e inundaciones ocurridos entre finales de 2016 y marzo de 2017 y comparación con los resultados del presente Estudio

Entre finales de diciembre de 2016 y marzo de 2017 varios distritos del país han sido azotados por serios daños de inundaciones, deslizamientos y huaycos. En esta sección se procuró identificar los datos de los daños según los informes de INDECI para ordenar los datos de inundaciones y de huaycos según cuencas, a la par de comparar con los resultados del presente Estudio e identificar su relación.

14.1.7 Extracción de datos del informe de los daños de inundaciones de INDECI

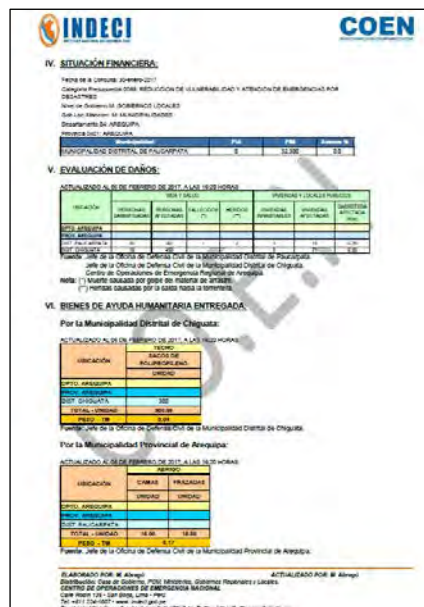
Como primer paso se recopilaron diferentes informes de inundaciones, deslizamientos y huaycos ocurridos entre enero y marzo de 2017 publicados por INDECI y se ordenaron los datos según fechas, tipos de desastres y los lugares afectados (Departamentos, Provincias y Distritos).

Luego, se ordenaron estos datos según cuencas (159 cuencas clasificadas por la ANA) para conocer los daños ocurridos en cada una de ellas.

En la siguiente sección se presentan los resultados de este trabajo.

Tabla 14.1.19 Resumen de información extraída del informe de los daños de inundaciones

Fuente	Período de evaluación	Variables
Página web de INDECI (http://www.indeci.gob.pe/)	Del 30 de enero al 20 de marzo de 2017	Fecha de ocurrencia, tipo de desastre, lugares afectados, magnitud de los daños (número de personas damnificadas y afectadas, viviendas inhabitables y afectadas, carreteras afectadas, tierras agrícolas afectadas, etc.)



Fuente: INDECI (<http://www.indeci.gob.pe/>)

Figura 14.1.3 Ejemplo del informe los daños de inundaciones de INDECI

14.1.8 Comparación de los daños de inundaciones reales y los resultados del presente Estudio

(1) Resumen de informes de daños

Los daños informados mediante los informes de daños del INDECI de las principales cuencas se resumen en la siguiente Tabla 14.1.20.

Tabla 14.1.20 Resultado del resumen de la información según los informes de desastres (INDECI) del 30 de enero al 20 de marzo

No.	Nombre de la cuenca	Número de personas afectadas*	Número de viviendas afectadas*	Carretera afectada (km)	Tierras de cultivo afectadas (ha)
1	Cuenca Caplina	-	-	-	-
2	Cuenca Itaya	2189	571	0	0
3	Cuenca Lacramarca	-	-	-	-
4	Cuenca Chillón	3274	93	273	3
5	Intercuenca 49917	-	-	-	-
6	Cuenca Nanay	-	-	-	-
7	Cuenca Moche	1109	149	15	0
8	Intercuenca 49955	-	-	-	-
9	Cuenca Quilca - Vitor - Chili	5292	1077	55	92
10	Cuenca Ica	100 488	21 794	1	0
11	Cuenca Perené	307	77	33	5
12	Huallaga	16 843	4 153	0	20
13	Intercuenca Medio Madre de Dios	25	5	0	0
14	Cuenca Lurín	15	3	18	0
15	Cuenca Supe	-	-	-	-
16	Cuenca Casma	15926	3845	162	307
17	Cuenca Chala	-	-	-	-
18	Cuenca Huarmey	330	87	12	14

No	Nombre de la cuenca	Número de personas afectadas*	Número de viviendas afectadas*	Carretera afectada (km)	Tierras de cultivo afectadas (ha)
19	Cuenca Cháparra	-	-	-	-
20	Cuenca Fortaleza	358	118	11	0
21	Cuenca Virú	-	-	-	-
22	Cuenca Chancay - Huaral	2 100	109	255	10
23	Cuenca Rímac	26 151	3 517	334	59
24	Cuenca Locumba	-	-	-	-
25	Cuenca Santa	9 478	2 058	3 784	760
26	Cuenca Nepeña	921	154	1	0
27	Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	640	128	0	0
28	Cuenca Mala	350	70	1	0
29	Cuenca Zarumilla	2 744	404	9	522
30	Intercuenca Alto Marañón I	-	-	-	-
31	Cuenca Coata	-	-	-	-
32	Intercuenca Alto Acre	-	-	-	-
33	Cuenca Crisnejas	-	-	-	-
34	Cuenca Huamansaña	313	74	0	0
35	Cuenca Chincha (San Juan)	1 308	262	0	0
36	Cuenca Tumbes	17 013	3 648	88	280
37	Cuenca Huaura	565	82	262	65
38	Cuenca Pescadores - Caraveli	-	-	-	-
39	Cuenca Pisco	9 528	2 178	170	102
40	Intercuenca Alto Marañón III	-	-	-	-
41	Cuenca Olmos	3 325	665	0	0
42	Cuenca Ilo - Moquegua	32	16	0	0
43	Cuenca Utcubamba	-	-	-	-
44	Cuenca Grande	38 924	9 430	4	0
45	Cuenca Pativilca	1 001	235	96	159
46	Cuenca Acari	94	20	3	10
47	Cuenca Mantaro	13 064	2 417	495	496
48	Cuenca Chamán	441	199	13	10
49	Cuenca Cañete	33 832	279	292	1 445
50	Cuenca Huancane	-	-	-	-
51	Cuenca Inambari	19	7	0	0
52	Intercuenca 49793	-	-	-	-
53	Cuenca Urubamba	245	48	2	50
54	Intercuenca Alto ApuRímac	-	-	-	-
55	Cuenca Aguayta	31	6	1	0
56	Cuenca Zaña	2 810	1 262	0	0
57	Cuenca Pachitea	5 492	1 098	5	134
58	Cuenca Camaná	6 841	1 673	284	200
59	Cuenca Piura + Chira	189 078	37 414	27	231
60	Ramis, Puraca and Azangaro	-	-	-	-
61	Intercuenca Alto Marañón II	-	-	-	-
62	Cuenca Honda	-	-	-	-

*: Para los efectos del cálculo, se estima que cada hogar tiene 5,0 personas.

① Total de daños reportados entre el 30 de enero y 20 de marzo (50 cuencas + río Rímac)	512,496	99,425	6 706	4 973
② Total de daños reportados entre el 30 de enero y 20 de marzo (otras cuencas)	77,011	15,487	270	2 249
③ Total de daños reportados entre el 30 de enero y 20 de marzo (todas las cuencas) (=①+②)	589,507	114,912	6 976	7 222

Nota: Las cuencas en rojo son las cuencas seleccionadas como prioritarias para ejecutar los proyectos de control de inundaciones según el presente Estudio.
Las cuencas en azul son las tres cuencas donde JICA contempla ejecutar las obras de control de inundaciones con el préstamo de la AOD del Japón.

(2) Conclusiones del análisis comparativo

Con base en los resultados indicados en la Tabla 14.1.20 se puede afirmar lo siguiente.

- Las 6 cuencas prioritarias según la categorización del presente Estudio son también vulnerables, y son particularmente graves los daños de inundaciones en las cuencas de los ríos Ica, Huallaga, Rímac, Mantaro y Piura-Chira. Los daños de inundaciones, deslizamientos y huaycos en la cuenca del río Urubamba son menos evidentes en comparación con las cinco cuencas mencionadas. Sin embargo, si

se considera la gravedad de los daños sufridos en 2010 por las inundaciones de Cusco, se considera recomendable tomar urgentemente las medidas necesarias al igual que las demás cuencas.

- En el caso del río Rímac, donde han sido reportados serios daños de las inundaciones recientes, el presente Estudio arrojó una alta tasa interna de retorno económico (TIRE) por un lado, pero, por otro lado, la magnitud de los daños estimada (promedio anual de reducción de pérdidas) no ha sido necesariamente alta. Esta diferencia se debe a que el análisis del presente Estudio fue enfocado principalmente a las inundaciones y desbordamientos, mientras que los daños reales reportados incluyen una gran cantidad de daños provocados por deslizamientos y huaycos. Por lo tanto, las medidas de manejo de cuencas y control de inundaciones para el río Rímac y otros donde ocurre este tipo de desastres, deben incluir no solo el propio control de inundaciones, sino también el control de deslizamientos y huaycos, como, por ejemplo, el control de avalanchas y deslizamientos en las quebradas, y manejo de los ríos en las cuencas medias y bajas (para la comparación más detallada de los daños de inundaciones del Río Rímac y los resultados del presente Estudio, véase la siguiente sección 14.2.3.).
- Las cuencas de los ríos Pisco, Cañete y Chíncha (San Juan) cubiertas por el Proyecto de Protección de Inundación de las Cuencas de Río en el Área Costera del Perú, financiado con el préstamo de la AOD del Japón a través de JICA, también han sufrido grandes daños de inundaciones.

En la Tabla 14.1.21 se resume la comparación de los resultados de los daños de inundaciones y deslizamientos obtenidos en el presente Estudio, de la evaluación del E/F para el Proyecto de Protección de Inundación de las Cuencas de Río en el Área Costera del Perú y los resultados de la evaluación de los proyectos de control de inundaciones en los tres ríos a través del presente Estudio.

Tabla 14.1.21 Comparación de los daños reales de inundaciones y los resultados de la evaluación de los proyectos de control de inundaciones en las cuencas de los ríos Pisco, Cañete y Chíncha(San Juan)

Ríos	Daños ocurridos entre enero y marzo de 2017				Evaluación de factibilidad como proyectos de préstamo de la AOD del Japón		Evaluación económica de los proyectos de control de inundaciones según el presente Estudio (*2)				
	Personas afectadas		Tierras de cultivo afectadas		(*1)		Promedio anual de beneficios por daños		TIRE	VAN (*3)	
	Número	Orden de prioridad	Superficie (Has)	Orden de prioridad	Promedio anual esperado de reducción de daños	TIRE	Monto	Total Orden	%	Monto	Orden de prioridad
Cañete	33.832	4	1.445	1	S/. 12,3M	55%	S/. 24M	43	17%	S/.14 M	38
Pisco	9.528	12	102	16	S/. 17,8M	27%	S/. 21M	45	26%	S/ 30 M	23
Chíncha (San Juan)	1.308	30	-	-	S/. 20,5M	47%	S/. 20M	48	29%	S/. 29 M	27

*1: Obras para el control de los eventos con período de retorno de 50 años (los beneficios incluyen también la reducción de los daños indirectos [reducción del área bajo riego, pérdidas económicas por el cierre de tráfico]).

*2: Se aplicó el período de retorno de 100 años para el cálculo del promedio anual esperado de reducción de daños, y el período de retorno de 50 años para el cálculo de la TIRE y VAN. Para los beneficios, solo se tomó en cuenta la reducción de los daños directos.

*3: Valor calculado aplicando una tasa de descuento social de 10 %.

De esta manera, se reportan los daños en cada una de las tres cuencas (Pisco, Cañete y Chíncha) seleccionadas para el proyecto financiado con el préstamo AOD del Japón, en el que ya se terminó de seleccionar el consultor para el diseño detallado. Se observa también que estas tres presentan un número real de personas afectadas muy elevado entre las 159 cuencas. Por tanto, se posicionarían como cuencas en las que se deberá avanzar rápidamente la implementación de los proyectos de control de inundaciones.

14.1.9 Comparación de los resultados del análisis de inundaciones del río Rímac según el presente Estudio y los daños reales

El exceso de lluvias de este año ha provocado numerosos daños en la cuenca del río Rímac, pero en términos del promedio anual esperado de reducción de daños por las inundaciones, estos han sido relativamente reducidos en comparación con los de otras cuencas. Una de las razones sería que en el presente Estudio no está incluidos los impactos de los huaycos que ocurrieron en los pequeños y medianos afluentes del río Rímac. A continuación se resumen los daños recientes reportados en esta cuenca.

(1) Resumen del reporte de INDECI sobre los desastres en el río Rímac

Los daños de la cuenca del río Rímac, según el Informe de Emergencia No. 318 de INDECI (20 de marzo de 2017) se resumen en la Tabla 14.1.22.

Tabla 14.1.22 Desastres reportados en la cuenca del río Rímac según INDECI

Fecha y hora	Lugares	Descripción	Otras informaciones y principales medidas tomadas
14 de enero de 2017 (*2)	Lurigancho-Chosica Chaclacayo	Huaycos y deslizamientos. Viviendas y establecimientos públicos fueron afectadas.	Se ejecutó la evaluación de daños.
15 de enero (*1)	Santa Eulalia	Desastres en las diez quebradas en la cuenca alta de Santa Eulalia y en Buenos Aires. No se reportaron fallecidos ni lesionados. Cierre del tráfico por los sedimentos.	Eliminación de los sedimentos acumulados sobre los caminos utilizando maquinarias pesadas por los gobiernos departamentales y locales. Ejecución de actividades de protección de los habitantes locales.
16 de enero (*1)	Ricardo Palma	Desastres en las cinco quebradas. No se reportaron fallecidos.	No hubo cierre de tráfico por los sedimentos. Atención a los lesionados, y asistencia a los centros de salud, etc.
25 de enero (*2)	Chaclacayo Punta Hermosa	Huaycos en las quebradas Mariscal, Rosario, Santo Domingo, La Cantuta, Corrales, Carosio, Pedregal, Nicolás de Piérola, California y Media Luna.	Eliminación de los sedimentos en los ríos Huaycoloro, etc.
27 de enero (*1)	Surco	Huayco en el kilómetro 67 entre Matucana – Tornamesa.	Se ejecutó el control del tránsito. Inicio de eliminación de sedimentos.
	Huinco	El huayco afectó el tráfico en los caminos comunitarios de Laraos, Huanza, Huachupampa, San Pedro de Cata y San Juan.	Se ejecutó el control del tránsito.

Fecha y hora	Lugares	Descripción	Otras informaciones y principales medidas tomadas
	Gorgor	El huayco afectó el camino a la altura del km 32,8 por 50 metros.	Se ejecutó el control del tránsito.
	Viñac	El huayco afectó el camino comunitario a la altura del kilómetro 78,4.	Se ejecutó el control de tránsito.
16 de marzo (*1)	Lachaqui	El huayco afectó el camino comunitario y las viviendas.	Cierre de tráfico Se ejecutó la evaluación de daños.
	Santa Rosa de Quives	El huayco ocurrido cerca del Centro Poblado de Trapiche afectó el camino comunitario y las viviendas.	
17 de marzo (*1)	San Isidro	Ocurrencia de desastres.	Se inició la operación de albergues para los damnificados.
18 de marzo (*1)	Huinco Santa Eulalia	El huayco arrastró los sedimentos al río Rímac provocando la elevación del nivel de agua.	Emisión de alerta a los distritos ribereños del río Rímac. Ejecución de obras preventivas.

Fuentes: *1: Informe de Emergencia No. 318, 2017/3/20, INDECI

*2: Informe de Emergencia No. 125, 2017/2/06, INDECI

De esta manera, los principales desastres reportados consisten además de las inundaciones del curso principal del río Rímac ocurridas los días 17 y 18 de marzo, en los huaycos de las quebradas o las inundaciones que arrastran los sedimentos.

(2) Identificación de los tramos desbordados del río Rímac

Se compararon los tramos desbordados del curso principal del río Rímac en los días 17 y 18 de marzo según el informe de INDECI y otras informaciones encontradas en Internet, y los tramos identificados como susceptibles a desbordarse según el modelo RRI (programa de análisis de inundaciones) y el modelo bidimensional de régimen variable del presente Estudio. Los resultados se muestran en la Tabla 14.1.23.

Tabla 14.1.23 Tramos desbordados del río Rímac en marzo de 2017 y los tramos vulnerables según el presente Estudio

Distancia (km) desde la desembocadura	Margen izquierda Altura del dique (m)	Margen derecha Altura del dique (m)	Profundidad máxima Altura del lecho (m)	Ancho del cauce (m)	Nivel de agua calculado (m)	Caudal calculado (m ³ /s)	Puntos de cálculo de agua vertiente	Tramos desbordados en marzo de 2017	Observaciones
1	8,14	8,13	3,91	82	7,0	694,9			
2	14,57	15,02	7,96	100	11,5	690,1			
...									
5	42,61	46,36	32,84	82	36,5	674,9			
...									
10	114,25	104,04	96,24	84	100,5	658,6			
...									
14	161,60	164,81	156,70	56	160,6	644,0		**	La ribera izquierda del Parque la Muralla (lado del parque) es baja.
15	174,72	172,14	165,84	72	169,8	640,1			
...									
20	238,20	241,40	227,37	78	230,5	616,7			
...									
25	321,24	321,62	316,70	180	319,0	597,0			

Distancia (km) desde la desembocadura	Margen izquierda Altura del dique (m)	Margen derecha Altura del dique (m)	Profundidad máxima Altura del lecho (m)	Ancho del cauce (m)	Nivel de agua calculado (m)	Caudal calculado (m ³ /s)	Puntos de cálculo de agua vertiente	Tramos desbordados en marzo de 2017	Observaciones
...									
29	383,07	383,46	380,61	70	383,3	582,1	*	**	En el distrito de Huachipa, los diques de ambas márgenes son bajos.
30	404,94	397,89	395,13	114	397,7	577,4			
...									
35	487,89	487,16	480,67	192	482,6	555,1			
...									
38	531,99	531,38	529,95	102	532,0	545,3	*		
...									
40	568,99	570,71	563,51	118	565,8	537,6			
...									
45	658,83	660,70	655,08	60	658,7	516,2			
...									
48	713,86	714,63	711,82	32	715,3	507,0	*		
49	734,73	734,71	733,90	42	736,3	503,8	*		
50	760,15	761,00	755,32	48	758,9	500,4			
...									
55	869,92	868,37	863,84	72	866,9	488,4			
56	893,19	889,92	885,14	72	887,5	486,1		**	Desbordamiento parcial en las orillas bajas
57	912,96	914,58	909,61	32	913,4	483,8	*	**	Ancho reducido del cauce
60	1004,10	1001,04	994,24	40	996,9	129,2			

Notas:

- *1: Datos de altitud y de la sección de los ríos: Preparados con base en los datos satelitales 2mDSM adquiridos por el presente Estudio (intervalos de 1 km)
- *2: Caudal: Estimado con base en el modelo RRI en función de los límites geográficos (cuena alta, afluentes). Los resultados arriba indicados son del caudal de 100 años de probabilidad
- *3: Modelo hidráulico utilizado: modelo unidimensional de régimen variable (MIKE11)

Los resultados de la comparación muestran que el desbordamiento en los kilómetros 29 y 57 fue tal como estaba calculado, pero en los kilómetros 14, 48, 49 y 56 el resultado real fue diferente del cálculo. A continuación se muestra el resultado de la verificación sobre la diferencia entre el resultado real y el resultado calculado.

- En el kilómetro 14 el agua se desbordó, en realidad, solamente en el punto del Parque La Muralla (recinto del parque de cota baja que puede considerarse parte del canal) y el agua desbordada no llegó a la zona edificada.
- Los kilómetros 38, 48 y 49 fueron puntos del área protegida por el dique con la cota más alta que la altura de la orilla, por los que el agua desbordada no llegó a la zona edificada. También el desbordamiento en RRI fue limitado, en una parte de la ribera.
- En el kilómetro 56 el agua se desbordó parcialmente por una orilla parcialmente baja. En este desbordamiento no ocurrió un daño grande en la zona edificada por la cantidad reducida del agua desbordada.

Como se ha mencionado arriba, aunque hay una diferencia parcial en los datos de la altura del terreno basados en los datos obtenidos mediante un análisis vía satélite, como se ha mencionado en el inicio del presente apartado, el resultado del análisis de inundaciones y desbordamientos del presente Estudio y el fenómeno real coinciden en su mayoría.

(3) Características de los desastres del río Rímac y lineamientos de las futuras medidas

De esta manera, las inundaciones ocurridas en el curso principal en marzo de 2017 no difieren con los resultados del análisis de desbordamiento realizado en el presente Estudio. Sin embargo, los daños reales de los desastres fueron mucho mayores que los daños estimados en el Estudio. Las principales razones de esta diferencia son las siguientes.

- Los huaycos de las quebradas constituyen una parte importante de los daños de desastres sufridos, los cuales no fueron contabilizados como beneficios del proyecto de control de inundaciones en el presente Estudio (véase la Tabla 14.1.22.)
- Los daños de las inundaciones incluyen los daños sufridos por las viviendas ubicadas en las riberas, causados por la socavación de las riberas.

Por lo anteriormente expuesto se concluye que es urgente ejecutar el proyecto de control de inundaciones en los tramos del río Rímac donde la sección hidráulica es reducida considerando que en esta cuenca se concentran viviendas e infraestructuras importantes (carreteras y vías férreas) a diferencia de otras cuencas.

- ✓ Adicionalmente, se requiere realizar obras de prevención de huaycos en las quebradas que cruzan las áreas densamente habitadas o los caminos importantes. Estas obras incluyen la estabilización de cauces y riberas, presas de control de sedimentos, mallas contra caída de rocas, etc.
- ✓ Implementar el sistema de alerta temprana de huaycos para proteger la vida humana y los bienes importantes.

14.2 Identificación de los desafíos con base en los resultados del Estudio y recomendaciones

A continuación se resumen los desafíos y los retos relacionados con las actividades y obras de control de inundaciones en el Perú con base en los resultados del estudio sobre la situación actual del sector público en materia de control de inundaciones indicados en el Capítulo 2, el análisis realizado en los Capítulos 3 al 11, así como los resultados del estudio descritos en el apartado 13.1 de este Capítulo del presente Informe Final (I/F), incluyendo el análisis de inundaciones y desbordamientos para el proyecto de control de inundaciones.

14.2.1 Necesidad de formular urgentemente un plan de control de inundaciones y de organizar la información

(1) Necesidad de organizar información sobre los daños históricos de inundaciones, los planes existentes y el avance de los proyectos de control de inundaciones

(a) Situación actual

La región norte del Perú ha sido azotada por grandes inundaciones causadas por el fenómeno de El Niño en las décadas de los ochenta y noventa, y hasta la fecha han sido ejecutados diversos proyectos de control de inundaciones en los ríos.

Con el fin de reducir los daños de las repetidas inundaciones, en el decenio 1999-2009 fue ejecutado el Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructura de Captación (PERPEC), que consistió en la ejecución de obras de control de inundaciones en los ríos de todo el país para proteger las áreas anegables (monto de inversión: 126 millones de US\$). Estas obras públicas fueron ejecutadas y supervisadas por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) hasta 2006. Posteriormente, este Instituto fue reestructurado en el marco de la descentralización, y dos años después de su segmentación, en 2008, fue creada la ANA.

Del mismo modo, el antiguo Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI) que existía hasta 2011 fue sustituido por el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). De esta manera, y a raíz de la descentralización de la gestión pública, hasta ahora no existía un esquema en el que una sola institución a cargo del control de inundaciones ejecute los proyectos a su responsabilidad y de manera sostenible.

Actualmente, la ANA es el organismo rector que tiene a su cargo gestionar las obras de control de inundaciones como parte de la gestión de los recursos hídricos. A través de las AAAs y ALAs, que son las autoridades a nivel local, la ANA está llevando a cabo los estudios básicos de control de inundaciones, e incluso está ejecutando algunos de los proyectos.

(b) Recomendaciones

Dentro del contexto mencionado anteriormente, hasta ahora no había una institución responsable de gestionar y archivar los datos e información sobre los proyectos elaborados y ejecutados y sobre los daños de las inundaciones del país. Como consecuencia, se identificaron los siguientes desafíos y retos para ejecutar los futuros proyectos de control de inundaciones en el país.

- Se desconocen cuáles son los ríos protegidos y sus tramos específicos;
- Se desconocen cuáles son los ríos que cuentan con su plan de control de inundaciones, así como su magnitud, nivel y grado de precisión;
- No existe una única entidad a cargo de gestionar, organizar y archivar la información y los datos sobre las inundaciones ocurridas (en qué río y en qué magnitud). Por lo tanto,

- no es posible comparar y analizar los riesgos de las inundaciones en el ámbito nacional.

La ANA cuenta con la Oficina del Sistema Nacional de información de Recursos Hídricos (OSNIRH) que se encarga de centralizar la información y los datos institucionales. Actualmente esta oficina maneja los datos e información referentes a la gestión de los recursos hídricos, no así todavía los datos de control de inundaciones (información sobre los planes elaborados y el avance de los proyectos).

En adelante, OSNIRH necesitará resumir la información sobre el control de inundaciones de todo el Perú incluyendo proyectos de control de inundaciones disponibles para diferentes departamentos de la ANA y las ALAs de todo el país. De este modo, va a ser posible comparar y evaluar los riesgos de inundaciones a nivel nacional y, consecuentemente, "visibilizar" la necesidad de los proyectos y el orden de prioridad de las diferentes actividades. A continuación se presenta un ejemplo sencillo de organización y visibilización de la información sobre el control de inundaciones, incluyendo las medidas a tomarse.

Variables	Río A	Río B	Río C	...
Área de la cuenca	XXX km ²	XXX km ²	XXX km ²	...
Longitud total del curso	XX km	XX km	XX km	...
Magnitud del plan de control de inundaciones	Área urbana 100 años Área rural 50 años	Área rural 50 años	Sin un plan elaborado	...
Caudal de inundaciones de diseño	Tramo A-1: 10.000 m ³ /s Tramo A-2: 8.000 m ³ /s Tramo A-3: 5.000 m ³ /s	Tramo B-1: 1.000 m ³ /s Tramo B-2: 750 m ³ /s Tramo B-3: 300 m ³ /s	Sin un plan elaborado	...
Obras de regulación de caudal (capacidad de control de inundaciones)	Presa D1 (100CCM) Presa D2 (100CCM) Embalse retardador D3 (50CCM)	Embalse retardador B-4 (70CCM)	-	...
Tramos protegidos y obras existentes	Tramo A-1: 20km Tramo A-2: 15km Tramo A-3: 0 km Presa D1 Embalse retardador D3	Tramo B-1: 10 km Tramo B-2: 5 km Tramo B-3: 3 km	-	...
Tramos no protegidos	Tramo A-1: 0 km Tramo A-2: 5km Tramo A-3: 30 km Presa D2 (A ser terminada en 20XX)	Tramo B-1: 10 km Tramo B-2: 10 km Tramo B-3: 0 km Embalse retardador B-4	-	
Daños de inundaciones en el pasado	Fecha: XX de XX de 198X Fallecidos: 25 Afectados: 120.000 habitantes Pérdida económica: S/. 23 millones	Fecha: XX de XX de 198X Fallecidos: 5 Afectados: 5.000 habitantes Pérdida económica: S/. 20 millones	Fecha: XX de XX de 200X Fallecidos: 0 Afectados: 1.000 habitantes Pérdida económica: Se desconoce	

Variables	Río A	Río B	Río C	...
	Fecha: XX de XX de 199X Fallecidos: 10 Afectados: 60.000 habitantes Pérdida económica: S/. 10 millones	Fecha: XX de XX de 201X Fallecidos: 0 Afectados: 25.000 habitantes Pérdida económica: S/. 15 millones	Fecha: XX de XX de 201X Fallecidos: 5 Afectados: 2.000 habitantes Pérdida económica: S/. 5 millones	...
			Fecha: XX de XX de 201X Fallecidos: 3 Afectados: 3.000 habitantes Pérdida económica: S/. 8 millones	

Fuente: Equipo de Estudio

Figura 14.2.1 Lista sistematizada para la visibilización de la información sobre el control de inundaciones" (propuesta)

(2) Necesidad de elaborar rápidamente planes de control de inundaciones

(a) Situación actual

Como se indicó anteriormente, la ANA y las entidades relevantes deberán impulsar la "visibilización de la información sobre el control de inundaciones incluyendo las medidas a tomarse". Sin embargo, hasta ahora no existe un plan de control de inundaciones de las cuencas en general aprobado y consentido por los principales actores locales en la mayoría de los ríos, con un mapa de ruta indicando de qué modo se va concretar los proyectos para reforzar el control de inundaciones.

(b) Recomendaciones

La ANA deberá formular brevemente el plan maestro de control de inundaciones para las cuencas de los ríos seleccionados con base en los resultados del presente Estudio y tomando en cuenta la frecuencia de ocurrencia de inundaciones, y ejecutar el estudio de factibilidad de los ríos o tramos más prioritarios.

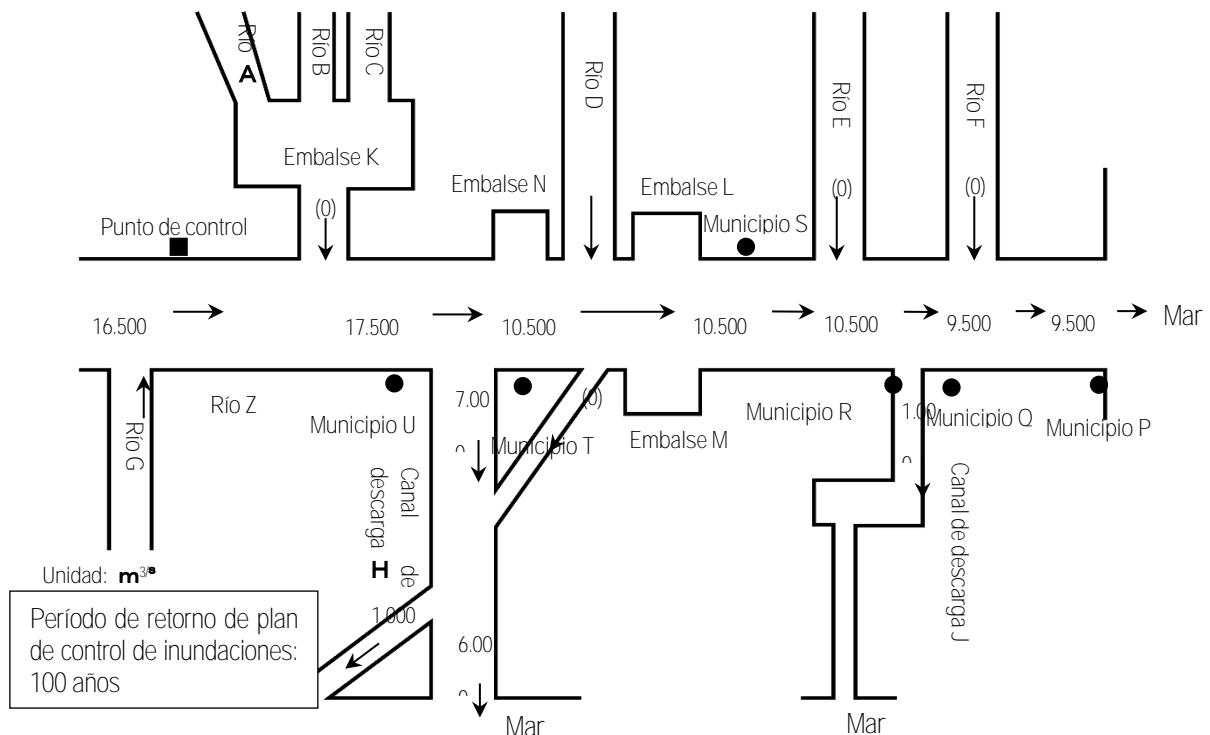
El plan de control de inundaciones de cada una de las cuencas deberá incluir la información especificada en la Tabla 14.2.1, y para la definición del caudal de crecida de diseño se deberá elaborar el mapa de distribución del caudal de diseño, como el que se muestra en la Figura 14.2.2.

Tabla 14.2.1 Información mínima necesaria que debe incluirse en el Plan Maestro de Control de Inundaciones

Temas	Información a ser incluida (ejemplo)
Descripción de la cuenca	<ul style="list-style-type: none"> ● Área de la cuenca, bienes existentes, población, principales afluentes, longitud total del curso, etc. ● Nombre de la entidad administrativa donde existe la cuenca, clima, topografía, geología, patrones del uso de las tierras
Antecedentes de los proyectos de control de inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Proyectos de control de inundaciones ejecutados (tramos, costo del proyecto, principales estructuras de control)
Descripción de las inundaciones ocurridas	<ul style="list-style-type: none"> ● Fechas de ocurrencia, precipitación, caudal, daños

Temas	Información a ser incluida (ejemplo)
Análisis de la crecida de diseño	<ul style="list-style-type: none"> ● Magnitud del plan de control de inundaciones ● Resultados de la precipitación probable, cálculo de descarga (metodología y modelos utilizados), cálculo del caudal probable ● Determinación del caudal máximo de la crecida de diseño (incluyendo la evaluación de la relevancia)
Plan de manejo de crecida	<ul style="list-style-type: none"> ● Determinación del caudal a ser manejado mediante las obras fluviales (construcción de diques, ampliación y excavación de cauce) y del caudal a ser manejado por las obras de regulación del caudal de la cuenca (presas, embalses, canales de descarga, etc.)
Caudal de crecida de diseño	<ul style="list-style-type: none"> ● Mapa de distribución del caudal incluyendo el de los afluentes (véase la Figura 14.2.2)
Diseño de cauce	<ul style="list-style-type: none"> ● Información básica de mejoramiento fluvial (tramos, principales municipios, distancia hasta la desembocadura, nivel de crecida de diseño, anchura necesaria, altura del lecho de diseño (pendiente longitudinal, sección estándar de mejoramiento de cauce, etc.)
Disponibilidad de las instalaciones de manejo de ríos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidad de diques ● Disponibilidad de las obras de regulación de la crecida (presas, embalses) ● Disponibilidad de otras obras de control de inundaciones y prevención de desastres (estaciones de bombeo para drenaje, sistema de alerta)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio con base en la "Política Fundamental de Gestión de Ríos" del Japón, etc.



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio con base en la "Política Fundamental de Gestión de Ríos" del Japón, etc.

Figura 14.2.2 Distribución del caudal de diseño a ser indicada en el Plan Maestro de Control de Inundaciones

(3) Necesidad de considerar la inclusión de medidas contra deslizamientos de tierra en las directrices para la prevención de inundaciones

(a) Situación actual

Los daños de las inundaciones ocurridas en el Perú incluyen las inundaciones de las cuencas medias y bajas y los deslizamientos de tierra (huaycos, etc.) que ocurren en las laderas acentuadas de las cuencas altas. Si bien es cierto que los daños de estos segundos son menores en comparación con las inundaciones, estos fenómenos ponen directamente en riesgo la vida humana y pueden producir daños

destructivos de las viviendas, caminos y otras infraestructuras.

En el período (del 30 de enero al 20 de marzo de 2017) en el que cayeron intermitentemente fuertes lluvias originadas por El Niño, ocurrieron muchas inundaciones y huaycos en varios lugares del Perú. En la Tabla 14.3.2 se muestra el resultado del resumen de los desastres ocurridos en dicho período (del 30 de enero al 20 de marzo de 2017) basándose en los informes de desastres de INDECI.

Tabla 14.2.2 Resumen de los daños de inundaciones y de deslizamientos ocurridos entre el 30 de enero y el 20 de marzo de 2017

Tipo de desastres	Proyectos	Personas fallecidas	Daños					Subsidios para la rehabilitación (S/. millones)
			Número de familias (hogares)	Número de habitantes (personas)	Número de viviendas	Distancia del camino (km)	Tierras de cultivo (ha.)	
Inundaciones, lluvias	41 (49%)	4 (5%)	2 961 (21%)	150 187 (21%)	34 182 (22%)	153 (2%)	1 744 (22%)	105.35 (23%)
Deslizamientos y lluvias	23 (27%)	48 (55%)	77 (1%)	5 358 (1%)	1 119 (1%)	68 (1%)	43 (1%)	50.11 (11%)
Inundaciones y deslizamientos (combinado)	20 (24%)	36 (41%)	11 183 (79%)	561 492 (78%)	122 584 (78%)	6 784 (97%)	6 287 (78%)	305.82 (66%)
Total	84 (100%)	88 (100%)	14 221 (100%)	717 037 (100%)	157 885 (100%)	7 005 (100%)	8 073 (100%)	461.28 (100%)

Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio con base en el informe de daños de INDECI

Como se observa en la Tabla 14.2.2, mientras que el número de personas y familias afectadas es mayor en las inundaciones debido a la extensión del evento una vez ocurrido, el número de ocurrencia es mayor en los deslizamientos que las inundaciones. También la extensión del camino damnificado y la superficie agrícola damnificada son mayores en las “inundaciones”, que tienden a afectar un área amplia. Por otra parte, el número de muertos es abrumadoramente mayor en los “huaycos”, caracterizándose como desastres proclives a causar fácilmente daños críticos que amenazan la vida humana, a pesar de que el área afectada es limitada en comparación con las inundaciones.

(b) Recomendaciones

Como se indicó en el apartado (a) "Situación actual", se considera necesario no solo tomar las medidas de control de inundaciones, sino que al mismo tiempo se debe reducir los riesgos de deslizamientos en la cuenca alta. Estas medidas deben consistir no en las medidas posdesastre, sino que se debe elaborar el Plan de Manejo de Sedimentos o el Plan de Control de Deslizamientos (en Japón se denomina “Plan de Control de Sedimentos”) en la cuenca alta combinado con las medidas de control de inundaciones que se tomen en las cuencas media y baja. La elaboración del plan de reducción de los riesgos de deslizamientos constituirá un elemento que se debe incluir en el "Plan de Control de Inundaciones que se debe elaborar en brevedad en cada una de las cuencas", como se indicó en el apartado precedente. El plan concreto del futuro control de inundaciones se muestra, junto con los problemas, en el apartado 13.3.3 del Capítulo 13 del presente Informe: “Evaluación de los huaicos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas”. Habrá que elaborar, tomando dichos planes como referencia, proyectos de mitigación de daños por cada cuenca

paralelamente a los proyectos del control de inundaciones.

(4) Necesidad de creación de métodos para la estimación de los beneficios indirectos de los proyectos de control de inundaciones

(a) Situación actual

En el presente Informe, los beneficios necesarios para la evaluación económica de los proyectos de control de inundaciones han sido estimados por diferencias de los siguientes cuatro (4) daños entre “con proyecto de control de inundaciones” y “sin proyecto de control de inundaciones”;

- Daños a casas y enseres de casa;
- Daño agrícola;
- Daño a infraestructura pública; y
- Daño debido a las pérdidas económicas de las personas afectadas

(b) Recomendaciones

Otros beneficios directos e indirectos tomando en cuenta los daños sucesivos deberían ser considerados:

- ◆ Pérdidas operativas de negocios comerciales e industrias;
- ◆ Pérdidas económicas debido al tráfico paralizado por inundación en caminos troncales;
- ◆ Pérdidas sociales en educación y oportunidades debido al daño de infraestructura pública;
- ◆ Gasto del gobierno debido a operaciones de emergencia por desastres de inundación de los gobiernos locales, INDECI, Policía y/o fuerzas armadas; y
- ◆ Pérdidas debido al sufrimiento humano incluyendo muertes, heridos y/o otros causas.

Actualmente, en los lineamientos preparados por el MEF (Anexo CME 25), estos beneficios están detallados como beneficios a ser considerados por la evaluación económica para los proyectos de control de inundaciones.

Por lo tanto, es recomendable también que un manual de cálculo sea preparado para presentar cómo son estimados estos beneficios basados en los resultados de investigaciones y recopilaciones de datos a ser reunidos en el evento de una inundación de gran escala.


14.2.2 Retos para el manejo apropiado de un río

(1) Necesidad de Fortalecimiento de la Regulación del Desarrollo en zonas de Planicies Inundables y Riveras de Ríos

(a) Situación actual



Durante el reconocimiento en campo ejecutado como una parte integral del presente Estudio, se ha visto que varias cuencas se han convertido en el escenario del desarrollo económico.

Por ejemplo, durante el reconocimiento en campo en la cuenca del río Mantaro, el Equipo de EstudioEquipo de Estudio observó que actualmente se está construyendo viviendas en el área anegable (tierra baja a lo largo del río que se inundaría inmediatamente cuando ocurre el desbordamiento de agua) al comparar con la imagen tomada de Google Earth (véase la foto).

 <p>Viviendas construidas en el área anegable</p>	Ítem	Deg.	Min.	Sec.	Ele.
	Lat	12	3	59.43	3217.2
	Lon.	75	14	22.631	
	<p>Comment: According to ALA, these houses constructed by Informal Settlers.</p>				

Fuente: Equipo de Estudio

Figura 14.2.3 Viviendas construidas en el área anegable a lo largo del río

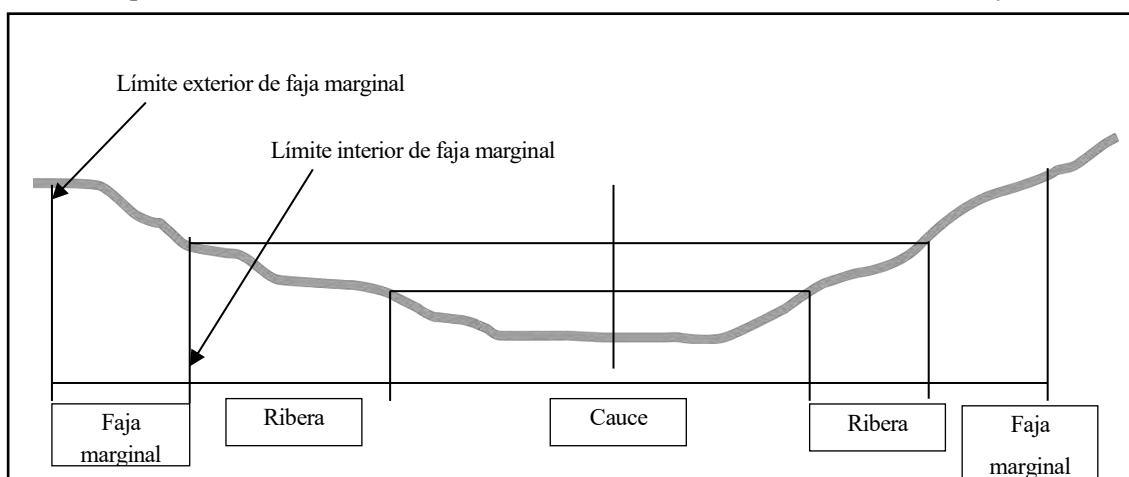
Años	Imagen de Google Earth del río Mantaro en el distrito de Huamancaca
<p>Década de los 70</p> <p>No existen viviendas en el área anegable.</p>	
<p>2005</p> <p>Se inició la construcción de varias viviendas en el área anegable.</p>	



Fuente: Imagen de Google Earth

Figura 14.2.4 Ejemplo del desarrollo del área anegable a lo largo del río en los últimos años

Estas riberas son o deben ser designadas como fajas marginales según la definición de la ALA (áreas que deben ser protegidas como zona fluvial), y desde el punto de vista del control de inundaciones, son zonas importantes en el caso de construir las obras de defensa contra inundaciones incluyendo los diques.



Fuente : ANA

Figura 14.2.5 Faja marginal donde se debe restringir el desarrollo, tomando en cuenta la posibilidad de ejecutar un proyecto de control de inundaciones en un futuro

(b) Recomendaciones

Se ha identificado a través de observaciones de campo que las planicies de inundación a lo largo del curso de diferentes ríos, en donde la ubicación de diques o de un canal para aguas de inundación cumpliría el rol de ser parte del río durante una inundación, han sido ocupadas o desarrolladas. El desarrollo de la planicie de inundación a lo largo del canal del río causará efectos adversos e incrementará el riesgo de desastres de la siguiente manera:

- Riesgos a larga escala se generaran en las llanuras aluviales desarrolladas en donde habita el hombre y hay bienes y propiedades. En estas llanuras aluviales ocurren con frecuencia inundaciones a larga escala
- El desarrollo sin un plan de control de inundación en una llanura aluvial y/o a lo largo de las

partes bajas de las riberas del río dificultará una descarga propia del flujo. De tal manera que actividades no planificadas que hacen que se reduzca el ancho del río causarán nuevas áreas inundables o incrementarán el riesgo en otras. Adicionalmente, la velocidad del flujo podrá también incrementar el daño por erosión y socavación a lo largo de los lados del río.

Con relación a este tema, la ANA y AAA/ALA deberían inmediatamente preparar la zonas de río autorizadas o formular un plan de control de inundaciones y de mejoramiento del canal del río basado en un apropiado flujo de descarga, ancho de río o corte transversal estándar en cada uno de los tramos del río.

(2) Necesidad de conservación de zonas pantanosas y zonas bajas en la cuenca del río como extensiones para aliviar el exceso de volumen de descarga de inundación

(a) Situación actual (resultados del Estudio)

Habría que estudiar planes de canales y cuencas básicamente para mantener en adelante los terrenos pantanosos y llanos bajos que actualmente sirven, de hecho, para reducir la cantidad del agua inundada en canales.

Como se menciona en el punto (2) río Piura del apartado 13.3.2: “Evaluación de las inundaciones y desbordamientos ocurridos entre enero y marzo de 2017 y las políticas de las futuras medidas” del Capítulo 13, el CRHC Chira-Piura ha elaborado un plan de construcción de cuencas retardadoras llamadas “polders” en el curso superior debido a las dificultades en incrementar la capacidad de descarga del canal de la zona edificada de Piura.

(b) Recomendaciones

Las áreas pantanosas o áreas vacantes que juegan un rol de efecto de retardo para las aguas de la inundación en las cuencas de los ríos deberán ser preservadas y mantenidas. Es necesario asegurar un sistema mediante el cual las actividades que tengan un efecto adverso para los planes de control de inundaciones sean indudablemente evaluadas por la ANA/AAA/ALA. Además, en caso de que sea difícil incrementar la capacidad de descarga de los canales del curso bajo (por ejemplo, en caso de que el desplazamiento de viviendas requiera tiempo y recursos enormes) debería estudiarse activamente utilizar dichos terrenos pantanosos y planos bajos a lo largo de canales como polders.

Para avanzar en la creación del sistema de conservación antes mencionado y la construcción de polders, se requiere la formulación de un plan de control (plan maestro) tal como se muestra en la subsección 14.2.1. En los mencionados Planes de Control de Inundaciones para cada cuenca de río, se describirá los siguientes detalles:

- Nivel de protección contra inundaciones y descarga de diseño de cada sección/largo de río;
- Ancho de río necesario;

- Altura de dique necesaria;
- Ubicación de zonas de protección y/o conservación y facilidades para reducir la cantidad del agua inundada en el área del río y elementos del plan;
- Otra información relacionada con el Plan de Control de Inundaciones.

Adicionalmente, estos planes maestros de control de inundaciones deberán ser informados a las agencias concernientes, los gobiernos locales y regionales, así como a otras partes interesadas.

(3) Conducción de las obras apropiadas de mantenimiento del río

(a) Situación actual

En muchas de las cuencas de río localizadas a lo largo de la cadena de los Andes, debido a su abrupta topografía, la producción de sedimentos y su transporte es muy activa. Como ocurre en la cuenca del Chira-Piura, material de sedimento producido en la parte alta de la cuenca es depositado y almacenado en el canal del río en la parte baja de la sección donde la pendiente del río es más suave de tal manera que la velocidad del flujo disminuye. Dicha situación se repite mucho en otras cuencas.

(b) Recomendaciones

En esta situación, la capacidad de carga de flujo del canal del río es debilitada por el material de sedimentos acumulado. Para manejar esta situación, obras de mantenimiento propicias deberán ser llevadas a cabo de manera periódica. También una guía de lineamientos técnicos para el mantenimiento propicio de los ríos, así como el marco para la asignación de presupuesto para el AAA/ALA deberá ser preparada.

Se entiende que el lecho de los ríos de Japón se mantiene en un estado sumamente equilibrado gracias a los esfuerzos ininterrumpidos de los administradores de ríos. En el Perú también es importante trabajar con un control de inundaciones que considere toda la cuenca.

(4) Necesidad de monitorear el impacto del cambio climático sobre la gestión de las cuencas

(a) Situación actual

Como se indicó en el Capítulo 11, la investigación del IPCC y del profesor Ing. Cayo Ramos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) ha realizado la evaluación cuantitativa del impacto del cambio climático al futuro comportamiento de lluvias en el Perú.

(b) Recomendaciones

Se recomienda construir un sistema de monitoreo en el que la ANA y la AAA continúen recopilando información y respaldando de manera sostenible las diferentes investigaciones nacionales e internacionales sobre el cambio climático, a la par de monitorear el impacto del cambio climático al manejo de los ríos. En el caso de detectar un impacto significativo del cambio climático en el comportamiento hidrológico del Perú, va a ser necesario revisar la pertinencia de incorporar dicho

impacto en los planes y en la gestión de los ríos.

En Japón se ha propuesto tomar las siguientes medidas de adaptación al cambio climático en el sector de desastres hídricos, ante la posibilidad de que estos se agraven cada vez más por el aumento de frecuencia de fuertes aguaceros de corta duración y locales y otros fenómenos asociados con el cambio climático¹²:

- ✓ Fortalecimiento de las infraestructuras existentes: Reforzar el funcionamiento del capital existente, a través de la reconstrucción de las presas, construcción, ampliación y reconstrucción del sistema de alcantarillado existente, reservorios, etc.
- ✓ Intensificación de las actividades de operación, mantenimiento y renovación: Dar seguimiento cuidadoso a las condiciones de los ríos y del alcantarillado aplicando la TIC, entre otras. Recopilar información sobre las inundaciones y de las aguas continentales aplicando la tecnología de CCTV, entre otras.
- ✓ Construcción del sistema de control remoto de las compuertas y otras obras: Promover la implementación del sistema de automatización y de control remoto de las compuertas, etc. con el fin de asegurar la operación acertada de estas obras y la integridad del personal operador.
- ✓ Diseño de las infraestructuras con mínima necesidad de reconstruir: Procurar diseñar las obras que minimicen la necesidad de reconstruir en un futuro cuando sea necesario reforzarlas para adaptarse al incremento de la fuerza externa derivada del cambio climático. Esto significa seleccionar el tipo de estructura que facilite la remodelación, construcción de la cimentación sólida, etc. para adaptarse flexiblemente al incremento de la fuerza externa.
- ✓ Estructura de los diques que alarguen el tiempo de colapso: Analizar la estructura de los diques que asegure el tiempo necesario para la evacuación de los habitantes, alargando el tiempo que llega a colapsarse el dique, desde la perspectiva de mejorar la fiabilidad de los diques existentes.
- ✓ Medidas de control de inundaciones que tomen en cuenta el uso actual de las tierras: Promover las medidas de control de inundaciones combinando las medidas estructurales (diques perimetrales, etc.) y no estructurales, escuchando la opinión de la comunidad local y tomando en cuenta el patrón de uso de las tierras.
- ✓ Entrega de información sencilla que promueva la evacuación: Procurar entregar a la comunidad local información fácil de entender sistematizando los datos de gestión de riesgos de desastres y la inminencia de los riesgos, a fin de dar a conocer a la comunidad local los riesgos a los que está expuesta.

En algunos países se están tomando acciones para reflejar el impacto cuantitativo del cambio climático en la gestión de los ríos. Por ejemplo, en el caso de Filipinas, se utiliza una guía de diseño

¹² Plan de Adaptación al Cambio Climático del Ministerio de Tierras, Infraestructura, Transporte y Turismo, noviembre de 2015

(Design Guidelines, Criteria & Standards 2015) que estipula tomar en cuenta un incremento del 10 % de precipitación, y la elevación del nivel del mar de 0,3 metros al elaborar el diseño de las estructuras fluviales.

14.2.3 Retos para la creación de un sistema implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones

(1) Estableciendo un sistema básico de implementación

(a) Situación actual

Conforme la Ley 29338 Recursos Hídricos, la ANA asume la gestión de los recursos hídricos de las cuencas, que incluye la gestión del riesgo de deslizamientos/aluviones, así como la gestión y el control de inundaciones.

Mediante la promulgación del Decreto Supremo No. 001-2010-AG del 23 de marzo de 2010, la ANA ha creado la Autoridad Administrativa de Agua (AAA), Autoridad Local de Agua (ALA), el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC). Las ALAs se establecen bajo la ANA, y asumen la gestión de una a tres cuencas dependiendo de la zona. Además, se contempla crear el respectivo CRHC a nivel de AAA y ALA por iniciativa del respectivo gobierno subnacional.

El Decreto Supremo No. 001-2010-AG del 23 de marzo de 2010 establece el sistema de gestión de las 159 cuencas del país mediante la creación de las Autoridades Administrativas de Agua (AAA), las Autoridades Locales de Agua (ALA) y el Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC) como entidades adscritas a la ANA.

Actualmente existen en total 14 AAAs y 71 ALAs (Autoridad Local de Agua) bajo las primeras, y cada ALA asume la gestión de entre una a tres cuencas dependiendo de la zona. Las ALAs se establecen bajo la ANA, y asumen la gestión de una a tres cuencas dependiendo de la zona. Además, se contempla crear el respectivo CRHC a nivel de AAA y ALA por iniciativa del respectivo gobierno subnacional.

El cargo del director del CRHC es asumido por el gobernador regional o un representante, y el Consejo está integrado por los principales interesados de los recursos hídricos de la cuenca. La ANA formará parte del Consejo para monitorear sus actividades. Para los efectos de la gestión de los recursos hídricos fluviales, la ANA exige a las AAAs y ALAs a elaborar su respectivo plan de gestión de cuenca, someterlo a la consulta del CRHC donde se reúnen los principales interesados locales para escuchar sus opiniones.

(b) Recomendaciones

Como se indicó anteriormente, ya existe un sistema de gestión de cada cuenca. Sin embargo, los problemas para el control de inundaciones son los siguientes:

- No hay un mecanismo concreto para la formulación de planes de control de inundación para ríos que pasen a través de varias AAA's tal como el río Huallaga,
- No hay un sistema de demarcación para una implementación fluida de proyectos de control de

inundaciones entre el ANA, PSI, gobiernos regionales y gobiernos municipales.

Con el propósito de resolver estos temas, resulta imperativo la creación de un mecanismo claro de demarcación de responsabilidades para con los proyectos de control de inundaciones.

(2) Aumento del presupuesto para ejecutar los proyectos de control de inundaciones

(a) Situación actual

Como se indicó en el Capítulo 2, de acuerdo con la información recibida del MEF, en aprox. 13,4 años, desde diciembre de 2002 hasta mayo de 2016, se invirtieron en total S/. 2.949 millones para los proyectos relacionados con los desastres de inundaciones aprobados por SNIP.

(b) Recomendaciones

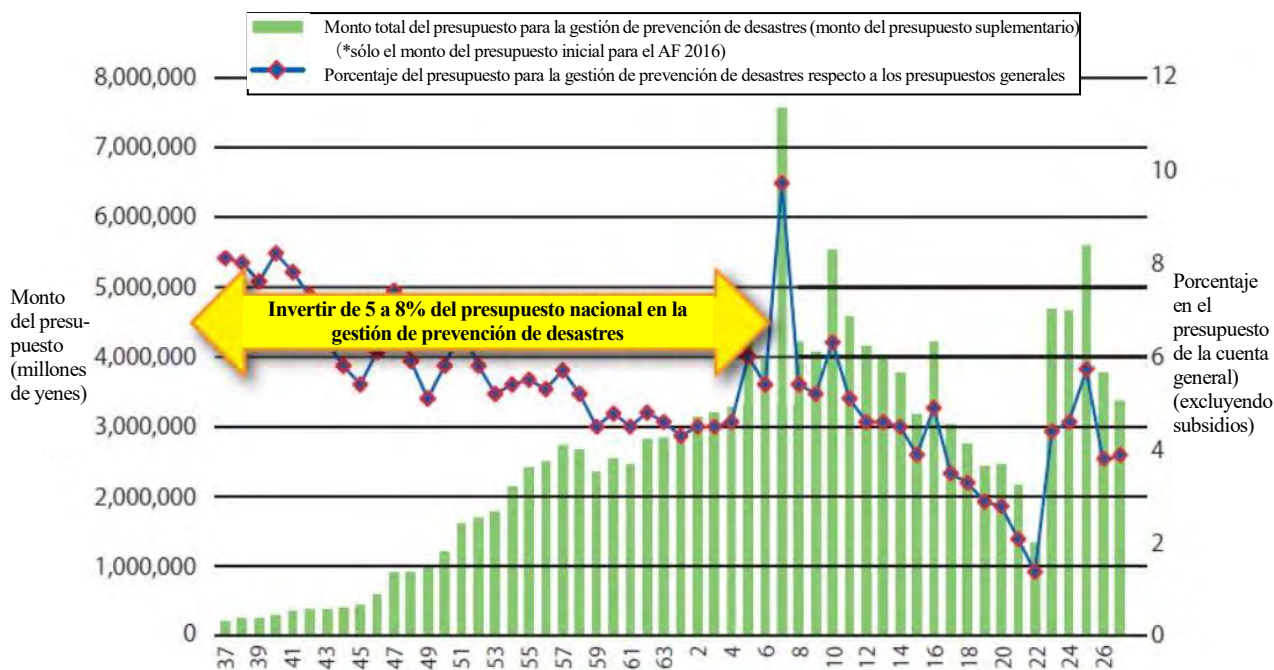
El costo total de los proyectos de control de inundaciones que deben ser ejecutados con mayor prioridad en todo el país según el presente Estudio, se estima en S/. 6.000 millones aproximadamente correspondiente a la probabilidad de 50 años, asumiendo controlar las inundaciones. Este costo total corresponde solamente a los proyectos prioritarios destinados a la reducción de los riesgos de inundaciones, y no se incluyen el costo de elaboración de planes, de los proyectos de rehabilitación posdesastre de emergencia, de reducción de deslizamientos en las cuencas altas, ni del mantenimiento de los ríos incluyendo el dragado, etc.

En comparación con dicho costo estimado, se debe reconocer que el monto invertido en **los últimos trece años aproximadamente, de S/. 3.000 millones** (que se desglosan en S/.200 millones al año), ha sido sumamente poco.

Para los próximos años el Perú deberá ejecutar los proyectos de control de inundaciones como preinversión para la reducción de los riesgos de desastres, sin detenerse solamente en la rehabilitación posdesastre de emergencia y de mantenimiento.

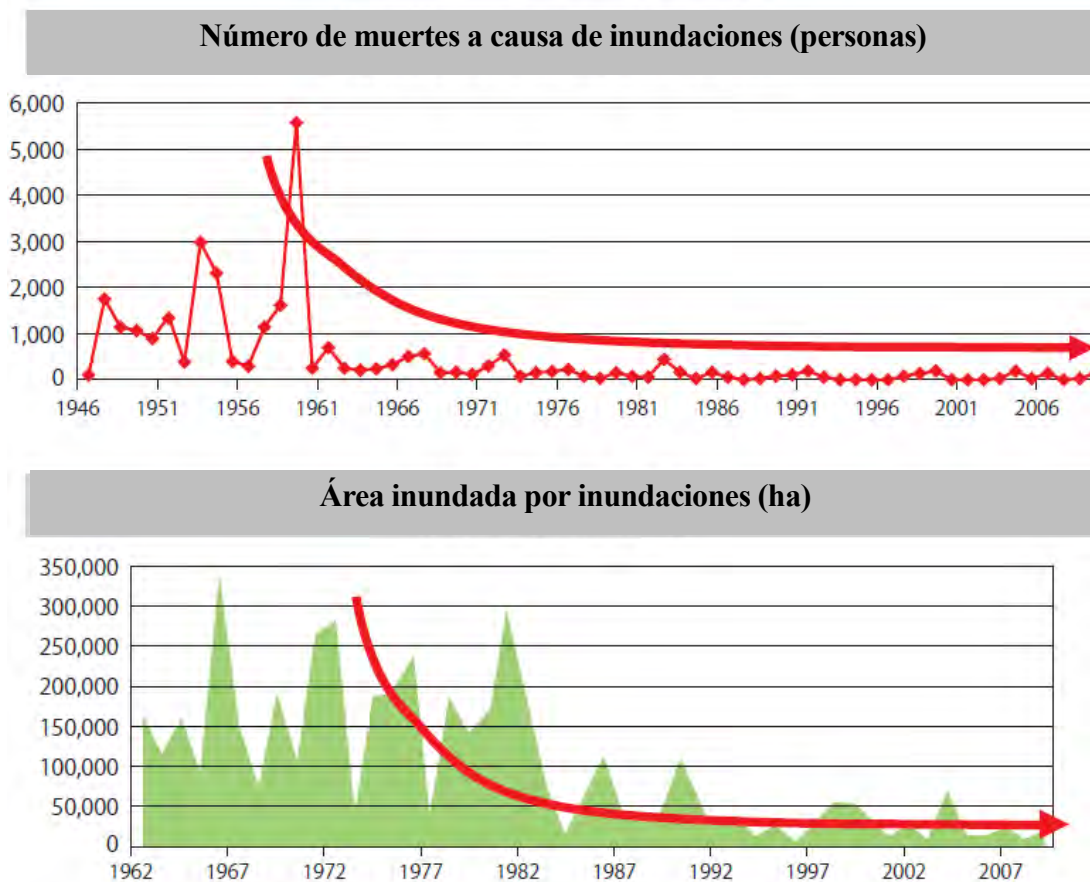
JICA ejecutó el estudio de las políticas e instituciones necesarias para la incorporación de la GRD en el Perú en 2014. En el informe de dicho estudio, se explica cómo Japón ha venido invirtiendo grandes montos para la ejecución de las diversas medidas de gestión de riesgos y como consecuencia ha reducido drásticamente los riesgos, incluyendo la reducción del número de fallecidos principalmente por las inundaciones. Nuevamente en las Figuras 14.3.8 y 14.3.9 se muestran el cambio anual de la inversión en proyectos de reducción del riesgo de desastres y la disminución de daños de inundación en los últimos años de Japón.

El resultado y la relación de dichas 2 figuras muestran claramente que la inversión en la reducción del riesgo de desastres de Japón ha disminuido notablemente el número de muertos y desaparecidos a causa de desastres.



Fuente: Libro Blanco de Gestión de IRiesgo de Desastres, año fiscal 2015, Oficina del Gabinete

Figura 14.2.6 Inversión en la gestión del riesgo de desastres de Japón



Fuente: "Estadística de Daños por Inundación", MTITT

Figura 14.2.7 Cambio anual del número de muertos y la superficie inundada a causa de inundaciones en Japón

(3) Necesidad del desarrollo de capacidades de los gobiernos locales, regionales, AAA y ALA

(a) Situación actual

La mayoría de las obras y actividades relacionadas al control de inundaciones, tales como dragados de río, obras de control de erosión y pequeños trabajos de mitigación, han sido llevadas a cabo por los gobiernos locales y regionales de manera conjunta con la AAAs y las ALAs.

(b) Recomendaciones

Respecto a la situación actual, lo siguiente ha sido observado.

- Obras de mejora del río sin la planificación apropiada;
- Daños a estructuras para el control de inundaciones aparecen inmediatamente luego de ser contruidas; y
- Construcción de infraestructuras públicas que tienen efectos adversos para la inundación.

Estas actividades perjudiciales son el resultado de implementaciones sin conocimientos en términos de ingeniería fluvial y control de inundaciones.

Para resolver estos temas es indispensable mejorar y fortalecer las capacidades respecto a la ingeniería del control de inundaciones en los gobiernos regionales y gobiernos locales, así como en las AAA y ALA. Al mismo tiempo, para materializar las diversas y extensas medidas de control de inundaciones en el Perú dentro del tiempo limitado, es indispensable mejorar la capacidad técnica de los consultores locales. Por lo tanto, se recomienda elaborar guías técnicas para transferir los conocimientos y experiencias técnicas del gobierno central o de los expertos con tecnología avanzada a los gobiernos subnacionales y a los consultores locales, ejecutar periódicamente la capacitación y el intercambio de recursos humanos.

(4) La pronta preparación de lineamientos apropiados para la implementación de proyectos de control de inundaciones bajo el nuevo SNIP

(a) Situación actual

Actualmente el gobierno peruano viene creando el nuevo SNIP. El siguiente paso consistirá en ejecutar los proyectos de reducción de riesgos, incluyendo las inundaciones, en el marco del nuevo SNIP.

(b) Recomendaciones

Actualmente el gobierno peruano viene creando el nuevo SNIP. Basado en las políticas del nuevo SNIP, los lineamientos apropiados y manuales para la implementación propicia de proyectos de control de inundaciones deberán ser preparados inmediatamente según lo referenciado en la subsección 13.2.1.

14.2.4 Cuestiones técnicas sobre la formación de un plan de control de inundaciones

Como se indicó en el apartado 13.2.1, se requiere reforzar la capacidad técnica, incluyendo la elaboración de una guía única de las técnicas y metodologías de análisis para agilizar el proceso de formulación de planes de control de inundaciones en las cuencas que presentan un alto efecto económico de los proyectos. A continuación se plantean dos aspectos que deben ser mejorados en el siguiente paso.

(1) Recolección de data

(a) Situación actual

Datos hidrológicos, tal como el nivel de agua del río y la descarga del río, así como el perfil longitudinal y lateral de la topografía del canal del río, son algunos de los datos básicos para la planificación del manejo del río, de tal manera que es crucial recolectar y manejar esta información de manera propicia. Sin embargo, los datos hidrológicos en Perú están limitados.

(b) Recomendaciones

Es necesario acumular los datos de observación hidrológica, de la sección transversal, perfil longitudinal y los datos topográficos de los ríos. Adicionalmente existen muchos ríos que no cuentan con una estación de observación hidrológica dentro de la cuenca. En cuanto a datos topográficos del río, existen muy pocas cuencas de ríos en donde un estudio periódico de la topografía del río ha sido llevado a cabo. Bajo estas condiciones, la evaluación cuantitativa de la erosión y sedimentación del canal del río se hace difícil. Por lo tanto, la mejora de la red de observación y la mejora en los recursos humanos es necesaria. Cabe recordar que con el fin de conocer detalladamente el comportamiento del arrastre de sedimentos en el curso del río, así como su variación a lo largo del tiempo, se recomienda ejecutar periódicamente el levantamiento transversal y longitudinal del curso del río y el estudio de los materiales de lecho y archivar los datos.

(2) Modelo de análisis de inundación

(a) Adquisición de técnicas de análisis de acuerdo a las características de inundación propia de la cuenca

Situación actual

En el Perú, los análisis de inundación han sido llevados a cabo principalmente usando HEC-RAS, software de análisis hidráulico desarrollado y mantenido por US Army Corps of Engineers, y la ANA también ha realizado los análisis de inundación utilizando el HEC-RAS descritos en el reporte "Tratamiento de Cauces para el Control de Inundaciones", en el que se trabajaron 11 cuencas. En los reportes, el flujo de inundación fue tratado de manera unidimensional. En caso de que el flujo de la inundación con dirección descendente fuera prominente debido a la gradiente empinada, el área de

inundación estaría limitada a lo largo del canal del río; la reproductividad del fenómeno de inundación es buena para el análisis unidimensional. Sin embargo, es difícil de manera precisa reproducir el fenómeno de difusión del agua de inundación en áreas bajas.

Recomendaciones

En el Estudio, el fenómeno de inundación en las cuencas objetivo es analizado utilizando el modelo RRI, el cual ha sido diseñado por ICHRAM en Japón. Como este modelo trata el flujo de inundación de manera bidimensional, se espera que pueda de manera precisa analizar la propagación del área de inundación en la parte baja. Se considera útil que ingenieros de organismos relevantes puedan adquirir las técnicas de análisis bidimensional a través del uso del RRI y/u otro software de modelado bidimensional de análisis hidráulico como el DHI's MIKE 21 para el manejo de inundaciones en el futuro. También en la última versión del HEC-RAS, que salió en el 2016 (versión 5.0 o más nueva), la función para el análisis bidimensional ha sido agregada. El modelo RRI tiene las características mencionadas en el Capítulo 7. Por lo tanto, para elaborar un plan de mejora de los canales, es necesario seleccionar modelos de análisis hidrológico e hidráulico apropiados según las características de la cuenca, el objetivo del análisis, la precisión requerida y facilidades esperadas de control de inundaciones.

(b) Utilización de datos satelitales

Situación actual

En el Perú, que tiene una inmensa superficie de cuencas, acaban de iniciarse actividades de colección y ordenación de informaciones de alta precisión sobre el revestimiento de la tierra y planos de uso de tierra a nivel nacional. El SENAMHI maneja actualmente alrededor de 1,000 estaciones para medir la lluvia en todo el Perú, las que iniciaron a aumentarse en 2010. La densidad de cobertura de estas estaciones no es suficiente para llevar a cabo los análisis hidrológicos e hidráulicos que reflejen la distribución espacial de las características de precipitaciones, como pueden ser lluvias torrenciales locales.

Recomendaciones

En el presente Estudio, se ha utilizado datos obtenidos vía satélite (MODIS), como información de revestimiento de tierra de las cuencas, para reflejar en el análisis la permeabilidad y la dificultad de correr del agua (rugosidad) de la superficie del terreno. En la ANA ya está difundido el uso de ASTER, que son datos topográficos vía satélite, pero es deseable tratar de aprovechar activamente otros datos globales y obtener conocimientos nacionales e internacionales sobre la forma de aprovechar dichos datos y elevar el nivel técnico para el manejo apropiado de los datos. En el presente Estudio, se ha utilizado los datos de precipitación obtenidos vía satélite –GSMaP- para conocer la distribución espacial de precipitaciones en las cuencas, y se han modificado dichas precipitaciones cotejándolas con los datos obtenidos en las estaciones terrestres para aplicarlas en el análisis de la inundación y el desbordamiento. Sin embargo, se requiere que los datos de lluvia obtenidos de estaciones ubicadas en el suelo se hayan utilizado

básicamente para el análisis de precipitaciones e inundaciones debido a la precisión. En este sentido, es necesario aumentar la densidad de las estaciones de lluvia para formular un plan de control de inundaciones mejor y más apropiado. Además, es necesario registrar la precipitación intermitente de por lo menos 10 años más para obtener y mantener datos suficientes para calcular probabilidades de las estaciones creadas a partir de 2010.

(c) Adquisición de técnicas para el análisis cuantitativo de sedimentos

Situación actual

Tal como se indicó en el apartado 3.2.1: "Necesidad de formular urgentemente un Plan de Control de Inundaciones y organización de información", se recomienda elaborar planes de control de inundaciones junto con planes de reducción de los deslizamientos, ya que estos últimos constituyen los desastres ocurridos frecuentemente en el Perú junto con las inundaciones.

Recomendaciones

Básicamente el comportamiento de las aguas de inundación está relacionado de cerca a la dinámica de sedimentos. Para el manejo adecuado de una inundación, el comportamiento de esta debe ser considerado de manera conjunta con el movimiento de sedimentos en la cuenca aunque el fenómeno de inundación fluvial y erosión son enfocados principalmente en este Estudio. Adicionalmente, considerando que desastres relacionados con los sedimentos ocurren de manera frecuente en los afluentes localizados en las montañas de los Andes, entender de manera cuantitativa la ocurrencia, el transporte y las condiciones de sedimentación de estos sedimentos es vital para un manejo integral de los sedimentos en el Perú. Sin embargo, los métodos para el análisis cuantitativo del comportamiento de los sedimentos aún no han sido establecidos en el Perú. Es por esta razón que es deseable poder empezar a aplicar los métodos que son de uso extendido en el exterior para muestrear un valle mientras se confirma la aplicabilidad de los métodos en el Perú. Específicamente se refiere esto al análisis de flujos y procesos de sedimentación de flujos de escombros en el valle y para analizar el flujo de agua en su conjunto y el proceso de transporte de sedimentos en el río. El ejemplo de la aplicación de tecnología japonesa para el primero es Kanako (<http://www.stc.or.jp/10soft/003Eframe.html>), el cual ha sido desarrollado y mantenido por Sabo and Landslide Engineering Center, y para lo último es iRIC (<http://i-ric.org/en/>), el cual ha sido desarrollado y mantenido por la Universidad de Hokkaido. Ambos software pueden ser utilizados de manera gratuita.

(3) Refuerzo de la información histórica de los desastres ocurridos

(a) Situación actual

Perú cuenta con una base de datos de los principales desastres históricos denominada SINPAD a cargo del INDECI. Sin embargo, tal como se indicó en el Capítulo 2, este sistema no está estructurado de tal manera para realizar el recuento del número de damnificados y de las pérdidas económicas según los

desastres. Cuando ocurren desastres relativamente grandes, se elaboran los informes de los daños, especificando textualmente o mediante el uso de tablas sobre las áreas afectadas, profundidad inundada, etc. Sin embargo, de las principales inundaciones ocurridas en los últimos años, solo la inundación en la cuenca Urubamba en 2010 especifica el monto de las pérdidas económicas según sectores.

(b) Recomendaciones

Para diseñar el futuro sistema de gestión de los riesgos de desastres es sumamente importante registrar y archivar concreta y precisamente los daños sufridos en el pasado. Por lo tanto, se recomienda revisar y reanalizar la metodología actual de recopilación, procesamiento y evaluación de los datos de los desastres históricos y, de ser necesario, rediseñar la metodología y la organización del personal. Es igualmente importante registrar los fenómenos naturales observados durante el desastre, junto con los daños sufridos. Estos datos son, concretamente, para el caso de la gestión de ríos, las huellas de la inundación en el curso del río, profundidad y el alcance de las inundaciones en el área anegable, etc. Para la evaluación de estos fenómenos hidrológicos, se recomienda buscar la posibilidad de utilizar la TIC, como, por ejemplo, drones, fotos satelitales, etc.

Tal como se indicó en el apartado 14.2 14.2.1 (1), se recomienda que la ANA, como instituto técnico rector de controlar las inundaciones, coopere con el INDECI y CENEPRED en la recopilación y gestión de esta información.

14.2.5 Implementación de la metodología de sensibilización sobre los riesgos de desastres

(a) Situación actual

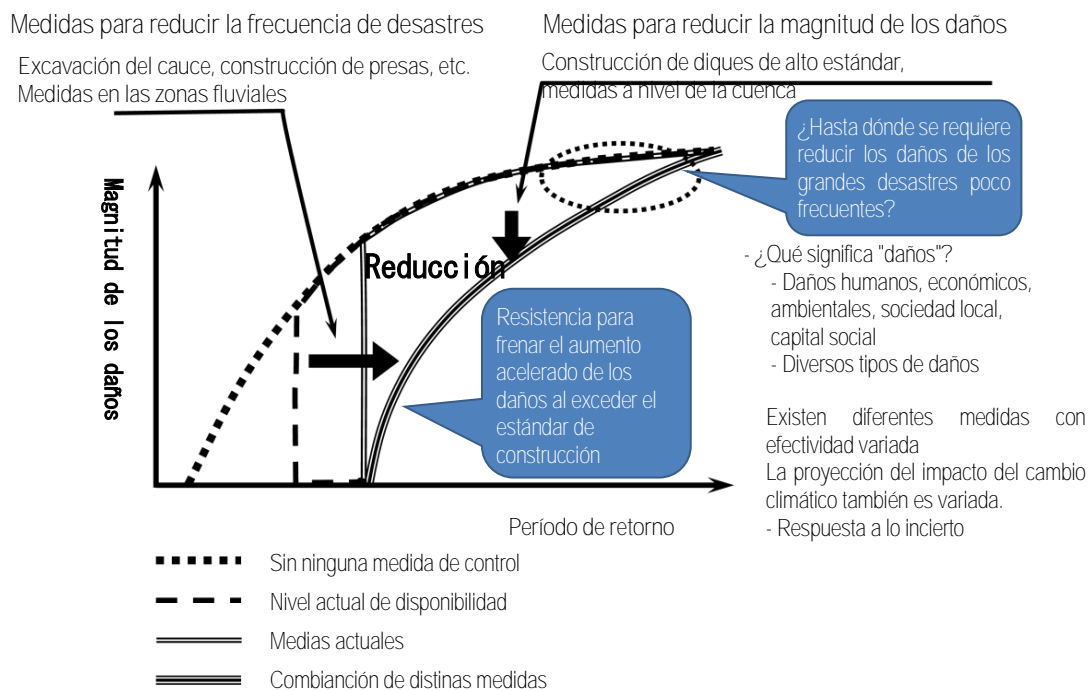
Actualmente, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) realiza la evaluación de los riesgos de desastres en el Perú. Sus operaciones incluyen la identificación de las amenazas, el análisis de la vulnerabilidad ante las amenazas, la elaboración y aplicación de las guías, etc. Sin embargo, en realidad, no existe todavía una metodología de evaluación cuantitativa de los riesgos de desastres de cada región aplicando los indicadores concretos, o de evaluación concreta de la efectividad de los proyectos de gestión de riesgos de desastres implementados.

(b) Recomendaciones

Para la implementación de los proyectos de control de inundaciones apropiados y efectivos es importante identificar concretamente los riesgos latentes de cada zona y los beneficios concretos de los proyectos en términos de reducción de riesgos, y compartir la misma percepción entre los principales actores involucrados. Como herramienta para visibilizar concretamente los riesgos de desastres, se propone aplicar la curva de riesgos¹³ que se muestra en la Figura 14.2..

¹³ Evaluation of Riverrine Flood Risk Reduction by Scenario-vase Analysis for Response of Flood Prevention System to Wide-Scale Floods (Yuki TAKENAKA, Osamu ITAGAKI, Katsuya KOBAYASHI, Atsushi HATTORI, 2015.06)

Por ejemplo, el mejoramiento fluvial, que es una medida que permite agrandar la magnitud de las inundaciones controlables y reducir la frecuencia de la ocurrencia de los daños, y su efectividad es expresada como el desplazamiento de la intersección de la curva de riesgo y la abscisa hacia la derecha. De igual modo, la efectividad de medidas como la evacuación de la población local, control del uso de las tierras, etc., es expresada como la reducción de la inclinación de la curva de riesgos. De este modo, este gráfico permite evaluar de manera integral la efectividad de las diferentes medidas de gestión y reducción de riesgos de desastres en función del indicador de daños (en la ordenada), y como tal es sumamente útil para seleccionar las mejores medidas y su combinación, permitiendo reforzar la visión compartida entre los diversos actores locales y ofreciendo los fundamentos para la toma de decisiones por los funcionarios públicos. Se recomienda implementar de manera experimental la curva de riesgos o metodologías similares para fomentar el entendimiento entre los actores de gestión de riesgos de desastres y los habitantes locales sobre los riesgos de desastres.



Fuente: Evaluation of Riverrine Flood Risk Reduction by Scenario-vase Analysis for Response of Flood Prevention System to Wide-Scale Floods (Yuki TAKENAKA, Osamu ITAGAKI, Katsuya KOBAYASHI, Atsushi HATTORI, 2015.06)

Figura 14.2.9 Ejemplo de la curva de los riesgos de desastres (para el análisis de las medidas de reducción de los daños de inundaciones)

14.2.6 Introducción de un sistema de alerta y pronóstico de inundaciones

(a) Situación actual

Existen en el Perú varias cuencas que no necesariamente requieren ejecutar urgentemente los proyectos de control de inundaciones, pero cuyos ríos al desbordarse pondrían en riesgo a la vida humana de la comunidad aledaña. Para estos ríos, la medida efectiva de control viene a ser la

implementación del sistema de alerta temprana para asistir la evacuación oportuna de la comunidad local.

El SENAMHI emite, además de avisos ordinarios de desastres meteorológicos, avisos de los riesgos agrometeorológicos para las cuencas Mantaro, Urubamba, Cajamarquino, etc. Adicionalmente, el SENAMHI publica en su sitio web el sistema que permite acceder a la información meteorológica de tiempo real en los ríos Rímac, Chicama y Puno. Sin embargo, se desconoce en qué medida la población está utilizando esta información para evacuar oportunamente.

La ANA, asistido por el Banco Mundial, ha implementado el sistema de captación de los datos de precipitación y de nivel de agua a cada 15 minutos en seis cuencas (Tumbes, Piura, Chira, Chancay-Huarral, Chilica-Vitor-Chilli y Caplina-Locumba), pero estos datos no son compartidos actualmente con otras entidades. Adicionalmente, la ANA ha construido un sistema de alerta temprana instalando pluviómetros en 108 quebradas con alto potencial de ocurrencia de huaycos para monitorear la precipitación en tiempo real.

De este modo, ya ha sido o está por ser implementado el sistema de alerta temprana aunque no en forma suficiente si se toma en cuenta la ocurrencia de frecuentes inundaciones y deslizamientos en todo el país. Además, en la mayoría de los casos, se desconoce en qué grado están siendo aprovechados estos sistemas y solo en algunas pocas cuencas, como es el caso de la cuenca del río Urubamba, se observa que el sistema está siendo efectivamente utilizado.

(b) Recomendaciones

Es necesario implementar y operar efectivamente el sistema de alerta temprana también en los ríos donde, por la limitada disponibilidad de presupuesto o por otras razones, no sea posible construir inmediatamente las obras de defensa, a fin de proteger la vida humana. Adicionalmente, muchas de las cuencas de ríos amazónicos cuentan con una gran área de captación. En estas áreas, el tiempo de espera entre la predicción del evento y la ocurrencia actual del fenómeno (el incremento del nivel de aguas del río) es lo suficientemente larga como para que los residentes puedan evacuar. Por lo tanto, es altamente recomendable instalar un sistema de alerta y pronóstico de inundación en una de las cuencas priorizadas y seleccionadas en este Estudio considerando la disponibilidad de presupuesto y tecnología para el río objetivo. El establecer un sistema de alerta y pronóstico de inundación también incrementará la conciencia de los residentes sobre el tema del manejo del riesgo de inundación. Se debe tomar en cuenta que la combinación de la implementación del sistema de alerta con la sensibilización de la comunidad local en el tema del manejo del riesgo de inundaciones y deslizamientos aumentaría más los beneficios del sistema.

14.2.7 Datos a ser ingresados en el SNIRH

(a) Situación actual

Como se menciona en la subsección 13.2.4, los datos hidrológicos, tal como el nivel de agua del río y la descarga del río, así como el perfil longitudinal y lateral de la topografía del canal del río, son algunos de los datos básicos para la planificación del manejo del río, de tal manera que es crucial recolectar y manejar esta información de manera propicia. Sin embargo, en Perú los registros de datos hidrológicos están limitados.

(b) Recomendaciones

La información y data recolectada, los resultados de los cálculos hidráulicos e hidrológicos y los resultados del análisis de las simulaciones conducidas por el Estudio deberán de ser propiamente archivadas y utilizadas en el futuro. En tal sentido, el sistema de OSNIRH deberá de ser utilizado plenamente. Se recomienda que la data y los resultados de los estudios descritos en la Tabla 14.3.3 y Tabla 14.3.4 sean archivados y plenamente utilizados cuando sean necesarios en el futuro.

Tabla 14.2.3 Datos básicos recolectados por el estudio de la JICA a ser compartidos y actualizados bajo la OSNIRH

Clasificación	Contenidos	Formato del dato	Fuente (Fuente Original)	OSNIRH *
Topografía	Limites administrativos	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Ciudades principales	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Caminos, línea ferroviaria	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Límites de ALA, AAA	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Mapa topográfico(1/100,000)	ecw.file	ANA, DEPHM (IGN)	●
Datos de elevación	SRTM (90m)	Raster data	USGS*1	●
	ASTER (30m)	Raster data	ANA, DEPHM (USGS)	●
	2m DSM**	Raster data	Equipo de Estudio	●
Río	Cuencas de río	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
	Sistema de río (línea del curso del río)	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
Uso de la tierra	Cobertura de tierra (1 km)	ASCII data	GLCC*2	●
Población	Población, 2013	GIS (Meta data)	Equipo de Estudio (Landsat)	●
	Población data, 2013	GIS (tiff)	INEI	●
	PBI per cápita, 2013	GIS (tiff)	INEI	●
Área de inundación	Punto crítico de inundación	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
Hidrología	Localización de estaciones	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
	Lluvia diaria	excel	ANA, SNIRH	
	Lluvia horaria	excel	ANA, SNIRH	
	Descarga diaria /nivel de agua	excel	ANA, SNIRH	
	Isoyeta	GIS (shp file)	ANA, SNIRH	
Embalse	Localización	GIS (shp file)	ANA, DEPHM	●
	Inventario de embalses	PDF	ANA, DEPHM	●

* Datos a compartirse con ANA, OSNIRH por el Estudio (al final del Estudio) ●Estos datos serán mantenidos por la OSNIRH en el futuro

** DSM data serán comprados solo para algunas cuencas (como ser Rímac, Ica y otros)

*1 USGS:U.S. Geological Survey

Tabla 14.2.4 Datos desarrollados por el estudio de JICA a ser compartidos y actualizados bajo la OSNIRH

Clasificación		Contenidos	Formato del dato	Fuente	SNIRH* 1
Datos de Entrada	Elevación	ASTER (30m)	Raster data	ANA (Fuente Original; USGS)	●
		2m DSM	Raster data	Equipo de Estudio	●
	Cobertura de tierra	Cobertura de tierra	ASCII	GLCC	●
	Suelo	Mapa geológico	ASCII	CGWM	●
	Dato de río	Dirección del flujo	ASCII	Creado con datos de elevación	●
		Acumulación del flujo	ASCII	Creado con datos de elevación	●
		Profundidad del río	ASCII	Modelo RRI	●
		Ancho del río	ASCII	Modelo RRI	●
		Altura del banco (orilla)	ASCII	Modelo RRI	●
Dato de lluvia	Lluvia media de la Cuenca	ASCII, excel	Creado con lluvia diaria	●	
Datos de Salida *	Profundidad máxima de inundación	Profundidad máxima del agua en la zona de inundación	ASCII	Resultado de simulación con el modelo RRI	●
	Profundidad de inundación	Profundidad del agua en la zona de inundación/paso de cálculo	ASCII,	Resultado de simulación con el modelo RRI	●
	Descarga de río	Descarga del río	ASCII,	Resultado de simulación con el modelo RRI	●
	Nivel de río	Nivel del río	ASCII,	Resultado de simulación con el modelo RRI	●

* Datos a compartirse con ANA, OSNIRH por el Estudio (al final del Estudio) ● Estos datos serán mantenidos por la OSNIRH en el futuro

14.3 Resumen de recomendaciones y recomendaciones para la elaboración de una matriz en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre

14.3.1 Resumen de Recomendaciones

Las recomendaciones descritas en la sección 14.2 se resumen en la Tabla 14.4.1 ~ Tabla 14.4.5.

En las siguientes Tablas 14.4.1 y 14.4.2 se resumen el sistema de coordinación interdepartamental en la ANA y el sistema de coordinación entre la ANA y otras organizaciones en la elaboración de futuros planes de control de inundaciones y la implementación de proyectos. Además, en la Tabla 14.4.3 se muestra una propuesta del sistema de coordinación interorganizacional para la futura implementación de proyectos de control de inundaciones, que está en la deliberación entre la misión del presente Estudio y la ANA.

Tabla 14.3.1 Resumen de recomendaciones (formulación de un plan de control de inundaciones)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la Matriz de Políticas
Formulación de un plan de control de inundaciones	Lista de ríos prioritarios	1. Sistematización de los planes y proyectos de control de inundaciones elaborados hasta la fecha y de la información sobre daños	Elaboración de información sobre el control de inundaciones de las cuencas hasta 2020 por ANA/AAA y CENEPRED. Esta información incluye los daños de las inundaciones ocurridas según cuencas, planes de control de inundaciones elaborados, proyectos y medidas ejecutadas, etc.
		2. Necesidad de una urgente formulación de un plan de control de inundaciones adecuado para proyectos de alto potencial	Elaboración de medidas de control de inundaciones en más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 7, 11 y 16).
		3. Incorporación del plan de control de deslizamientos y de manejo de sedimentos en el plan de control de inundaciones	
		4. Necesidad de creación de métodos para la estimación de los beneficios indirectos de los proyectos de control de inundaciones	Elaboración del Manual de Análisis Económico de los Proyectos de Control de Inundaciones dirigido principalmente a los gobiernos departamentales y locales. Este trabajo será realizado por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 12).

Tabla 14.3.2 Resumen de recomendaciones (manejo apropiado de un río)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la matriz de Políticas
Manejo apropiado de un río	Simulación de inundaciones y diseño de dique	5. Necesidad de fortalecimiento de la regulación del desarrollo en zonas de planicies inundables y riberas de ríos	Designación de fajas marginales en más de XX ríos en función del ancho del río y la sección de diseño del dique propuestos mediante el cálculo de inundaciones y desbordamiento o con base en el plan de control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.
		6. Necesidad de conservación de zonas pantanosas y zonas bajas en la cuenca del río como extensiones para aliviar el exceso de volumen de descarga de inundación	Evaluación del impacto de reducción del caudal de crecida en las áreas protegidas en las cuencas de más de XX ríos y promoción de las actividades de conservación desde la perspectiva de control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la matriz de Políticas
		7. Conducción de las obras apropiadas de mantenimiento del río	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en de más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 2, 3, 11 y 16).
		8. Monitoreo del impacto del cambio climático sobre la gestión de las cuencas	Ejecución de la evaluación del impacto del cambio climático en más de XX cuencas por ANA hasta 2020, utilizando los datos hidrometeorológicos más actualizados.

Tabla 14.3.3 Resumen de recomendaciones (creación de un sistema de implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la matriz de políticas
Creación de un sistema de implementación apropiado para proyectos de control de inundaciones	Presupuesto para el control de las inundaciones en el pasado	9. Establecimiento de un sistema básico de implementación	Elaboración del borrador de división de responsabilidades (guía de implementación de los proyectos) entre los organismos centrales, gobiernos provinciales y locales para la ejecución de las medidas de control de inundaciones en todo el país. Este borrador será elaborado por ANA hasta 2020.
		10. Aumento del presupuesto para ejecutar los proyectos de control de inundaciones	Inversión de más de S/. 300 millones al año para los proyectos de control de inundaciones. Este trabajo deberá realizarse por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020.
	Resultado de las encuestas de sitio	11. Necesidad del desarrollo de capacidades de los gobiernos locales, regionales, AAA y ALA	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan de operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 2, 3, 7 y 16).
			Iniciación por ANA de las actividades de fortalecimiento de los proyectos de control de inundaciones dirigidas a AAA/ALA, gobiernos departamentales y locales hasta 2020.
		12. Pronta preparación de los lineamientos apropiados para la implementación de proyectos de control de inundaciones bajo el nuevo SNIP	Elaboración del Manual de Análisis Económico de los Proyectos de Control de Inundaciones dirigido principalmente a los gobiernos departamentales y locales. Este trabajo será realizado por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 4).

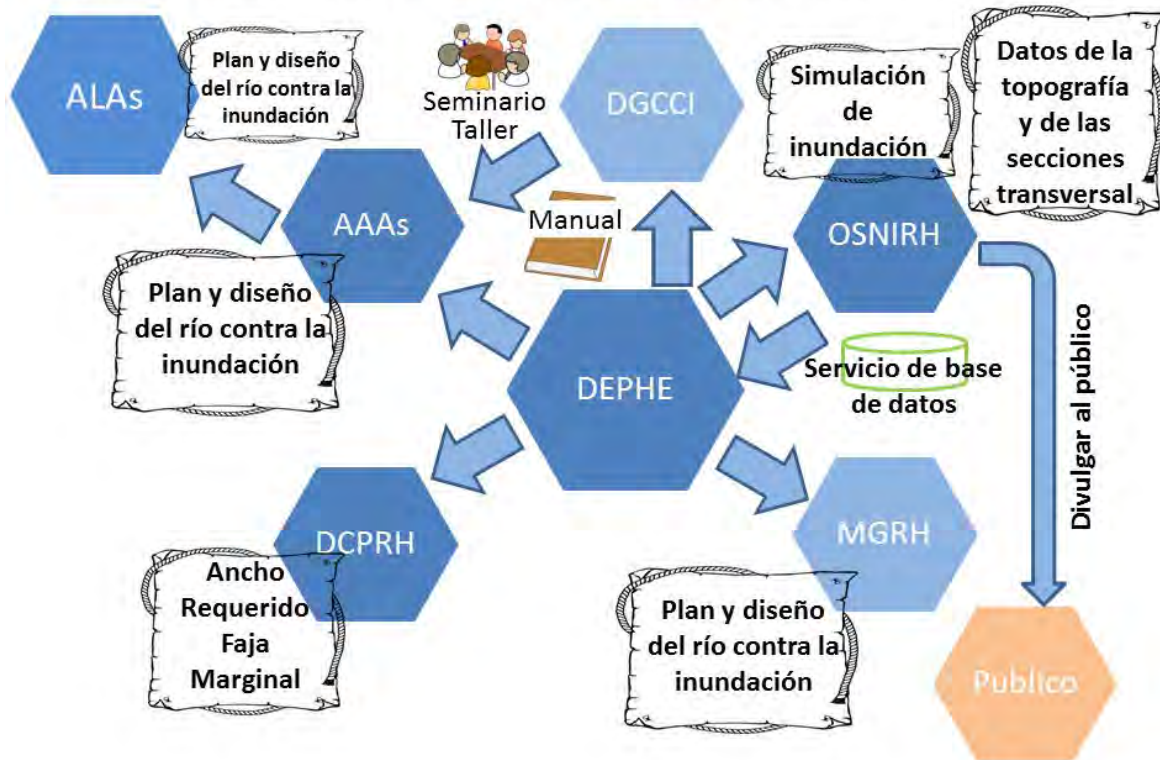
Tabla 14.3.4 Resumen de recomendaciones (cuestiones técnicas sobre la formación de un plan de control de inundaciones)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condicionesprevias que se incluyen en la Matriz de Políticas
Cuestiones Técnicas sobre la Formación de un Plan de Control de Inundaciones	Análisis de la precipitación y Análisis de la Inundación-Escorrentía	13. Mejora de la recolección de datos	Construcción del sistema de gestión y actualización de la información de los ríos relacionada con el control de inundaciones (sección transversal y perfil longitudinal de los ríos, materiales de lecho, análisis de precipitación, análisis de inundaciones y desbordamiento, etc.) Este sistema deberá ser construido por OSNIRH de ANA hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 20.)
		14. Mejora del modelo de análisis de inundación (adquisición de técnicas de análisis de acuerdo a las características de las inundaciones propias de la cuenca)	Nombramiento por ANA de más de XX oficiales capaces de realizar el análisis de inundaciones y las estructuras fluviales, incluyendo los oficiales de las AAAs, hasta 2020.
		15. Aprendizaje del modelo de análisis de inundación (utilización de datos satelitales para superar la insuficiencia de datos)	Ejecución del análisis de inundaciones utilizando los datos globales (precipitación y topografía), etc. en más de XX ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.
		16. Modelo de análisis de inundación (adquisición de técnicas para el análisis cuantitativo de sedimentos)	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en más de XX cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento. (Las mismas recomendaciones de 2,3, 7 y 11).

Tabla 14.3.5 Resumen de recomendaciones (otros)

Ítem	Resultados del estudio	Recomendaciones	Condiciones previas que se incluyen en la Matriz de Políticas
Otros	Análisis de la precipitación y Análisis de la Inundación- Escorrentía	17. Refuerzo de la información histórica de los desastres ocurridos	Construcción y publicación de la base de datos sobre los daños de los desastres específicos. Este trabajo será ejecutado por INDECI hasta 2020.
		18. Implementación de la metodología de sensibilización sobre los riesgos de desastres	Elaboración de una nueva metodología de análisis de riesgos que tome en cuenta la efectividad de las distintas medidas de control para la reducción de los riesgos en más de XX ríos, incorporando a la metodología actual las técnicas de curva de riesgos o técnicas similares. Este trabajo será ejecutado por ANA hasta 2020.
		19. Introducción de un Sistema de Alerta y Pronóstico de Inundaciones	Construcción del sistema de base de datos de precipitación y nivel de agua de tiempo real en más de XX ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.
		20. Datos a ser ingresados en el SNIRH	Construcción del sistema de gestión y actualización de la información de los ríos relacionada con el control de inundaciones (sección transversal y perfil longitudinal de los ríos, materiales de lecho, análisis de precipitación, análisis de inundaciones y desbordamiento, etc.) Este sistema deberá ser construido por OSNIRH de ANA hasta 2020. (Las mismas recomendaciones de 13).

Based on the Formulation of Flood Control Plans for River Basin, DEPHM shall provide Other Direcciones and Oficinas in ANA with Reports, Data and Information related Flood Control



Fuente: Preparadp por el Equipo de EstudioEquipo de Estudio

Figura 14.3.1 Sistema de coordinación dentro de la ANA (borrador)

Explicación de la Figura 14.1.1:

Para la elaboración de planes de control de inundaciones y la implementación de proyectos en las cuencas, las organizaciones de la ANA, especialmente DEPHM, deberán tener las siguientes responsabilidades.

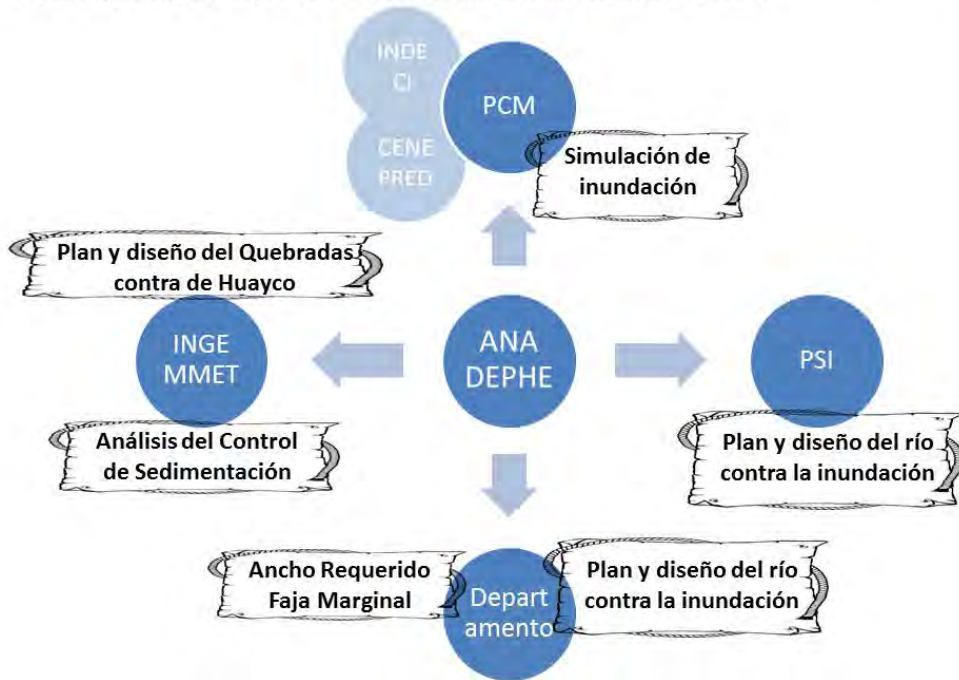
OSNIRH: Necesitará no solamente acumular y compartir datos de utilización del agua, sino también compartir datos relacionados con el control de inundaciones y resultados de análisis con otras organizaciones y con el pueblo.

DGCCI (Dirección de Gestión de Conocimiento y Coordinación Interinstitucional): Necesitará actividades de fortalecimiento de la capacidad para facilitar planes concretos, directrices y manuales elaborados por DEPHM a la AAA/ALA e implementarlos.

DCPRH (Dirección de Conservación y Planeamiento de los Recursos Hídricos): Es la Dirección encargada de elaborar directrices para establecer fajas marginales y administrar las fajas marginales dictadas por la AAA/ALA. Por consiguiente, necesitará actualizar las nuevas directrices para establecer fajas marginales de acuerdo con las directrices y los manuales elaborados por DEPHM y encargarse de la verificación de la concordancia entre las fajas marginales dictadas por AAA/ALA y los planes de mejora de canales.

MGRH (Modernización de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos): Es el único departamento de la ANA capaz de implementar proyectos concretos. Por lo tanto, se requiere de él que desempeñe el papel de organización ejecutora de proyectos de primera prioridad conforme al avance de la elaboración de futuros planes de control de inundaciones en las cuencas.

Based on the Formulation of Flood Control Plans for River Basin, ANA (DEPHE) shall provide Other Agencies with Reports, Data and Information related Flood Control



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 14.3.2 Sistema de coordinación entre ANA y Otras Agencias (borrador)

Explicación de la Figura 14.1.2:

Para la pronta implementación de proyectos de control de inundaciones y la promoción de la demostración de efectos de actividades del control de inundaciones, no solamente es necesaria la coordinación interdepartamental dentro de la ANA, sino también la coordinación entre organizaciones centrales.

Para esto, es necesario obtener y compartir activamente datos e informaciones principalmente a través de la ANA. A continuación se mencionan el papel que cada organización deberá desempeñar y datos e informaciones que se deberán compartir.

ANA: A través de OSHIRH, su organización interna, comparte datos sobre la precipitación y el nivel del agua mediante la web, pero en adelante deberá compartir más datos e informaciones que se mencionan a continuación con otras organizaciones relacionadas principalmente a través de DEPHM.

PCM (INDECI/CENEPRED): Resumen del resultado de simulaciones de inundación ejecutada. Actual grado de seguridad contra inundaciones y futuro plan de control de inundaciones de cada una de las cuencas.

INGEMMET: Compartir ideas de control de inundaciones en las cuencas y sobre todo en el curso superior. Compartir el resultado del análisis de sedimentos.

PSI del Ministerio de Agricultura y Riego: Compartir ideas de planes de control de inundaciones de las cuencas.

Gobiernos provinciales y gobiernos distritales: Planes de control de inundaciones de las cuencas, sobre todo compartir el ancho necesario del río.

Las organizaciones relacionadas podrán promover las actividades siguientes desde el punto de vista del control de inundaciones, de acuerdo con los datos compartidos arriba mencionados.

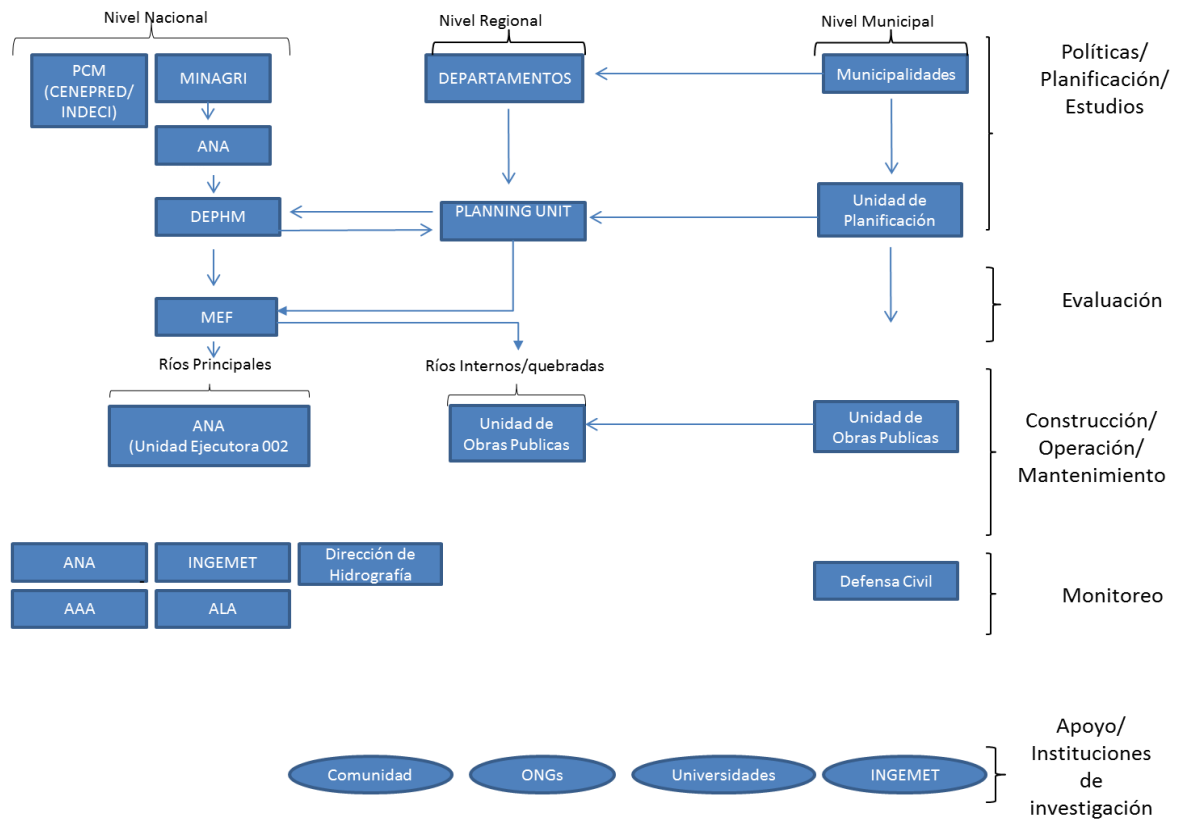
PCM (INDECI/CENEPRED): Verificación y análisis del riesgo de inundación por zona. Elaboración de un mapa de riesgo. Instrucciones a gobiernos provinciales y distritales para disminuir el riesgo.

INGEMMET: Elaboración y actualización de directrices y manuales para la elaboración de planes de control de huaycos.

PSI del Ministerio de Agricultura y Riego: Elaboración e implementación de proyectos de control de inundaciones. Implementación de proyectos de control de inundaciones coherentes con la realidad de las cuencas.

Gobiernos provinciales y distritales: Elaboración y actualización de planes de utilización de tierras teniendo en cuenta los planes hidráulicos. Aseguramiento de la coherencia de los proyectos individuales con el plan general de control de inundaciones de cada cuenca.

Marco Institucional Peruano para Mitigación de la Inundación



Fuente: Preparado por el Equipo de Estudio

Figura 14.3.3 Sistema nacional propuesto para la implementación exitosa del proyecto de control de inundaciones (borrador)

Explicación de la Figura 14.1.3:

En la Figura 14.1.3 se muestra un resumen de ideas sobre la competencia de cada una de las organizaciones en la implementación de proyectos de control de inundaciones, teniendo en cuenta los datos e informaciones que se compartirán en adelante como se ha mostrado en la Figura 14.1.2. A continuación se muestran las competencias concretas.

1. Relacionadas con la elaboración de planes de proyectos de control de inundaciones:

Aunque básicamente ANA dirigirá la planificación de proyectos de control de inundaciones en las cuencas, en el proceso de planificación de proyectos de control de inundaciones deberán incluirse las siguientes organizaciones.

Nivel	Organización	Competencia
Organización central	PCM	Aprobación de directrices y manuales de proyectos de control de inundaciones de las cuencas. Aprobación de proyectos de control de inundaciones de cada cuenca. Demarcación de organizaciones ejecutoras de proyectos de control de inundaciones.
	ANA	Elaboración de directrices y manuales de proyectos de control de inundaciones de las cuencas. Asistencia para la elaboración de planes de control de inundaciones de cada cuenca.
Gobiernos provinciales y distritales	Dirección/departamento de planificación	Elaboración de planes de control de inundaciones de las cuencas.

2. Aprobación de planes de control de inundaciones de cada cuenca:

Un plan elaborado de control de inundaciones en cada cuenca finalmente deberá ser aprobado por MEF desde el punto de vista de la economía. MEF instruirá y aprobará planes de organizaciones ejecutoras de proyectos de cada cuenca (subproyectos) teniendo en cuenta su capacidad de ejecución y la envergadura total de los proyectos.

3. Implementación de proyectos de control de inundaciones en cada cuenca (subproyectos):

Según la aprobación de planes de control de inundaciones de las cuencas y la decisión de organizaciones ejecutoras, organizaciones centrales, gobiernos provinciales y distritales implementarán sus proyectos individuales (subproyectos).

4. Monitoreo de la implementación de proyectos de control de inundaciones en cuencas individuales

Básicamente AAA y ALA deberán monitorear la elaboración de planes y la implementación de proyectos de control de inundaciones.

PCM (INDECI/CENEPRED), INGEMMET, DHN y departamentos encargados de la gestión de riesgo de desastres de gobiernos locales son otras organizaciones relacionadas que también deberían compartir datos y monitorear sus proyectos.

5. Competencia de otras organizaciones relacionadas:

Otras organizaciones relacionadas no deberían relacionarse con proyectos de control de inundaciones individualmente, sino mediante deliberaciones constructivas por medio de Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca (CRHC). En este sentido, es deseable que CRHC sean órganos de toma de decisión definitiva incluyendo la planificación y la implementación de proyectos de control de inundaciones.

14.3.2 Recomendaciones para la elaboración de una matriz en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre

Las recomendaciones en el presente Estudio, resumidas en el apartado anterior 14.4.1, pueden incluirse en actividades meta en la matriz política del "Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre" que actualmente desarrolla JICA en el Perú. Sin embargo, en cuanto a la adopción en la matriz de políticas, es necesario examinarla en función del período requerido, el presupuesto, la capacidad del organismo ejecutor, etc.

En las Tablas de 14.4.1 a 14.4.5 se muestran en la columna derecha posibles condiciones previas de la matriz política relacionada con las recomendaciones que difieren en el grado de dificultad de consecución, el grado de urgencia y la necesidad de asistencia..

En la sesión de explicación del Borrador del Informe Final (DF/R) del presente Informe (febrero de 2017), se escucharon opiniones sobre las recomendaciones del Jefe de ANA y funcionarios técnicos que participaron directamente en el estudio.

Los aspectos arriba mencionados se resumen en la siguiente Tabla 14.4.6.

Se considera que las posibles condiciones definitivas de la matriz política en el Préstamo Stand-By para la Reconstrucción Post-Desastre propuestas en el presente Estudio deberán ser aquellas que contribuyan directamente a la futura seguridad contra inundaciones en el Perú y que, además, tengan alto grado de urgencia y relativamente bajo grado de dificultad en su consecución. Por consiguiente, se recomienda avanzar deliberaciones con la parte peruana basándose en las 3 posibles condiciones mostradas en los siguientes puntos (1) a (3).

(1) Condición previa 1: que ANA elabore planes de control de inundaciones de 2 o más cuencas, incluyendo planes de control de huaycos y planes de mantenimiento y gestión del curso superior hasta 2020.

Como se recomienda en el punto (2) del apartado 14.3.1, básicamente todos los proyectos de control de inundaciones deben implementarse contando con una política de control de inundaciones elaborada para cada cuenta y coherente en toda la cuenca; así mismo, en su implementación cada una de las obras puntuales (pequeñas) de control de inundaciones debe tener coherencia con la totalidad de la cuenca.

Obras de control de inundaciones de gran escala como la construcción de embalses, vertederos y pólders que sirven para controlar inundaciones, si se implementan sin elaborar un plan general de control de inundaciones de toda la cuenca, podrían causar problemas como la falta de escala de facilidades y la inversión excesiva por tener una escala demasiado grande.

Para evitar dichas circunstancias, primero se requiere la elaboración de un plan de control de inundaciones de la cuenca. Actualmente ANA ha expresado su voluntad de elaborar planes de control de inundaciones en cuencas como las de Chira-Piura, Chancay-Lambayeque y Rímac en cuyas orillas hay muchos habitantes y bienes a pesar del alto riesgo de inundación, o en las que ocurrieron grandes inundaciones o huaycos causando

daños notables para la economía local.

Dichas actividades deberán implementarse rápidamente. Se supone que ANA, que no tiene la experiencia de elaborar un plan de proyectos de control de inundaciones, tendrá que empezar con estudios básicos, incluyendo la agrimensura fluvial y la colección de informaciones básicas, por lo que necesitará entre 1 año y medio y 2 años para elaborar un plan de control de inundaciones de una cuenca. Así mismo, debido a la carencia de la experiencia de elaborar un plan de proyectos de control de inundaciones de una cuenca, ANA necesitará asistencia técnica de otras organizaciones, incluyendo las extranjeras, y se espera también que colabore con instituciones tecnológicas e investigadoras como universidades para la implementación de proyectos. Por lo tanto, suponiendo que dichas asistencias y colaboraciones se desarrollen, sería posible que se elaboren planes de proyectos de control de inundaciones en 2 o más cuencas en aproximadamente 3 años hasta julio de 2020.

También en el 2ND-DRM-DPL-CATDDO del Banco Mundial iniciado en 2015, mencionado en el punto (2) del apartado 2.2.1 del Capítulo 2, están fijadas 4 cuencas como meta del "número de cuencas para las que se han elaborado proyectos de control de inundaciones" y como uno de los indicadores de la matriz política. Sin embargo, se informó en marzo de 2016 que el número logrado fue "cero". Se deberá avanzar dichas actividades inmediatamente como la matriz política del Crédito de Emergencia Stand-by para una Recuperación Urgente de JICA.

(2) Condicion previa 2: Que ANA elabore, junto con organizaciones relacionadas y hasta 2020, una información de control de inundaciones de las cuencas en la que se resuman daños causados por las inundaciones ocurridos en 4 cuencas o más, planes elaborados de control de inundaciones y medidas y proyectos implementados.

Como se ha mencionado arriba, esencialmente todos los proyectos de control de inundaciones deben implementarse de acuerdo con la política de control de inundaciones de cada una de las cuencas y de forma coherente en toda la cuenca. Por otro lado, la elaboración de un plan apropiado es posible cuando se logren la colección y la acumulación de informaciones básicas relacionadas con el control de inundaciones de cada cuenca. Como se ha mencionado en el punto (1) del apartado 14.3.1 del presente Capítulo, se requiere no solamente la información de la utilización del agua de una cuenca, sino también construir una base de datos de informaciones relacionadas con el control de inundaciones de dicha cuenca. Es deseable, como primer paso para la construcción de una base de datos de informaciones del control de inundaciones y la elaboración de planes de proyectos de control de inundaciones, elaborar un registro de actividades del control de inundaciones de los ríos como se ha mostrado en la Figura 14.3.1 del punto (1) del apartado 14.3.1.

En el apartado anterior, se ha requerido elaborar, como uno de los indicadores de la matriz política, planes de control de inundaciones en 2 o más cuencas. Para elaborar planes de control de inundaciones en las cuencas es necesario resumir así las informaciones de pasadas obras de control de inundaciones, y la elaboración de

informaciones de control de inundaciones se completa automáticamente como un proceso para avanzar la elaboración de planes de control de inundaciones en las cuencas.

Por lo tanto, se recomienda, como una de las metas, avanzar actividades para que la elaboración de informaciones de daños causados por inundaciones, planes elaborados de proyectos de control de inundaciones y medidas y proyectos ejecutados, como se muestra en la Figura 14.3.1, de forma que se lleve a cabo hasta julio de 2020 en un total de 4 cuencas, agregando 2 cuencas como actividades preparativas para planes de control de inundaciones de cuencas que en adelante se desarrollarán continuamente.

(3) Condicion previa 3: Que ANA elabore, junto con MEF y hasta 2020, un "manual de análisis de la economía de proyectos de control de inundaciones" destinado a entidades ejecutoras, que son principalmente gobiernos provinciales y distritales, para analizar la economía de proyectos de control de inundaciones.

Como se ha mencionado en el punto (4) del apartado 14.3.1, la estandarización de la elaboración de proyectos de control de inundaciones está en avance porque ya MEF tiene elaboradas la Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas o Urbanas y la Guía Simplificada Para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Protección de Unidades Productoras de Bienes y Servicios Públicos Frente a Inundaciones, a Nivel de Perfil. Sin embargo, la mayoría de las solicitudes de presupuesto para proyectos de control de inundaciones presentadas por gobiernos provinciales y distritales, que tienen solamente dichas guías, no pueden cumplir los criterios de justificación como proyectos de control de inundaciones exigidos por MEF. Este problema deberá resolverse con el avance de la elaboración de planes de proyectos de control de inundaciones, como se ha mencionado arriba, pero el avance inmediato de dicha elaboración en todas las cuencas del Perú es sumamente difícil.

Por otra parte, para la reconstrucción de los daños causados por inundaciones y huaycos originados por el fenómeno de El Niño Costero entre enero y abril de 2017, se ha obtenido un presupuesto grande a nivel del gobierno central antes del inicio de un estudio sobre la economía de proyectos, y actualmente dichos proyectos están en la fase de preparación para la implementación. Esto señala que nosotros entendemos instintivamente que las pérdidas económicas causadas por inundaciones son muy grandes y que para el desarrollo del país es necesario contar con proyectos individuales de control de inundaciones que sirvan para disminuir futuros daños causados por inundaciones.

Bajo dichas circunstancias, en adelante es necesario, paralelamente con las actividades de elaboración de planes de control de inundaciones en las cuencas, elaborar un manual con el que gobiernos provinciales y distritales puedan desarrollar pequeñas obras de control de inundaciones, sobre todo, elaborar un método de calcular los beneficios de los proyectos de control de inundaciones. En la elaboración de planes de control de inundaciones en las cuencas se analizará la economía de los proyectos, por lo que el resultado de dichas actividades y estudios podría incluirse en el primer borrador del manual.

Tabla 14.3.6 Dificultad, urgencia, necesidad de asistencia de posibles condiciones de la matriz política propuestas (plan)

Recom. No.	Posible condición de la matriz	Dificultad	Urgencia	Necesidad de asistencia de JICA/WB	Comentario de la Misión del Estudio	Comentario de la parte peruana		
						Jefe de ANA	Funcionarios de la contraparte	MEF
1	Elaboración de la información sobre el control de inundaciones de las 4 cuencas hasta 2020 por ANA/AAA y CENEPRED. Esta información incluye los daños de las inundaciones ocurridas según cuencas, planes de control de inundaciones elaborados, proyectos y medidas ejecutadas, etc.	Fácil	Corta	No		*1	*7	
2, 3, 7, 11-1, 16	Elaboración de las medidas de control de inundaciones en más de 2 cuencas por ANA/AAA hasta 2020. Estas medidas incluyen los planes de medidas contra deslizamientos y el plan operación y mantenimiento.	Mediana	Corta	Sí		*1 *2	*8	
4, 12	Elaboración del Manual de Análisis Económico de los Proyectos de Control de Inundaciones dirigido principalmente a los gobiernos departamentales y locales. Este trabajo será realizado por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020.	Difícil	Entre corta y mediana	Sí		*3 *4		*11
5	Designación de fajas marginales en más de 2 cuencas, en función del ancho del río y la sección de diseño del dique propuestos mediante el cálculo de inundaciones y desbordamiento o con base en el plan de control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.	Difícil	Entre corta y mediana	Sí		*5		
6	Evaluación del impacto de reducción del caudal de crecida en las áreas protegidas en las cuencas de más de 2 cuencas y promoción de las actividades de conservación desde la perspectiva del control de inundaciones. Este trabajo deberá terminarse en 2020.	Difícil	Mediana	Sí				
8	Ejecución de la evaluación del impacto del cambio climático en más de 2 cuencas por ANA hasta 2020, utilizando los datos hidrometeorológicos más actualizados.	Mediana	Larga	No	La colaboración con universidades y otras instituciones es deseable.			
9	Elaboración del borrador de división de responsabilidades (guía de implementación de los proyectos) entre los organismos centrales, gobiernos provinciales y locales para la ejecución de las medidas de control de inundaciones en todo el país. Este borrador será elaborado por ANA hasta 2020.	Entre fácil y difícil	Corta	No	Se tarda tiempo en obtener consentimiento de diferentes organizaciones. La legislación elevará el grado de dificultad.*13	*6 *4		
10	Inversión de más de S/. 300 millones al año para los proyectos de control de inundaciones. Este trabajo deberá realizarse por ANA en colaboración con el MEF hasta 2020.	Mediana	Entre corta y mediana	No	MEF piensa que es necesario mejorar la capacidad de elaborar la propuesta de proyectos.			*11 *12
11-2	Iniciación por ANA de las actividades de fortalecimiento de los proyectos de control de inundaciones dirigidas a AAA/ALA, gobiernos departamentales y locales hasta 2020.	Mediana	Mediana	Sí		*4		*12

13, 20	Construcción del sistema de gestión y actualización de la información de los ríos relacionada con el control de inundaciones (sección transversal y perfil longitudinal de los ríos, materiales de lecho, análisis de precipitación, análisis de inundaciones y desbordamiento, etc.). Este sistema deberá ser construido por OSNIRH de ANA hasta 2020.	Fácil	Entre corta y mediana	No	Se requiere motivar a OSNIRH.		*9	
14	Nombramiento por ANA de más de 14 oficiales capaces de realizar el análisis de inundaciones y las estructuras fluviales, incluyendo los oficiales de las AAAs, hasta 2020.	Difícil	Entre mediana y larga	Sí	Esencialmente la propia ANA deberá desarrollar recursos humanos.			
15	Ejecución del análisis de inundaciones utilizando los datos globales (precipitación y topografía), etc. en más de 2 ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.	Difícil	Mediana	Sí	Se relaciona con 2, 3, 7, 11-1, y 16.			
17	Construcción y publicación de la base de datos sobre los daños de los desastres específicos. Este trabajo será ejecutado por INDECI hasta 2020.	Mediana	Entre corta y mediana	No	Se requiere motivar a INDECI.			
18	Elaboración de una nueva metodología de análisis de riesgos que tome en cuenta la efectividad de las distintas medidas de control para la reducción de los riesgos en más de 2 ríos, incorporando a la metodología actual las técnicas de curva de riesgos o técnicas similares. Este trabajo será ejecutado por ANA hasta 2020.	Difícil	Entre mediana y larga	Sí				
19	Construcción del sistema de base de datos de precipitación y nivel de agua de tiempo real en más de 10 ríos. Este trabajo deberá ejecutarse por ANA hasta 2020.	Fácil	Entre corta y mediana	(Sí)	Ya el Banco Mundial ha declarado su asistencia.		*10	

Comentario a las recomendaciones para ANA

En la sesión de explicación al Jefe (comentarios del Jefe)

- *1: Aunque en el pasado se elaboraron planes de proyectos de control de inundaciones en no pocos ríos, no se implementaron excepto algunas cuencas como Chira-Piura. En adelante habrá que desarrollar la implementación.
- Comentario de la Misión del Estudio al comentario del Jefe arriba mencionado: La Misión considera que los planes y proyectos de control de inundaciones elaborados e implementados en el Perú básicamente no fueron planes de control de inundaciones de toda la cuenca sino planes de protección contra inundaciones limitados en áreas puntuales. Por lo tanto, a medida que cambie el estado del curso superior o inferior de la cuenca, también pueden cambiar el caudal, la altura del dique que construir, etc. La elaboración del "plan de control de inundaciones de la cuenca" propuesta en el presente Informe se refiere a la elaboración de una política de control de inundaciones que no sufra grandes cambios en el futuro a lo largo de toda la cuenca.
- *2: Considera que especialmente el problema de sedimentación de los ríos que pasan por la cuenca del Pacífico es un factor importante para pensar el control de inundaciones.
- *3: Aunque considera que el control de inundaciones deben formalizarse como proyectos para inundaciones del período de retorno de 50 años o 100 años o más, en la formalización de los proyectos habrá que evaluar la economía mediante la evaluación de costo-beneficio.
- *4: ANA tomará la iniciativa en el control de inundaciones, sobre todo en la elaboración de directrices.
- *5: Está de acuerdo con el Informe de que actualmente el ancho de los canales está reduciéndose gradualmente debido al desarrollo de las orillas. Para los proyectos se requerirá trasladar viviendas, y el gobierno peruano trasladará con firmeza aquellas viviendas ubicadas en zonas peligrosas.
- *6: En el Congreso actualmente se debate sobre la implementación de proyectos de control de inundaciones. Según su resultado, se fijará una principal organización central para la implementación de proyectos de control de inundaciones. Considera que el Informe que señala un resumen hecho por el presente Estudio sobre proyectos de control de inundaciones en el Perú contribuirá al desarrollo del debate en el Congreso.

Comentarios de los funcionarios de la contraparte

- *7: Entienden suficientemente que un plan maestro del control de inundaciones de cada cuenca es necesario. Reconocen que las cuencas de Rímac, Chira-Piura y Chancay-Lambayeque son prioritarias en la elaboración de dicho plan maestro, teniendo en consideración las cuencas prioritarias del presente Estudio y los daños causados por las inundaciones de 2017.
- *8: Quieren elaborar el plan maestro del control de inundaciones incluyendo el control de huaycos en cada cuenca.
- *9: Es posible. Se puede (se debería poder) hacer fácilmente.
- *10: Está previsto que el Banco Mundial coopere en la medición en tiempo real de la precipitación y el nivel del agua y la construcción de una base de datos de 10 nuevas cuencas.

Comentarios de funcionarios (encargados de gestión de riesgo de desastres) de MEF

- *11: El estudio sobre el cálculo de beneficios del control de inundaciones y la difusión de sus conocimientos son necesarios.
- *12: Es necesario fortalecer la capacidad de implementar proyectos de control de inundaciones, principalmente de las municipalidades. En 2016 se presentaron más de 30 propuestas de obras de control de inundaciones por las municipalidades, pero entre ellas solamente 3 superaron la evaluación de documentos y se aceptaron como proyectos. Es necesario contar con una guía y un manual especificados con indicadores sobre la implementación de proyectos de control de inundaciones y sus efectos y fortalecer la capacidad de los funcionarios de los gobiernos distritales.

Otros

- *13: Hubo opiniones de expertos de que es necesario tener una ley que especifique la responsabilidad y la competencia de la gestión fluvial, y sin dicha ley las actividades del control de inundaciones no continuarán con normalidad.

14.4 Presentación de tecnologías avanzadas, japonesas y tradicionales en las medidas de control de inundaciones y huaycos

14.4.1 Control con estructuras

Entre las medidas de control de inundaciones y huaycos, en este apartado se presentarán tecnologías avanzadas, japonesas y tradicionales. En la Tabla 14.4.1 se resumen los problemas tecnológicos en la gestión del riesgo de desastres y tecnologías para resolver problemas cuya futura introducción debería ser estudiada activamente en el Perú.

Tabla 14.4.1 Problemas en el sitio y tecnologías japonesas presentadas

Problemas tecnológicos	Presentación de tecnologías
Tecnologías tradicionales japonesas	
Las tierras desnudas que son fuente de sedimentos están ubicadas ampliamente, por lo que se requiere un control bidimensional.	En el control bidimensional, cubrir una montaña entera con una estructura sólida no es realista, por lo que se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Control de producción de sedimentos mediante la plantación que resulte posible con la fuerza humana. En Japón existe una variedad de técnicas de plantación como técnicas tradicionales.
Hay muchos torrentes montañosos que no tienen estructuras para el control de la erosión. En caso de la construcción de un dique, la escala de la estructura suele ser grande debido al ancho muy grande del torrente, y la construcción misma también es difícil debido a que el canal no está fijado.	Fijar el canal y el curso con una estructura lineal como <ul style="list-style-type: none"> ● Dique longitudinal, tecnología de control de la dirección del curso, etc. permite reducir el área de desbordamiento. Además, la creación de <ul style="list-style-type: none"> ● Zonas de plantación amortiguadora sirve para controlar el desplazamiento de sedimentos.
Tecnologías japonesas	
Las plantas de concreto premezclado están limitadas, lo que limita los lugares en los que se puede construir una estructura grande de hormigón.	En un sitio que está a mucha distancia de una planta de concreto premezclado, se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Suelo estabilizado con cemento que se fabrica en el propio sitio mezclando el sedimento producido en el sitio con cemento. Con esta tecnología se puede construir una estructura de gran escala utilizando máquinas normales de obra civil.
	En un sitio de la misma condición pero que tiene una carretera relativamente de buen estado, se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Dique de mampostería de bloques de hormigón para construir una estructura en el sitio montando elementos prefabricados.
En zonas en que la urbanización llega hasta las faldas de la montaña, no se puede sino construir una estructura en un terreno muy reducido.	Como tecnología aplicable a un terreno muy reducido, hay productos que utilizan elementos de acero. Se utiliza la tecnología suiza de Ring-Nets (redes de anillas), pero se presenta también <ul style="list-style-type: none"> ● Tecnología de control de huaycos mediante postes que es la tecnología propia japonesa.
Otras tecnologías	
Muchos caminos y carreteras están en mala condición dificultando la construcción de carreteras para obras.	Como un medio de transporte de máquinas y materiales en un sitio difícil de construir una carretera para la obra, se recomienda introducir en las obras del control de erosión <ul style="list-style-type: none"> ● Cable aéreo y raíl que se utilizan comúnmente en Japón.

Aparte de lo mencionado, se recomienda continuar con el dragado y la excavación del canal porque, a pesar de su enorme costo, son efectivos como medidas de urgencia por su relativa facilidad de

implementación, aclaración del área del canal que permite impedir la ocupación ilegal, etc., y también se han demostrado efectivos en el momento de desbordamiento. Sin embargo, en el dragado habrá que tener cuidado de no cambiar bruscamente la inclinación y la altura. Además, es necesario informar a los habitantes de que la excavación del canal y el dragado no son más que unas medidas provisionales e instruirles fuertemente que deberán evacuar la zona en caso de peligroso.

A continuación, se especifican las tecnologías, mostradas arriba en la Tabla 14.4.1, cuya introducción se deberá estudiar.

(1) Control de la producción de sedimentos mediante la plantación

En Japón, especialmente en zonas montañosas, antes había amplios terrenos desnudos debido a que se trabajaba mucho en la extracción de leñas, el pastoreo de vacas y caballos y la roza. Por consiguiente, ocurrían muchos desastres causados por la erosión, pero gracias al avance de la estabilización de laderas mediante la plantación preventiva de desastres a partir de la era Meiji, en los últimos años casi no existe un terreno desnudo. En el presente apartado, se va a presentar el caso del monte Rokko de la ciudad de Kobe como un caso concreto del control de la producción de sedimentos mediante la plantación.

La ciudad de Kobe, que es una de las grandes ciudades representativas de Japón, tiene a su espalda una sierra abrupta (sierra de Rokko). Hasta hace aproximadamente 100 años, esta sierra de Rokko era un monte desnudo sin ninguna cobertura vegetal, por lo que cuando caía una gran cantidad de lluvia, los sedimentos llegaban a la zona edificada de la ciudad de Kobe que se encontraba en el curso bajo, causando grandes daños de la vida humana y viviendas. Para impedirlos, se ha venido trabajando continuamente con el control de la erosión mediante la estabilización de laderas con la plantación. La sierra de Rokko actual está cubierta totalmente por la vegetación y mantiene un estado estable.

Rica vegetación para el futuro - Obras de control de inundaciones de la sierra de Rokko

Prefectura de Hyogo (sierra de Rokko)

Sierra de Rokko a mediados de la era Meiji (foto perteneciente al Museo de la Ciudad de Kobe)

Monte Saïdo al primer año de la plantación (1904)

Sierra de Rokko actual

Plano de obras antiguas de control de la erosión

Plano de doble visión de la colocación de plantones

○Perteneciente a:
Las ciudades de Kobe, Ashiya, Nishinomiya y Takarazuka de la Prefectura de Hyogo

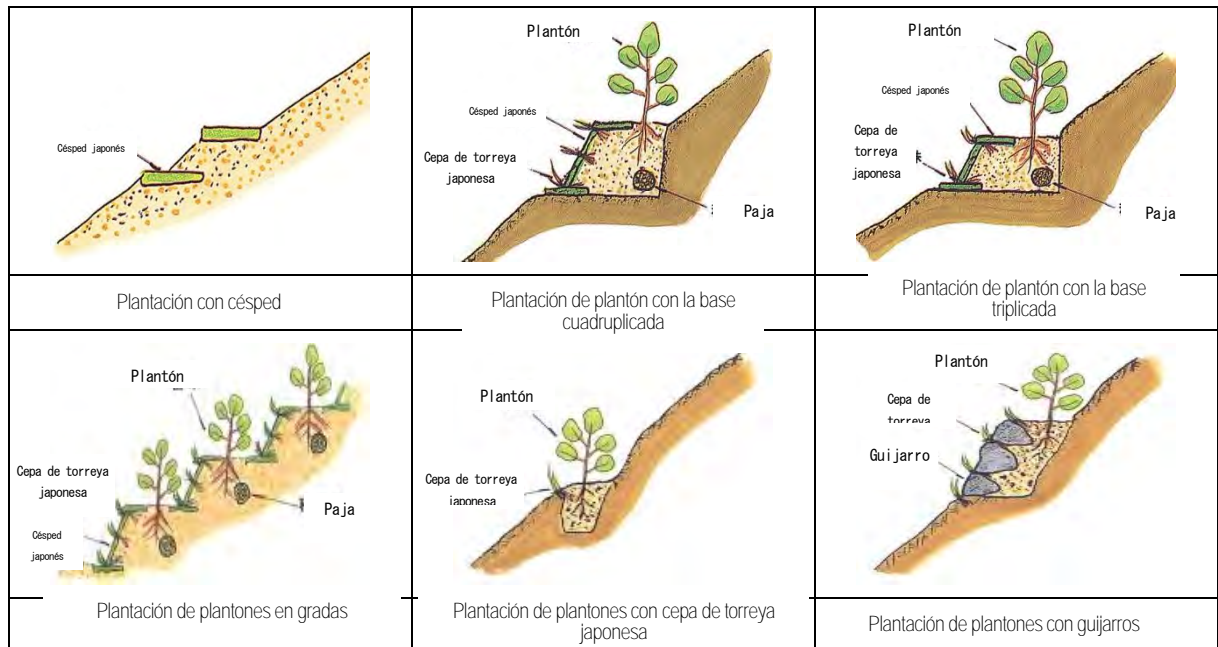
○Resumen de facilidades y métodos de construcción
Aproximadamente 1600 diques de contención de erosión, trabajos de laderas, etc.

○Explicación
La sierra de Rokko en la era Meiji se quedó desnuda, debido al uso forestal excesivo, y tan desolada que el Dr. Tomitaro Makino, botánico llamado "el padre de la botánica japonesa", cuando visitaba Kobe en barco dejó su impresión de que se veía la sierra de Rokko como si estuviera cubierta de nieve. En la sierra de Rokko desde tiempos antiguos ocurrían huaycos, y en el Terremoto de Hanshin y Awaji también ocurrieron muchos daños montañosos. Tomándolos como lección, se han desarrollado consistentemente obras de reconstrucción y medidas de gestión del riesgo de desastres, y actualmente la sierra de Rokko desempeña un papel de locomotora de la tecnología de control de erosión como un ejemplo a seguir para otras regiones con el desarrollo de una nueva tecnología antisísmica (tecnología mezclada de red de cuerdas y pernos de anclaje).

問い合わせ先：兵庫県治山課 TEL：078-362-3471

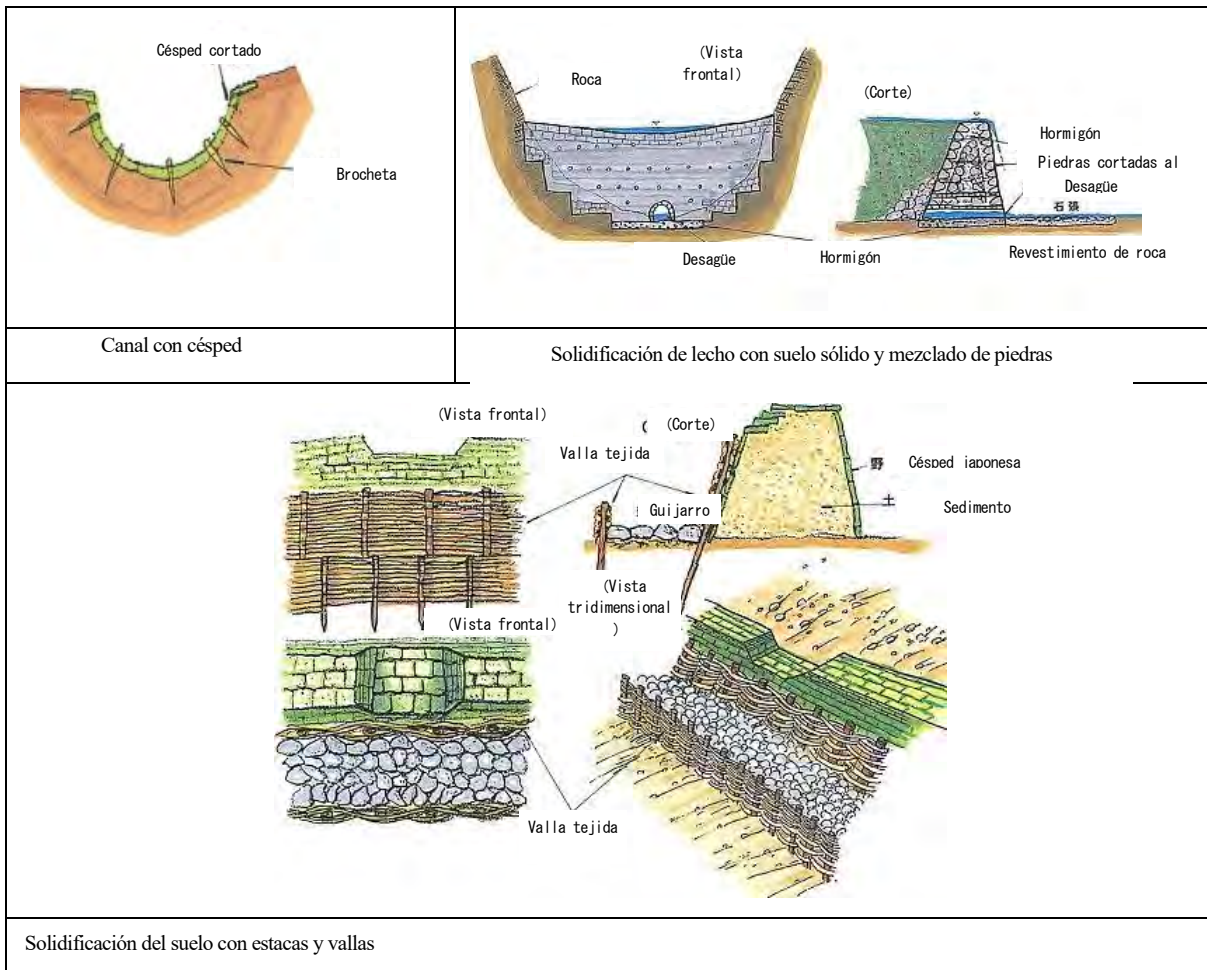
Figura 14.4.1 Obras de control de erosión en la sierra de Rokko (documentos de la Prefectura de Hyogo)

A diferencia de la plantación normal, se estabiliza también la base de la plantación, lo que permite mitigar la erosión en caso de lluvia. Como es posible trabajar con la fuerza humana, es suficientemente aplicable al Perú actual si se seleccionan plantas resistentes al clima seco.



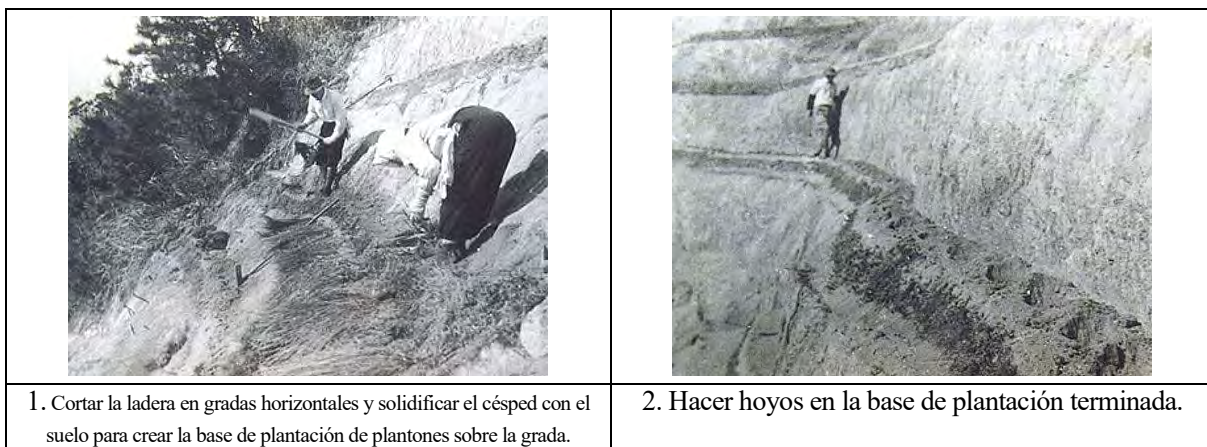
Fuente: Documentos de la Prefectura de Hyogo

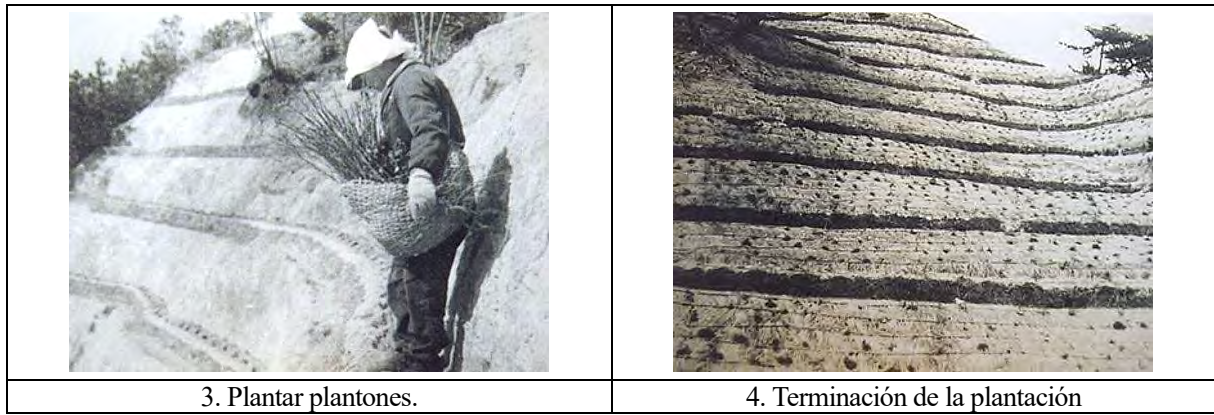
Figura 14.4.2 Caso concreto de plantación con la fuerza humana



Fuente: Documentos de la Prefectura de Hyogo

Figura 14.4.3 Otros métodos con la fuerza humana



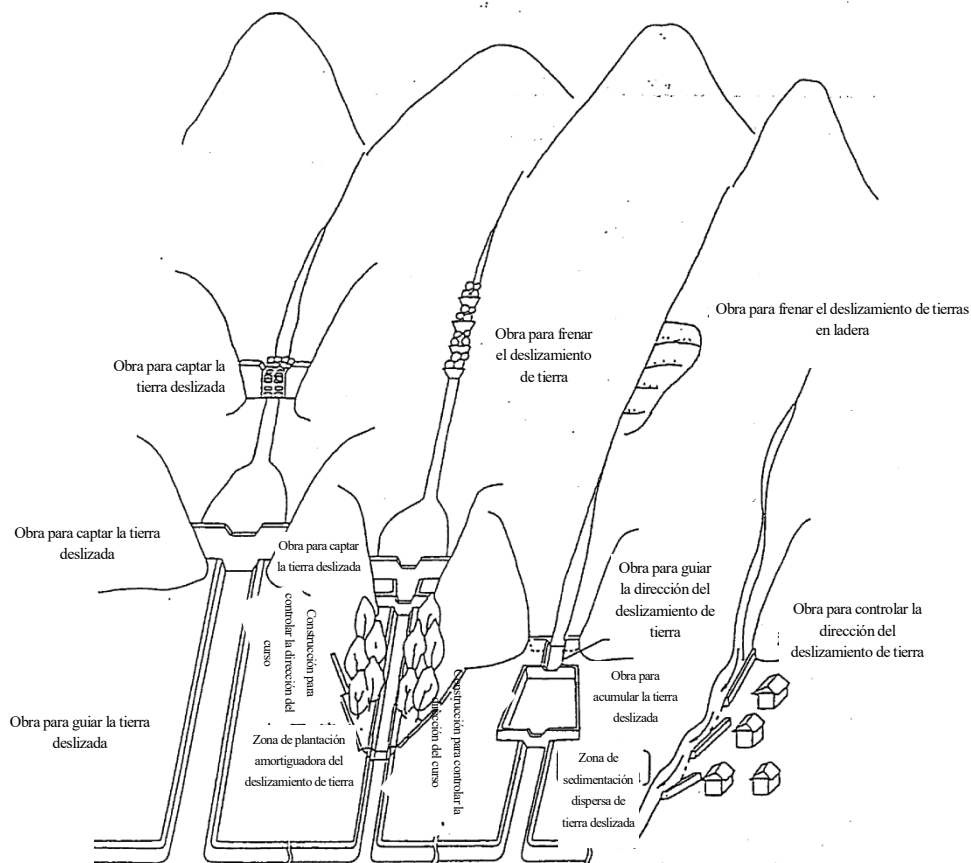


Fuente: Documentos de la Prefectura de Hyogo

Figura 14.4.4 Implementación de la tecnología de control de erosión con plantación (1954)

(2) Fijación del canal mediante el dique longitudinal y la tecnología de control de la dirección del curso y control del desplazamiento de sedimentos mediante zonas de plantación amortiguadora

En torrentes montañosos con el ancho grande del canal y la dirección del curso cambiante, es posible limitar el área de desbordamiento mediante la fijación de la dirección del curso con estructuras lineales como dique longitudinal y la tecnología de control de la dirección del curso. En Japón se adaptan principalmente al pie de volcanes.



Fuente: Arriba: Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo (Directrices técnicas del control del deslizamiento de tierra y árboles); abajo: Oficina de Reconstrucción de Unzen de la Agencia Regional de Desarrollo de Kyushu del Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo

Figura 14.4.5 Casos concretos de una obra de control de deslizamiento de tierra y de un dique longitudinal (izquierda abajo) y una obra de la zona de plantación amortiguadora (derecha abajo)

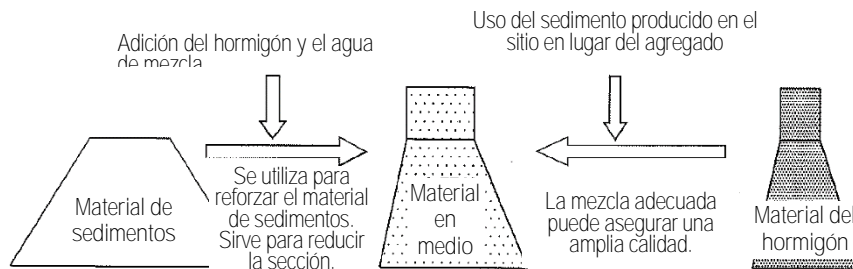
(3) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras utilizando materiales producidos en sitio (suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena)

Debido a que en el Perú las plantas de concreto premezclado están ubicadas solamente cerca de grandes ciudades y que en las afueras y montañas solamente está disponible el hormigón mezclado en el sitio utilizando pequeñas hormigoneras, muchas veces es imposible construir una estructura de hormigón de gran

escala. Construir una planta de concreto premezclado cerca del sitio de la obra puede ser poco económico desde el punto de vista de la escala de la obra, por lo que es necesario utilizar otro material en lugar del hormigón.

El suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena que se utiliza en Japón es una tecnología de construir una estructura utilizando un material producido en el sitio de la obra mediante el batido y la mezcla del sedimento producido en el sitio con hormigón y endureciéndolo con una apisonadora vibrante. Para el trabajo de batido y mezcla era común instalar un contenedor para la mezcla y mezclar con retroexcavadora, pero en los últimos años hay muchos casos de optimización del trabajo utilizando una máquina mezcladora autopropulsada.

El suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena tiene la naturaleza media entre el hormigón y el material de tierras (en su fuerza, economía, etc.). Debido a que su fuerza es un poco menor que la del hormigón, se requiere un tratamiento adicional como proteger su superficie con elementos de hormigón prefabricado o de acero.



INSEM



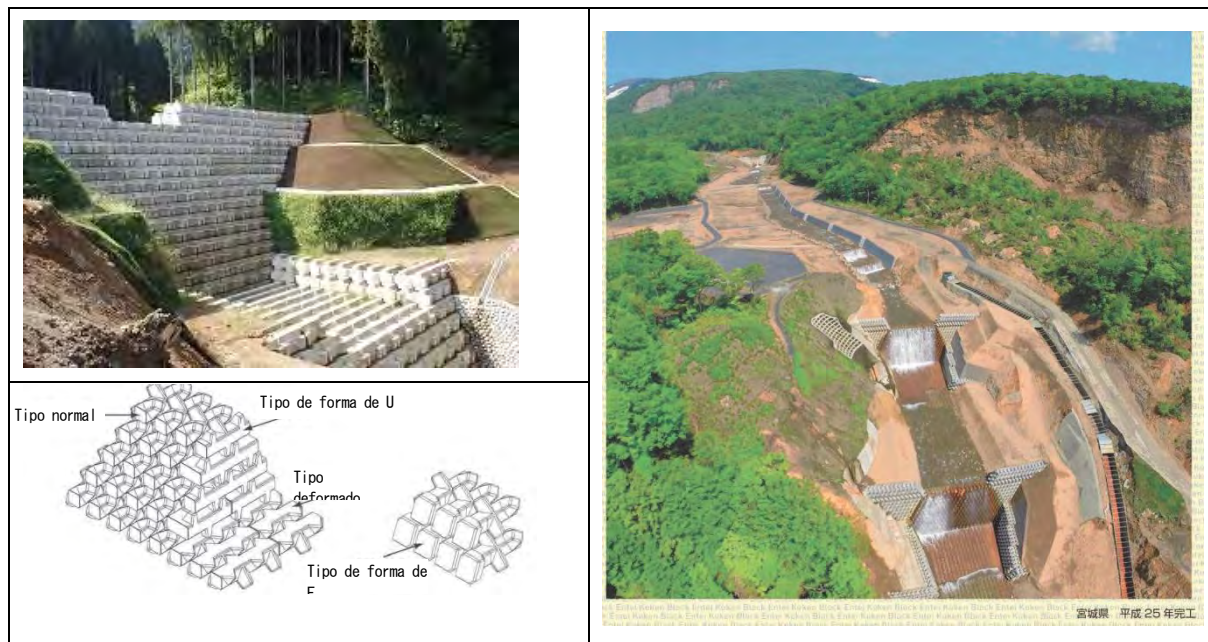
Fuente: Guía de aprovechamiento del suelo estabilizado con cemento para el control de deslizamiento de arena (bajo la dirección del Grupo de Estudio de Aprovechamiento del Suelo Estabilizado con Cemento para el Control del Deslizamiento de Arena)

Figura 14.4.6 Idea del suelo estabilizado con cemento para el control del deslizamiento de arena

Es una tecnología prometedora en lugares en que se puede utilizar aguas subterráneas como en los casos observados de tomar el agua en pozos aun en los ríos que no tienen agua superficial en la temporada seca. En caso de que los sitios de obra estén cerca, se puede optimizar la fabricación del suelo estabilizado con cemento construyendo una planta de fabricación intensiva.

(4) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras utilizando elementos prefabricados (dique de mampostería de bloques de hormigón)

Es una tecnología para construir una estructura montando con grúa u otra máquina bloques de hormigón fabricados en una planta o lugares cercanos del sitio. Por la facilidad de construcción, suele utilizarse como medidas provisionales de emergencia, pero también se utiliza para la construcción de diques reales.



Fuente: Folleto del fabricante (Nihon Kohken, S.A.)

Figura 14.4.7 Casos concretos de construcción del dique de mampostería de bloques de hormigón

Para obras de escala pequeña se puede utilizar una retroexcavadora para colgar bloques, pero normalmente se utiliza una grúa, por lo que esta tecnología se puede aplicar en sitios en que se pueda construir una rampa. Se ha desarrollado también una tecnología de insertar tubos de acero para evitar la separación de bloques.

(5) Construcción de facilidades de control de deslizamiento de tierras apropiada para un terreno muy reducido (tecnología de control de huaycos mediante postes)

En caso de construir facilidades de control de deslizamiento de arena en un terreno muy reducido en forma de quebrada, en muchos casos es necesario también arreglar el talud porque un dique normal de control de deslizamiento de arena requiere que sus mangas sean incrustadas. Sin embargo, en el Perú suelen construir estructuras inestables sin la incrustación de las mangas porque la obra del arreglo del talud no es tan común.

Como tecnología para resolver dicho problema, en las quebradas estrechas representadas por Chosica se utiliza la tecnología suiza de la Ring-Nets (redes de anillas) en los últimos años. Semejante producto se utiliza en Japón también (nombre del producto: Barrera TAMPO), pero no se utiliza como obra perpetua sino solamente como medidas provisionales inmediatamente después de un desastre. A continuación se presenta un producto recientemente desarrollado llamado "Urban Guard" como tecnología de obra perpetua propia de Japón.

Urban Guard es un producto inicialmente desarrollado para contener derrumbes en pendientes y luego

aplicado para el control de huaycos en torrentes montañosos. Se compone de postes, redes de cables de acero y redes de alambre. Es autoestable y tiene la estructura de estabilización contra un golpe directo de huayco en el sedimento.



Fuente: Folleto del fabricante (PROTEC ENGINEERING, Co., Ltd.)

Figura 14.4.8 Urban Guard, tecnología de control de huaycos mediante postes (izquierda: estructura terminada, derecha: estructura en construcción)

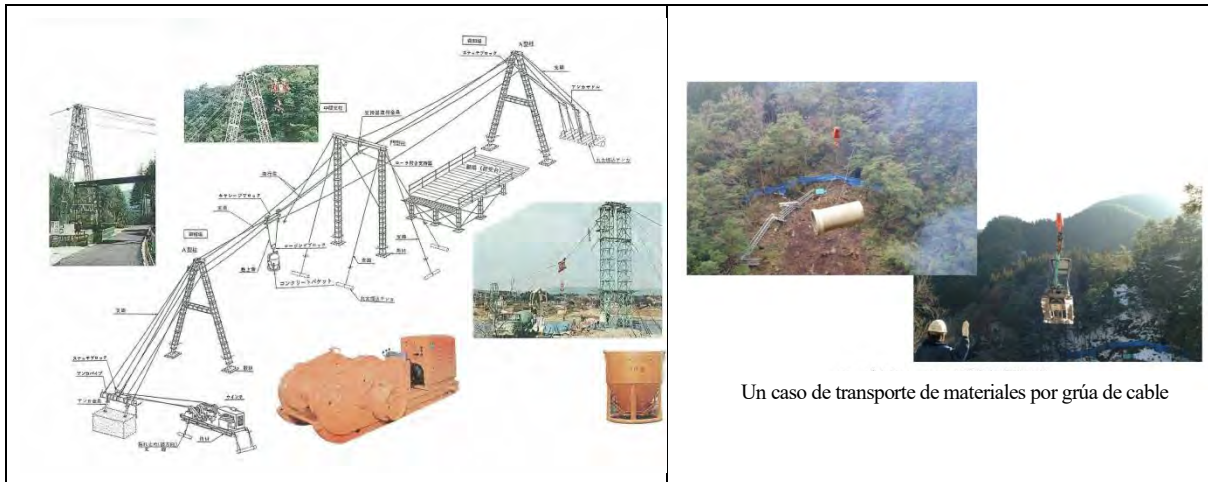
Esta tecnología es aplicable, al igual que la tecnología de Ring-Nets, para ríos montañosos con guijarros transportados relativamente grandes. También es aplicable a torrentes montañosos relativamente pequeños. Para la construcción se requiere el acceso de una máquina perforadora o una grúa al sitio de construcción ya que es necesario perforar la tierra para construir la base y colocar los postes.

(6) Medios de transporte de máquinas y materiales en lugar de carreteras

En el Perú, especialmente en zonas montañosas, las carreteras están en malas condiciones, y aun en la actualidad las obras son ejecutadas principalmente por la fuerza humana. Para implementar obras de construcción mecanizadas al igual que Japón, es necesario construir rampas de entrada para la obra, pero hay muchos lugares que tienen la dificultad de construirlas. Como métodos de transporte de máquinas y materiales en dichos lugares sin construir carreteras y rampas, se presentan a continuación el cable aéreo (grúa en cable) y raíl para la obra (alias monorraíl).

(a) Cable aéreo (grúa en cable)

Es una tecnología de tender un cable de alambre y transportar máquinas y materiales utilizando un torno. Se utiliza principalmente en lugares donde resulta difícil construir una carretera en zonas montañosas. Por su velocidad de transporte generalmente rápida (100 metros o más/minuto), es apropiada para el transporte de larga distancia. Sin embargo, cuanto más se extiende la distancia, tanto más grande son los soportes y las anclas, por lo que generalmente se utiliza mucho en la distancia de transporte de menos de 1 km. En Japón también se utiliza mucho en obras de control de deslizamiento de arena y de tierras.



Fuente: (Izquierda) Folleto del fabricante. (Derecha) Agencia Regional de Desarrollo de Kyushu del Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo (Plan de gestión de directrices de la tecnología de control de deslizamiento de arena, versión de construcción)

Figura 14.4.9 Casos de construcción de cables y de transporte de máquinas y materiales

(b) Raíl para la obra (monorraíl)

Es una tecnología de construir entre 1 y 3 raíles para transportar máquinas y materiales. Tiene la capacidad de transportar entre 200 kg y 4 t y tiene desarrollados diferentes modelos según el peso de la carga. Se utiliza principalmente en lugares montañosos con dificultad de construir carreteras. Debido a la velocidad generalmente lenta de transporte (50 metros/minuto), no es apropiada para el transporte de larga distancia.



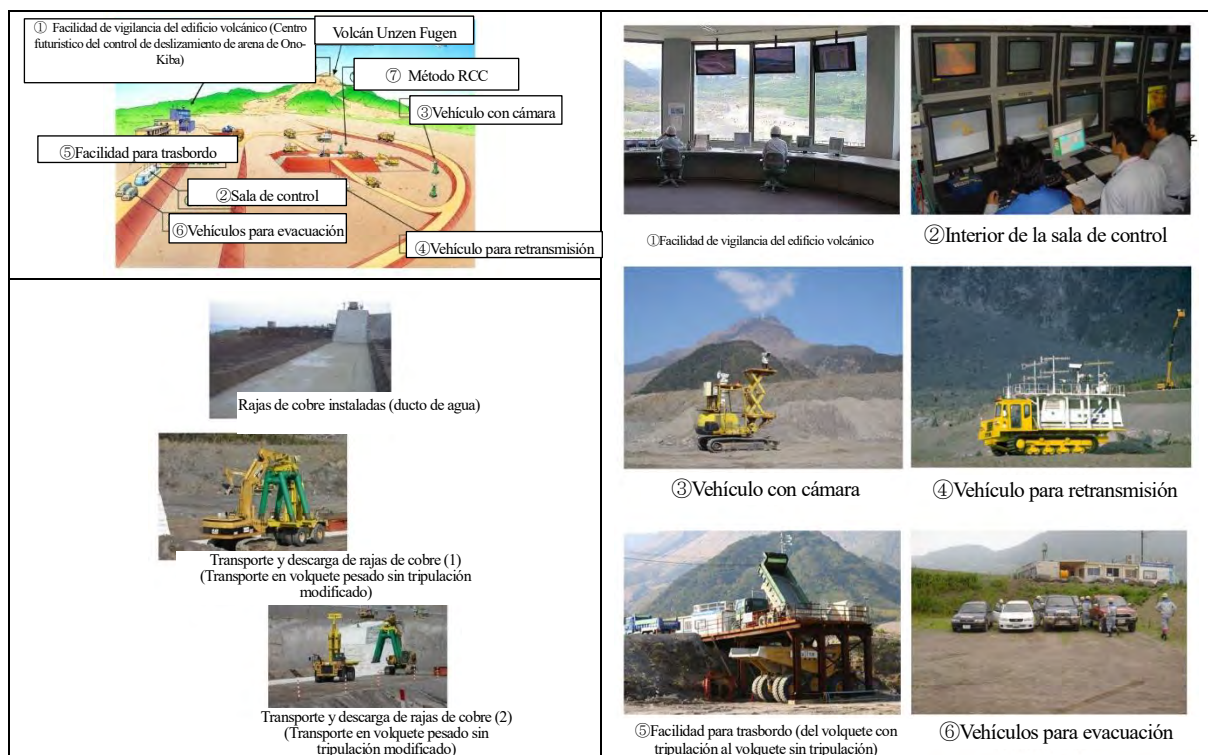
Fuente: Folleto del fabricante (Koei-m, Co., Ltd.)

Figura 14.4.10 Raíl para la obra

(7) Construcción en lugares peligrosos (construcción sin tripulación)

Aunque no hubo necesidades en los sitios del presente Estudio, se presenta a continuación un caso de la construcción sin tripulación practicada en Japón como una medida para lugares peligrosos para la construcción como un volcán activo.

La construcción sin tripulación mediante el control remoto es uno de los métodos de construcción que permiten instalar estructuras de control de deslizamiento de tierras en lugares peligrosos para el trabajo humano. En este apartado se presenta un caso de construcción en el pie de un volcán en actividad en la ciudad de Unzen de la región de Kyushu.



Fuente: Documentos de la Agencia Regional de Desarrollo de Kyushu

Figura 14.4.11 Construcción sin tripulación en Unzen

14.4.2 Medidas de control de inundaciones sin estructuras

Entre las medidas de control de inundaciones y huaycos sin estructuras, se presentan a continuación las tecnologías propias de Japón enfocando en la prevención de desastres de huaycos. Al igual que las medidas con estructuras, primero se mencionan problemas reconocidos en el Perú y recomendaciones para resolverlos separándolos entre el aspecto institucional y el aspecto técnico, mostrados en las Tabla 14.4.2 y Tabla 14.4.3 respectivamente, y luego se mencionan especificaciones técnicas concretas.

Tabla 14.4.2 Problemas institucionales en el Perú y sistemas e instituciones japoneses que se presentarán

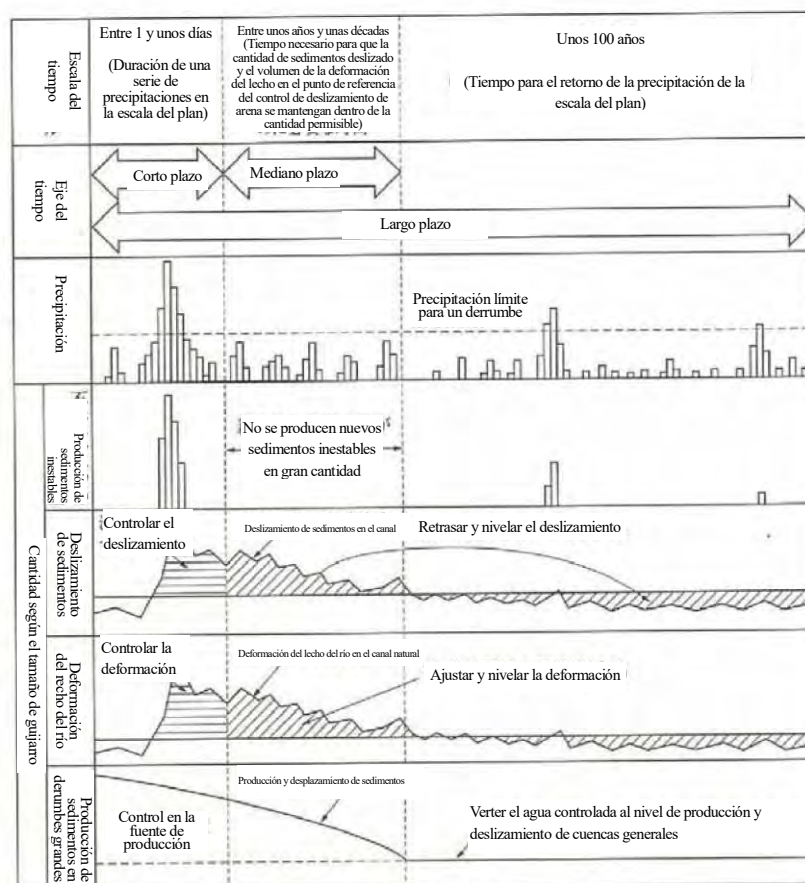
Problema institucional	Política de presentación de sistemas e instituciones japoneses
Hay muchas zonas grises en que, siendo zonas de conservación, hay edificios de ocupación ilegal. Si bien están fijadas áreas reguladas, no se las respeta.	Avanzar en el desarrollo de sistemas legales y de cumplimiento. Es necesario crear un sistema de zonas reguladas aceptables, con la inclusión de medidas favorables como incentivos fiscales aplicados en Japón para <ul style="list-style-type: none"> ● Zonas destinadas para el control de deslizamiento de arena, bosques reservados o zonas de precaución de desastres de huaycos. Primero es necesario resumir ideas sobre terrenos (privados y públicos) apropiados para el Perú.

Problema institucional	Política de presentación de sistemas e instituciones japoneses
Hay muchos torrentes montañosos cuyo fin está desaparecido. Debido a que en la actualidad existen viviendas y carreteras que atraviesan, es difícil construir un nuevo curso.	Hay lugares en que habrá que utilizar medidas temporales como construir parapetos en la acera para proteger viviendas. Lo ideal sería un desahucio mediante una orden legal obligatoria, pero requeriría un tiempo considerable. Para torrentes pequeños hay un método de controlar sedimentos en el curso superior y permitir que se desborde en las calles el agua inocua con baja densidad. Teniendo un terreno apropiado en el curso superior, sería posible controlar inundaciones con diques de control de deslizamiento de arena o diques longitudinales, pero habrá que tener cuidado porque un dique diseñado con baja precisión numérica de sedimentos puede causar un desbordamiento al recibir la presión externa excesiva produciendo desastres aún mayores. La ciudad de Santa Eulalia de la Provincia de Lima dio la información de evacuación basándose en la vigilancia de datos de precipitación y logró no registrar ningún daño humano en la inundación de 2017. Es necesario tomar dicha experiencia como un buen ejemplo y crear sistemas de difusión de información sobre lugares peligrosos y de evacuación, como medidas no materiales.
Debido a que en muchos casos son las municipalidades las que construyen estructuras de control de deslizamiento de arena, la escala y la calidad de dichas estructuras están limitadas. Suelen ser estructuras de escala pequeña posibles de construir con la fuerza humana.	Debido a que entre las municipalidades no se puede asegurar la coherencia y la uniformidad de la construcción de facilidades, se recomienda <ul style="list-style-type: none"> ● Cambiar la entidad constructora en, por ejemplo, gobierno provincial, o crear ● Un sistema de inspección del diseño por organizaciones superiores. (En Japón el gobierno prefectural es la entidad ejecutora de construcción de estructuras de control de deslizamiento de arena. El Ministerio de Territorio, Infraestructura, Transporte y Turismo, que es el órgano superior, inspecciona planes y diseños).

Tabla 14.4.3 Problemas técnicos en el Perú y tecnologías japonesas que se presentarán

Problemas técnicos	Política de presentación de tecnologías japonesas
No están establecidos factores y condiciones que constituyan el fundamento de planes como la escala del plan, puntos de referencia, zonas destinadas para la conservación, cantidad de sedimentos del plan, etc.	Establecer factores y condiciones de acuerdo con el resultado de desastres ocurridos y estudios en sitio. Es necesario tener un documento de condiciones básicas que indique el método de estudio siguiente. <ul style="list-style-type: none"> ● Método de estudio de la dinámica de sedimentos En el registro de desastres hay solamente cifras de pérdidas, y carece de registro de alcance y estado de desbordamientos (altura del agua desbordada, profundidad de erosión y sedimentación).
No hay normativa sobre la distribución y el diseño de facilidades. Inclusive hay construcciones que parecen construidas por capricho. Parece que al nivel de municipalidad no se entiende ni siquiera el caudal de diseño.	Es necesario tener un documento de condiciones básicas que indique la forma de establecer las condiciones y la idea de diseño. No es deseable una simulación numérica de nivel alto sino un método verificable por cada uno de los ingenieros mediante cálculos a mano.

En el Perú, para elaborar métodos de planificación y normas técnicas, es necesario tomar en cuenta, además del control de deslizamiento de arena de ríos o el control de sedimentos en las cuencas, planes fluviales y de canales, ya que hay muchos casos de desastres de desbordamiento del río que parecen tener mucha relación con el fenómeno de desplazamiento de sedimentos.



Fuente: Documento de la Agencia Regional de Desarrollo de Chubu

Figura 14.4.12 Concepto del plan de control de deslizamiento de arena de los ríos

Aunque las tecnologías japonesas no siempre se puedan aplicar directamente debido a que para el control de inundaciones sin estructuras es necesario tener en cuenta las condiciones sociales, a continuación se presentan sistemas y tecnologías considerados efectivos también en el Perú, según la política mostrada en Tabla 14.4.2 y Tabla 14.4.3.

(1) Método de estudio de la dinámica de sedimentos

En la situación actual no se puede elaborar un plan básico de control de deslizamiento de arena debido a que no se han conocido los elementos básicos como la cantidad planeada de sedimentos. Por lo tanto, es necesario verificar los siguientes elementos básicos mediante estudios.

- Producción de sedimentos
- Descarga de sedimentos propuestos
- Descarga de sedimentos permisibles
- Plan de control de sedimentos

Además de dichos elementos, un estudio de la cantidad de carga suspendida y arrastre de fondos y su composición es necesario debido a que la política de control es diferente según el tipo de desplazamiento de sedimentos.

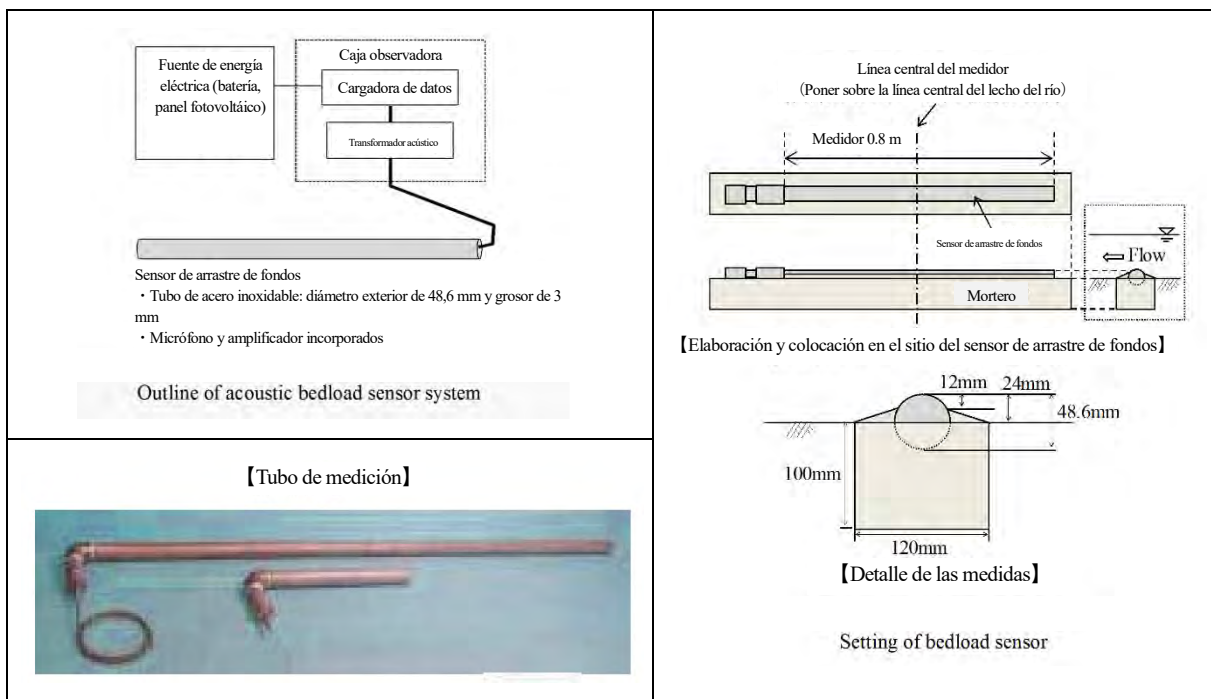
Tabla 14.4.4 Elementos básicos del desplazamiento de sedimentos que se deben estudiar en adelante en el Perú

Composición	Material	Fundamento del control
Suspended load (carga suspendida)	Se transporta como fango y con la disminución de la velocidad del curso se sedimenta y se acumula. Granos pequeños.	Sedimentación en embalse u otras facilidades o traslado hasta la costa por el mantenimiento de la velocidad del curso.
Bedload (arrastre de fondos)	Se transporta cerca del lecho del río. Granos grandes.	Freno del traslado o captura de partículas con diques u otras facilidades o control del inicio del traslado por la disminución del grado de inclinación.

Fuente: Misión de Estudio

Se observará la carga suspendida mediante el análisis de densidad y distribución según el tamaño de granos y el cálculo de datos de turbidímetro con el agua directamente sacada. Tiene la característica de medición fácil en comparación con el arrastre de fondos.

Para la observación del arrastre de fondos, hay una observación indirecta mediante un sensor acústico de arrastre de fondos y una observación directa mediante un foso observador de arrastre de fondos, ambas son de escala grande en comparación con la carga suspendida. También es importante la selección de puntos de observación teniendo en cuenta los cambios en dirección horizontal.



Fuente: (Izquierda superior y derecha) Páginas I-115 a 164 de Colección de Trabajos de la Sociedad Japonesa de Ingeniería de Irrigación, Drenaje y Reclamación, No. 299. (Izquierda inferior) Folleto del fabricante (Ikeda Keiki Co., Ltd.)

Figura 14.4.13 Resumen del sensor acústico de arrastre de fondos

(2) Detección de un huayco

El sensor de huayco es un medidor para detectar el deslizamiento de sedimentos. Se utiliza para la gestión de seguridad en sitios de obra con el riesgo de huayco y la alerta y evacuación de habitantes del curso inferior. Se utiliza ampliamente el sensor de cables de estructura simple, pero hay otros sensores desarrollados como

de tipo de detección de vibración.

Es necesario conocer suficientemente las condiciones del sitio para la selección del lugar de instalación y el ajuste y mantenimiento según la naturaleza del sensor. También será necesario instalarlo en un lugar que permita la evacuación con tiempo suficiente después de la detección de un deslizamiento.

(a) Sensor de cables

Recibe la señal que emiten los cables al cortarse por un huayco. Tiene la estructura simple y su mantenimiento es relativamente fácil. Sin embargo, cuando un cable se corta, hay que restaurarlo en el sitio, por lo que no es apropiado para la instalación en lugares en que los huaycos ocurren frecuentemente o el acceso no es fácil. También requiere cuidado porque el traslado de animales o la caída de piedras pueden cortar los cables.



Fuente: Folleto del fabricante (Sakatadenki, Co., Ltd.)

Figura 14.4.14 Caso concreto de instalación del sensor de cables (caso de instalación en un aliviadero)

(b) Sensor de vibración y sonido

Detecta la vibración o sonido que se generan en un huayco. Es un sensor sin contacto que no requiere la restauración del cable y operable durante toda la temporada de lluvias torrenciales. Hay que instalar una fuente de fuerza eléctrica aparte para el sensor, por lo que el sistema suele ser grande y costoso. Debido a que requiere un ajuste fino de la sensibilidad con algunos huaycos reales, no es apropiado para torrentes con menor grado de incidencia.

(c) Sensor de láser (óptico)

Al igual que el sensor de vibración y sonido, es de tipo sin contacto y tiene las mismas ventajas y desventajas. A pesar de que su consumo eléctrico es grande, se puede instalar en un lugar con cierta distancia del fondo del valle y además puede resistir la deformación vertical del lecho del río debido al deslizamiento de sedimentos. El lugar de instalación está limitado porque no funciona bajo una lluvia torrencial o una niebla espesa que puedan interrumpir el rayo del láser.

