

**Ministerio de Agricultura
República de Perú**

**ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ**

**INFORME FINAL
INFORME PRINCIPAL
I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES
ANEXO-3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL
ANEXO-4 PLAN DE CONTROL DE
INUNDACIONES
ANEXO-5 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA
DEL RÍO CHIRA
ANEXO-6 PLAN DE CONTROL DE
SEDIMENTOS**

Marzo de 2013

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
Nippon Koei Co., Ltd
Nippon Koei Latin America – Caribbean Co., Ltd.

GE
CR(4)
13 - 098

Ministerio de Agricultura
República de Perú

**ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ**

**INFORME FINAL
INFORME PRINCIPAL
I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES**

Marzo de 2013

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
Nippon Koei Co., Ltd
Nippon Koei Latin America – Caribbean Co., Ltd.

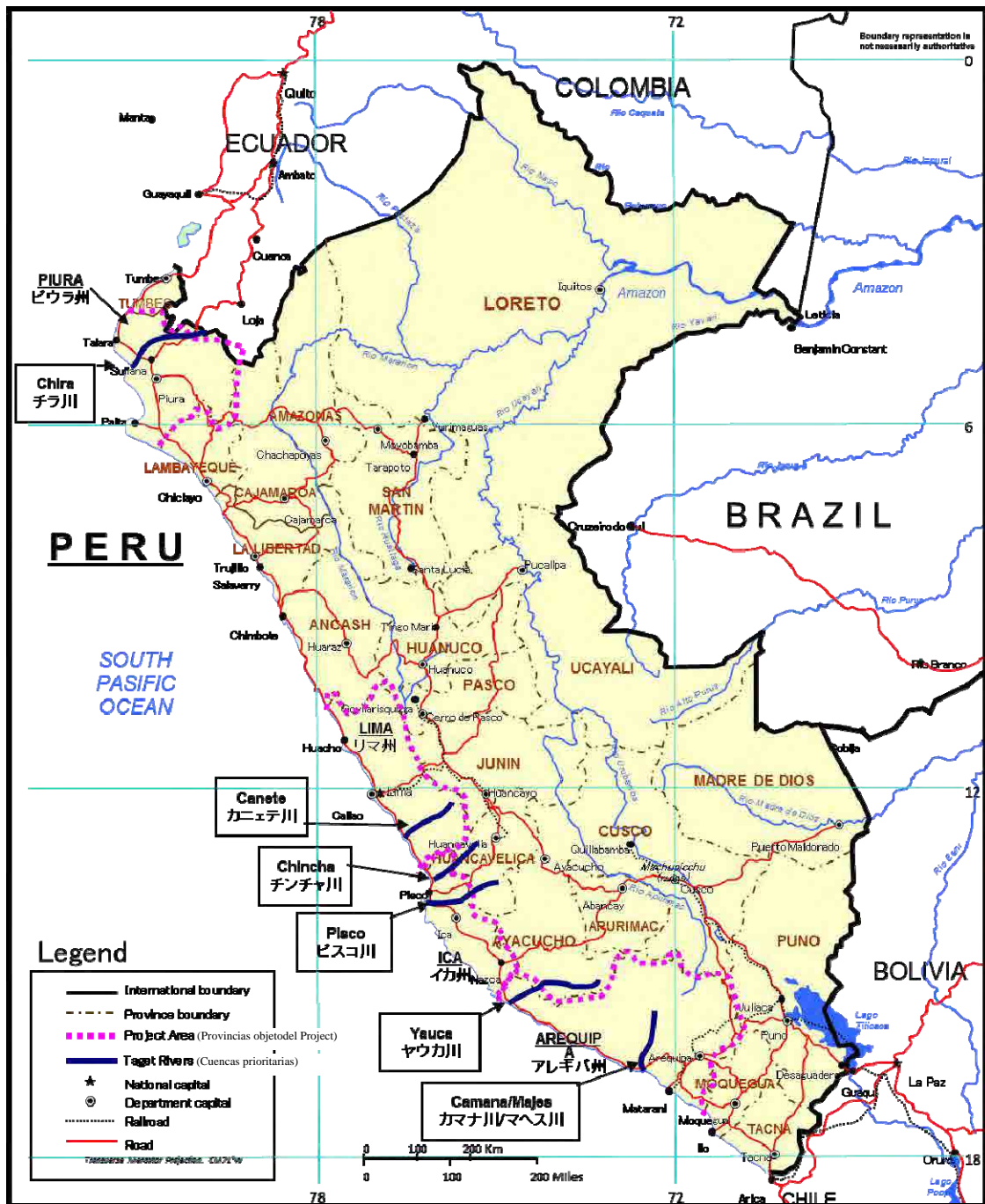


Figura Área del Estudio

**ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL
I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES**

INDICE

Capítulo I	Método de Análisis de Inundaciones	1-1
1.1	Selección del método de cálculo.....	1-1
1.2	Establecimiento de las condiciones de cálculo.....	1-4
1)	Resumen de las cuencas.....	1-4
2)	Establecimiento de las condiciones de cálculo.....	1-13
Capítulo II	Resultado de Análisis de Inundaciones	2-1
2.1	Río Chira.....	2-2
1)	Caudal según los diferentes períodos de retorno.....	2-2
2)	Resultado de análisis de desbordamiento según diferentes períodos de retorno (situación actual).....	2-2
3)	Resumen de las estructuras de toma de medidas.....	2-5
4)	Resultados de análisis de desbordamiento según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas).....	2-7
2.2	Río Cañete.....	2-10
1)	Caudal según diferentes períodos de retorno.....	2-10
2)	Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual).....	2-10
3)	Resumen de las estructuras de toma de medidas.....	2-14
4)	Resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas).....	2-16
2.3	Río Chincha.....	2-19
1)	Caudal según diferentes períodos de retorno.....	2-19
2)	Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual).....	2-19
3)	Resumen de las estructuras de toma de medidas.....	2-25
4)	Resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas).....	2-28

2.4	Río Pisco	2-33
1)	Caudal según diferentes períodos de retorno.....	2-33
2)	Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)	2-33
3)	Resumen de las estructuras de toma de medidas.....	2-37
4)	Resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas).....	2-39
2.5	Río Yauca	2-42
1)	Caudal según diferentes períodos de retorno.....	2-42
2)	Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)	2-42
3)	Resumen de las estructuras de toma de medidas.....	2-45
4)	Resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas).....	2-47
2.6	Ríos Camana y Majes.....	2-50
1)	Caudal según diferentes períodos de retorno.....	2-50
2)	Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)	2-50
3)	Resumen de las estructuras de toma de medidas.....	2-54
4)	Resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas).....	2-56
Capítulo III Resumen		3-1

Tablas

Tabla 1.1 1	Metodología de análisis de inundaciones	1-2
Tabla 1.2-1	Ríos objeto de análisis de inundaciones	1-4
Tabla 2.1-1	Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Río Chira).....	2-2
Tabla 2.1-2	Resultado del análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chira).....	2-2
Tabla 2.1-3	Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chira).....	2-7
Tabla 2.2-1	Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Río Cañete).....	2-10
Tabla 2.2-2	Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Cañete)	2-11
Tabla 2.2-3	Resultados del análisis de desbordamiento después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Cañete)	2-16
Tabla 2.3-1	Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Río Chincha)	2-19
Tabla 2.3-2	Resultado de análisis de desbordamiento en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chincha)	2-20
Tabla 2.3-3	Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chincha)	2-28
Tabla 2.4-1	Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Río Pisco)	2-33
Tabla 2.4-2	Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Pisco).....	2-34
Tabla 2.4-3	Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Pisco).....	2-39
Tabla 2.5-1	Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Río Yauca)	2-42
Tabla 2.5-2	Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Yauca).....	2-43
Tabla 2.5-3	Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Yauca).....	2-47
Tabla 2.6-1	Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Ríos Camaná y Majes)	2-50
Tabla 2.6-2	Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Ríos Camaná y Majes)	2-51
Tabla 2.6-3	Resultados del análisis de desbordamiento después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Ríos Camaná y Majes)	2-56
Tabla 3.	Resultado de análisis de inundaciones (número de mallas inundadas y superficie inundada).....	3-1

Figuras

Figura 1.1 1	Concepto del modelo unidimensional.....	1-1
Figura 1.1-2	Esquema conceptual del modelo de análisis de inundaciones	1-3
Figura 1.2-1	Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Chira).....	1-5
Figura 1.2-2	Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Chira).....	1-5
Figura 1.2-3	Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Cañete).....	1-6
Figura 1.2-4	Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Cañete)	1-6
Figura 1.2-5	Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Chico).....	1-7
Figura 1.2-6	Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Chico)	1-8
Figura 1.2-7	Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Matagente).....	1-9
Figura 1.2-8	Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Matagente).....	1-9
Figura 1.2-9	Fotografía satélital según Google Earth) (Río Pisco)	1-10
Figura 1.2-10	Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Pisco).....	1-10
Figura 1.2-11	Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Yauca).....	1-11
Figura 1.2-12	Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Yauca).....	1-11
Figura 1.2-13	Fotografía satélital (se debe a Google Earth) (Ríos Camaná y Majes)	1-12
Figura 1.2-14	Mapa de aprovechamiento de tierra (Ríos Camaná y Majes)	1-12
Figura 2.1-1	Hidrograma (Río Chira).....	2-2
Figura 2.1-2	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Chira).....	2-6
Figura 2.2-1	Hidrograma (Río Cañete)	2-10
Figura 2.2-2	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Cañete)	2-15
Figura 2.3-1	Hidrograma (Río Chincha)	2-19
Figura 2.3-2	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Chico).....	2-25
Figura 2.3-3	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Matagente).....	2-27
Figura 2.4-1	Hidrograma (Río Pisco).....	2-33
Figura 2.4-2	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Pisco).....	2-38
Figura 2.5-1	Hidrograma (Río Yauca).....	2-42
Figura 2.5-2	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Yauca).....	2-46
Figura 2.6-1	Hidrograma (Ríos Camaná y Majes)	2-50
Figura 2.6-2	Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Camaná y Majes).....	2-55

Capítulo I Método de Análisis de Inundaciones

En cuanto a las zonas propensas a inundaciones, se requiere identificar los terrenos inundables según los diferentes períodos de retorno, de 10, 25 y 50 años. Para el análisis de inundaciones, la DGIH ha utilizado el método HEC-RAS al elaborar el estudio de perfil a nivel de programa, razón por la cual, en principio, se utilizará dicho método tras las revisiones y modificaciones, según las necesidades.

1.1 Selección del método de cálculo

Normalmente, para el análisis de desbordamiento se utilizan los tres métodos siguientes:

- ① Modelo unidimensional de flujo variado
- ② Modelo de tanques
- ③ Modelo bidimensional horizontal de flujo variado

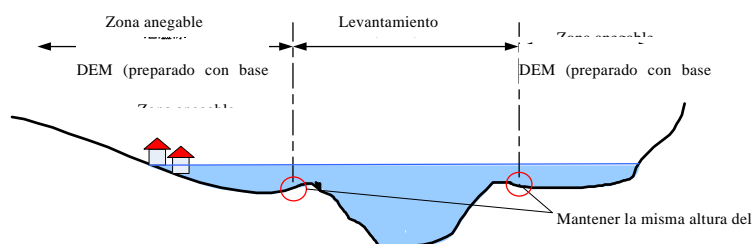

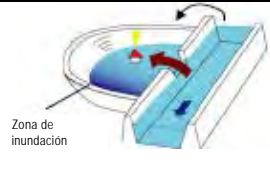
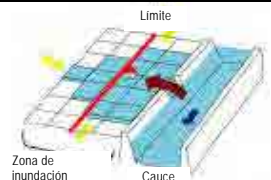


Figura 1.1-1 Concepto del modelo unidimensional

El tiempo y el costo requerido por cada método varían considerablemente, por lo que se seleccionará el método más eficiente que garantice el grado de precisión requerido para la elaboración del mapa de zonas anegables.

En la Tabla 1.1-1 se muestran las características de cada método de análisis. Por los resultados de la simulación de inundaciones históricas realizada por DGIH y las pendientes de los ríos entre 1/100 y 1/300, se supuso que las inundaciones son del tipo gravedad, por lo que inicialmente se había seleccionado el modelo unidimensional de flujo variado. Sin embargo, se consideró la posibilidad de que el agua desbordada se extienda por la cuenca aguas abajo, por lo que para este estudio se decidió utilizar el modelo bidimensional horizontal de régimen variable para obtener resultados más precisos.

Tabla 1.1-1 Metodología de análisis de desbordamiento

Métodos de análisis	Modelo unidimensional de flujo variado	Modelo de tanques	Modelo bidimensional horizontal de flujo variado
Concepto básico de la definición de la zona de inundación	En este método se considera que la zona de inundación forma parte del cauce del río, y se determina la zona de inundación calculando el nivel de agua del cauce en función del caudal máximo de inundación.	En este método se manejan la zona de inundación y el cauce separadamente, y se considera la zona de inundación como un cuerpo cerrado. A este cuerpo de agua cerrado se le denomina “taque” (<i>pond</i>) en el que el nivel de agua es uniforme. Se determina la zona de inundación en función de la relación entre el caudal desbordado del río y entrado a la zona de inundación, y las características topográficas de dicha zona (nivel de agua – capacidad – superficie).	En este método se manejan la zona de inundación y el cauce separadamente, y se determina la zona de inundación analizando el flujo bidimensional del comportamiento del agua desbordada que entró a la zona de inundación.
Planteamiento			
Características	Es aplicable a las inundaciones en el que el agua desbordada discurre por la zona de inundación por gravedad; es decir, a las inundaciones tipo corriente. En este método se debe manejar el área de análisis como una área desprotegida (sin diques).	Aplicable a las inundaciones tipo estancadas en las que el agua desbordada no se extienden por la presencia de montañas, colinas, terraplenes, etc. El nivel de agua dentro de este cuerpo cerrado se mantiene uniforme, sin pendiente ni velocidad de flujo. En el caso de existir varios terraplenes continuo dentro de la misma zona de inundación, puede ser necesario aplicar el modelo de tanques en serie distinguiendo la región interna.	Básicamente, es aplicable a cualquier tipo de inundaciones. Además del área máxima de inundación y el nivel de agua, este método permite reproducir la velocidad de flujo y su variación temporal. Es considerado como un método preciso en comparación con otros métodos, y como tal, es aplicado frecuentemente en la elaboración de los mapas de riesgo de inundaciones. Sin embargo, por su naturaleza, la precisión de análisis está sujeto al tamaño de las cuadrículas del modelo de análisis.

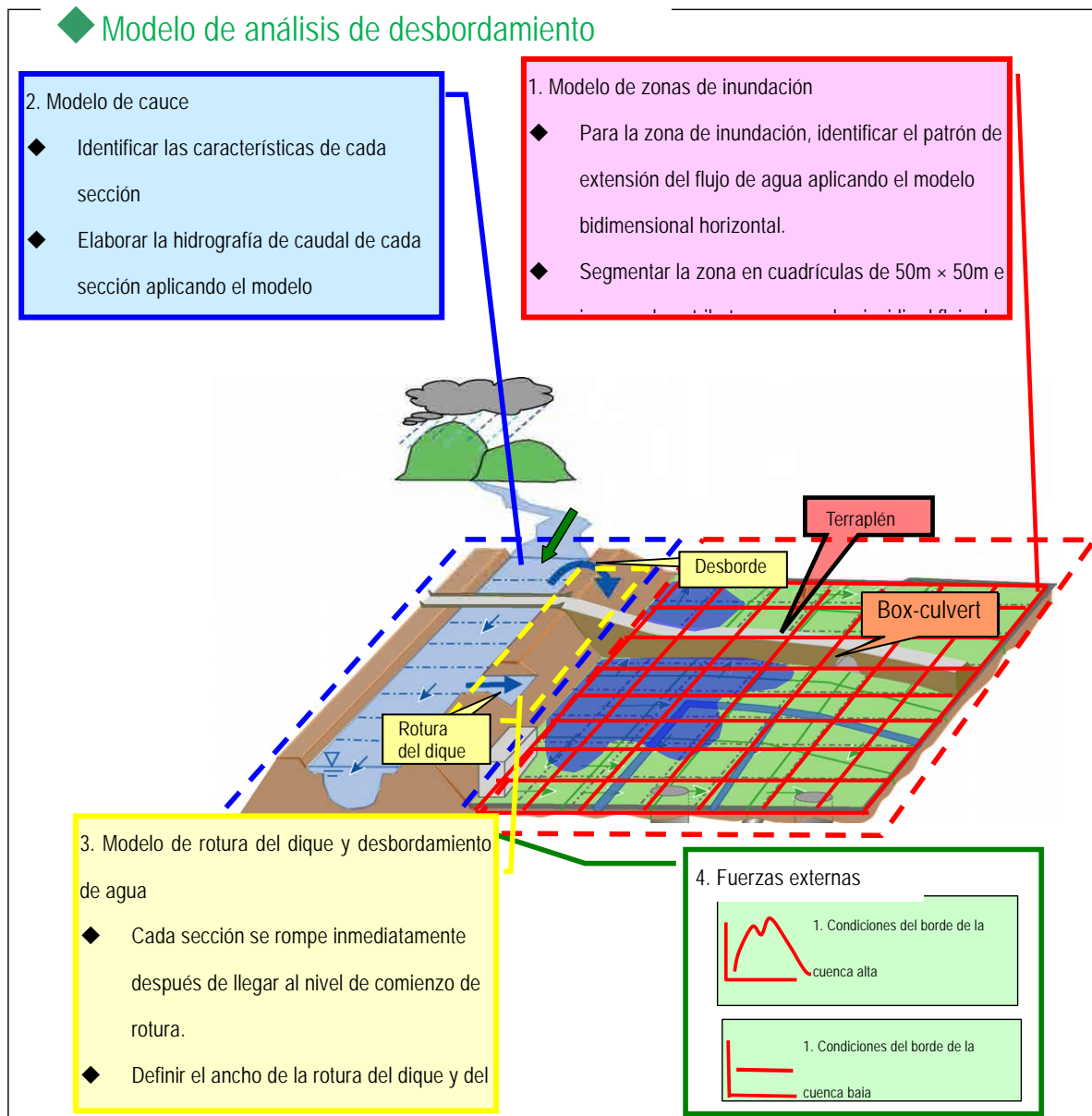


Figura 1.1-2 Esquema conceptual del modelo de análisis de desbordamiento

1.2 Establecimiento de las condiciones de cálculo

1) Resumen de las cuencas

El análisis de inundaciones será realizado en los ríos indicados en la tabla 1.2.1, mostrándose el resumen de cada cuenca respectiva a partir de las páginas siguientes.

Tabla 1.2-1 Ríos objeto de análisis de inundaciones

①	Río Chira
②	Río Cañete
③	Río Chincha (Río Chico, Río Matagente)
④	Río Pisco
⑤	Río Yauca
⑥	Río Camaná, y Río Majes

① Río Chira

En cuanto a la situación del uso de la tierra en los alrededores del río Chira, aguas abajo del río se extienden amplios campos agrícolas y en el curso medio se observan terrenos agrícolas parcialmente concentrados; sin embargo, en comparación con la situación del curso bajo, los terrenos que se extienden a lo largo del río aquí son de forma estrecha.

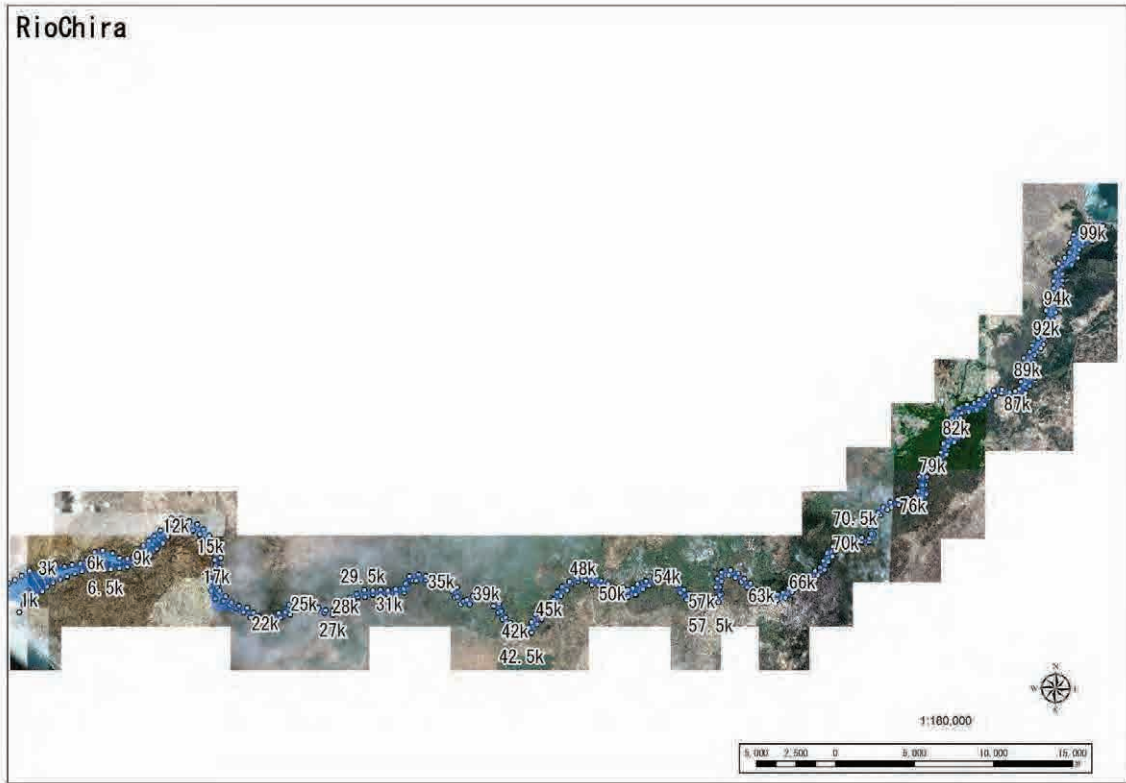


Figura 1.2-1 Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Chira)

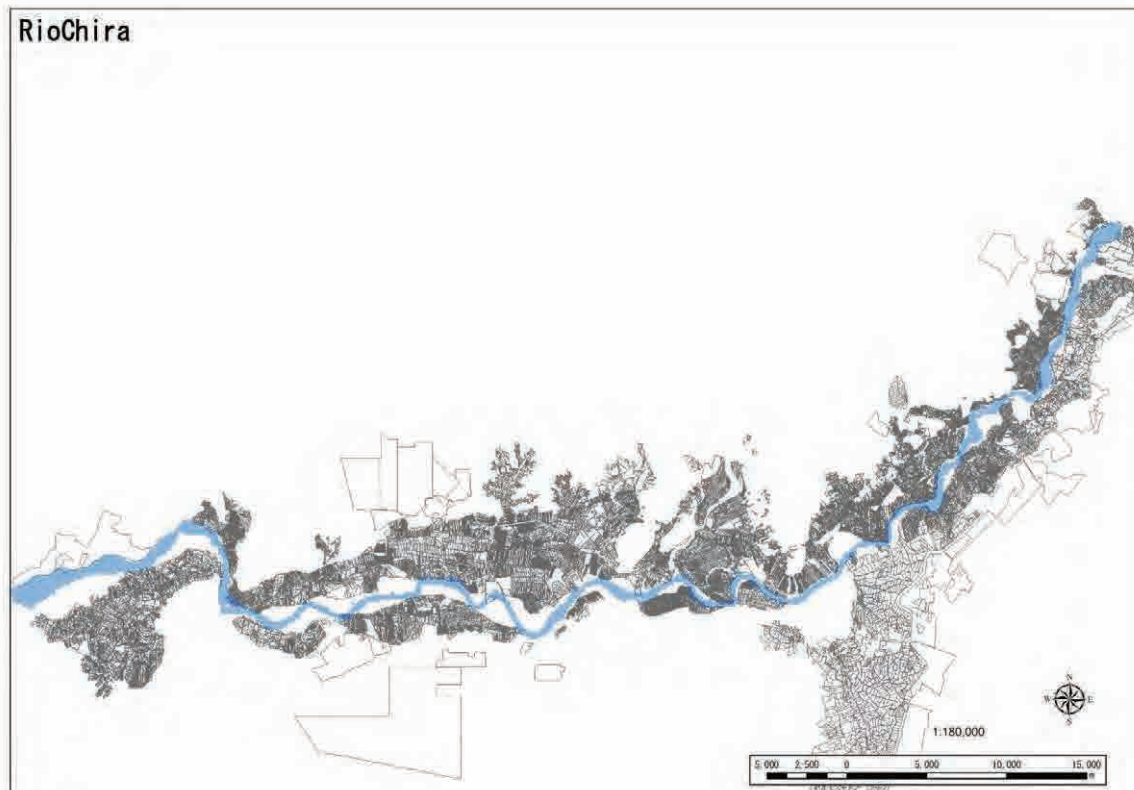


Figura 1.2-2 Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Chira)

② Río Cañete

En cuanto a la situación del uso de la tierra en los alrededores del río Cañete, aguas abajo del río se extienden amplios campos agrícolas y en el curso medio se observan terrenos agrícolas parcialmente concentrados; sin embargo, en comparación con la situación del curso bajo, los terrenos que se extienden a lo largo del río aquí son de forma estrecha.

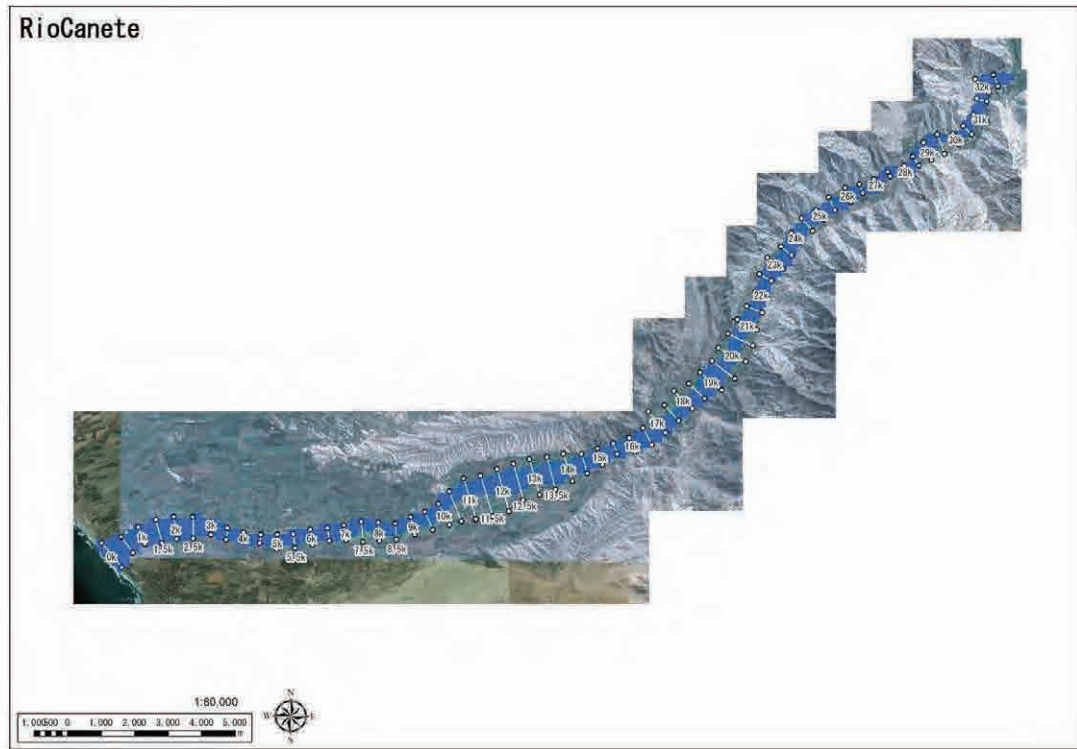


Figura 1.2-3 Fotografía satelital (según Google Earth) (Río Cañete)

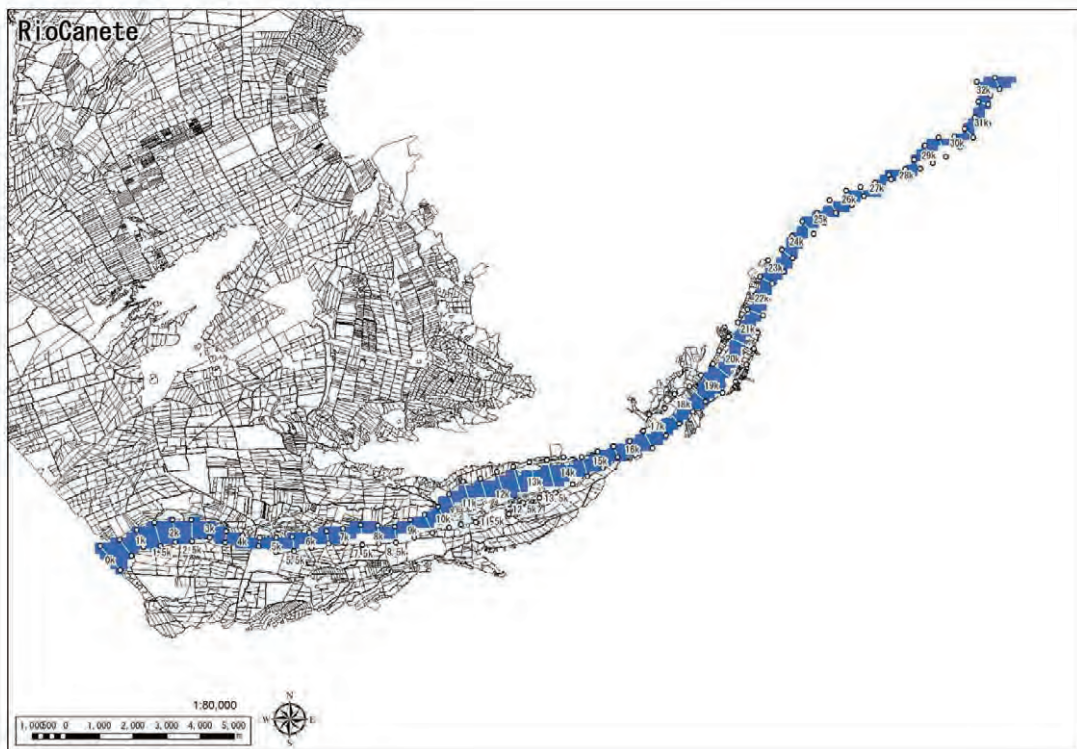


Figura 1.2-4 Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Cañete)

③ Río Chíncha

En cuanto a la situación del uso de la tierra en los alrededores del río Chíncha (río Chico y río Matagente), en el curso bajo se extienden terrenos agrícolas y el casco urbano, e incluso en el curso medio se extienden terrenos agrícolas concentrados.

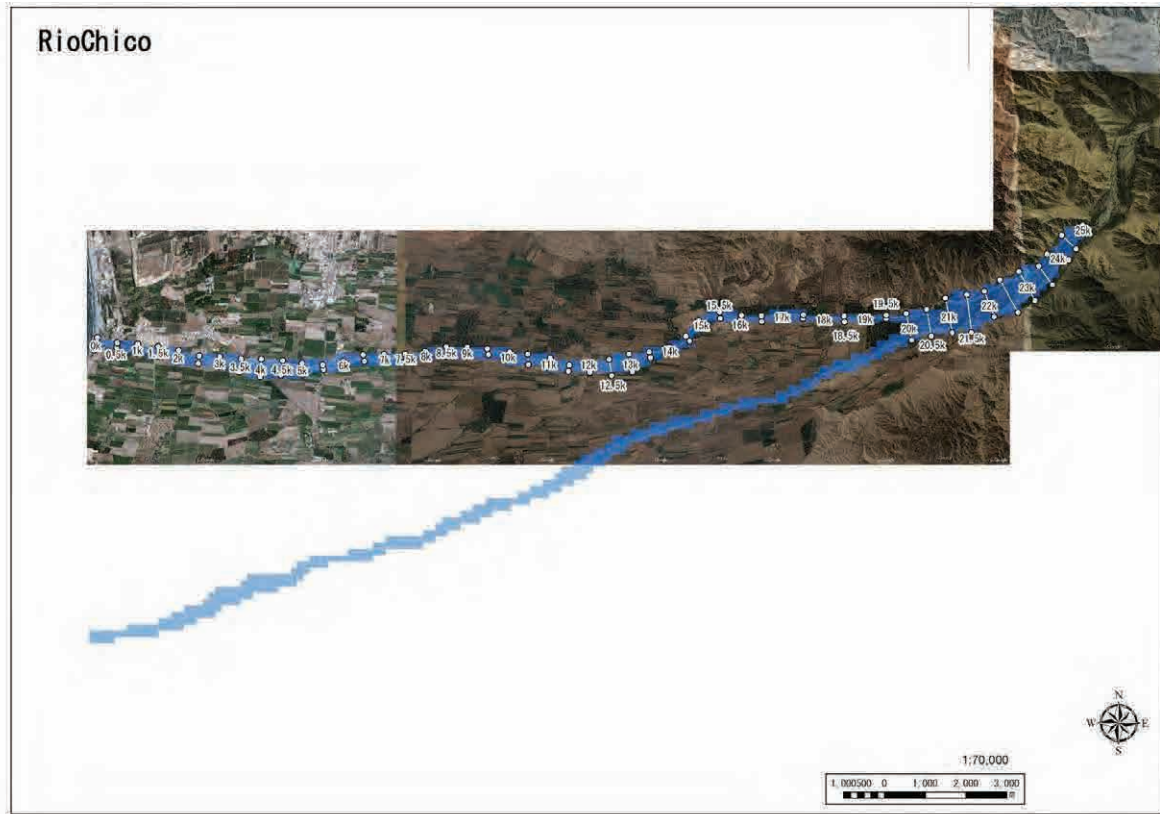


Figura 1.2-5 Fotografía satéltal (según Google Earth) (Río Chico)

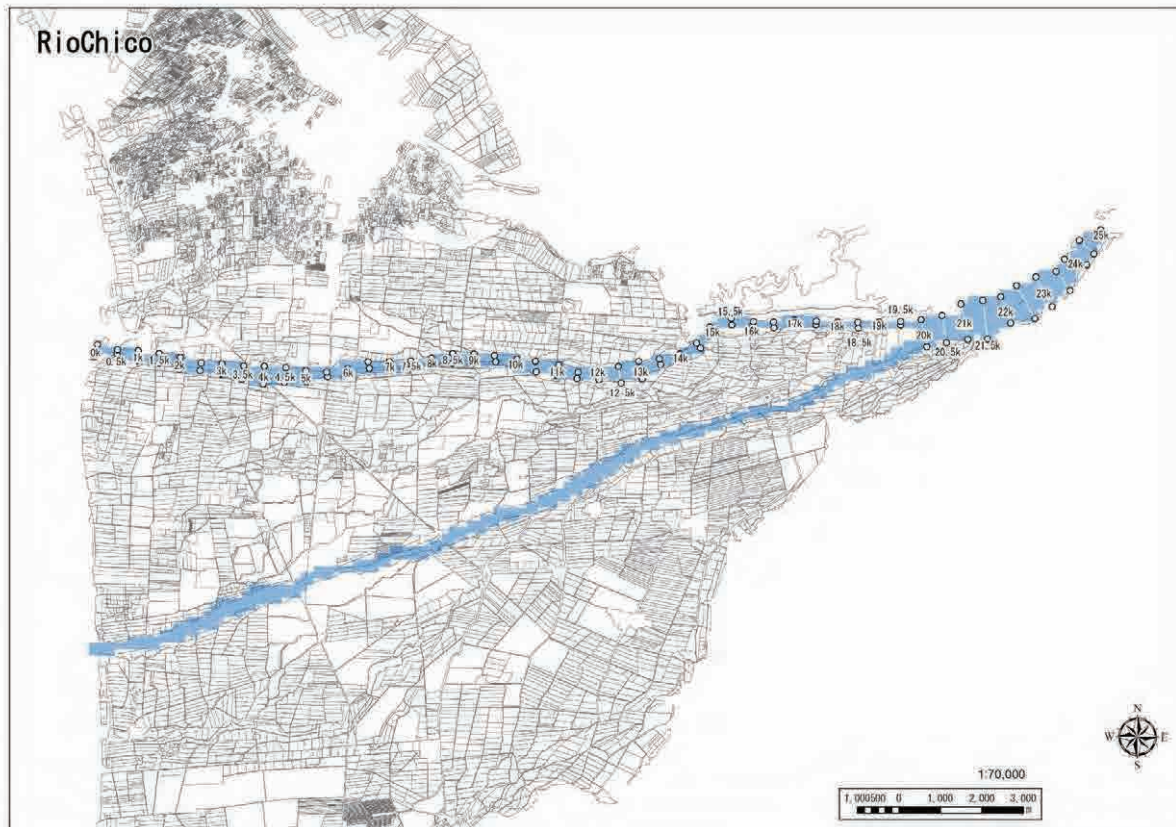


Figura 1.2-6 Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Chico)

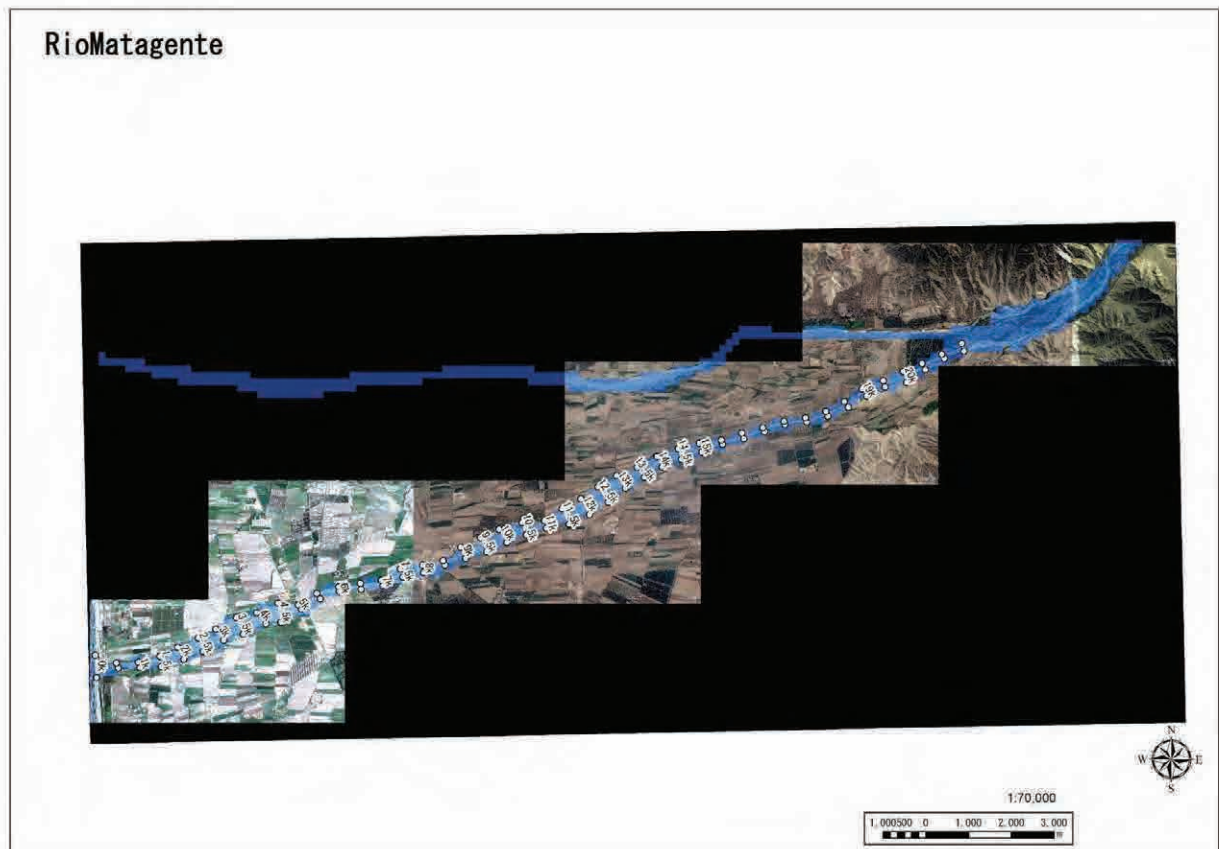


Figura 1.2-7 Fotografía satélital (según Google Earth) (Río Matagente)

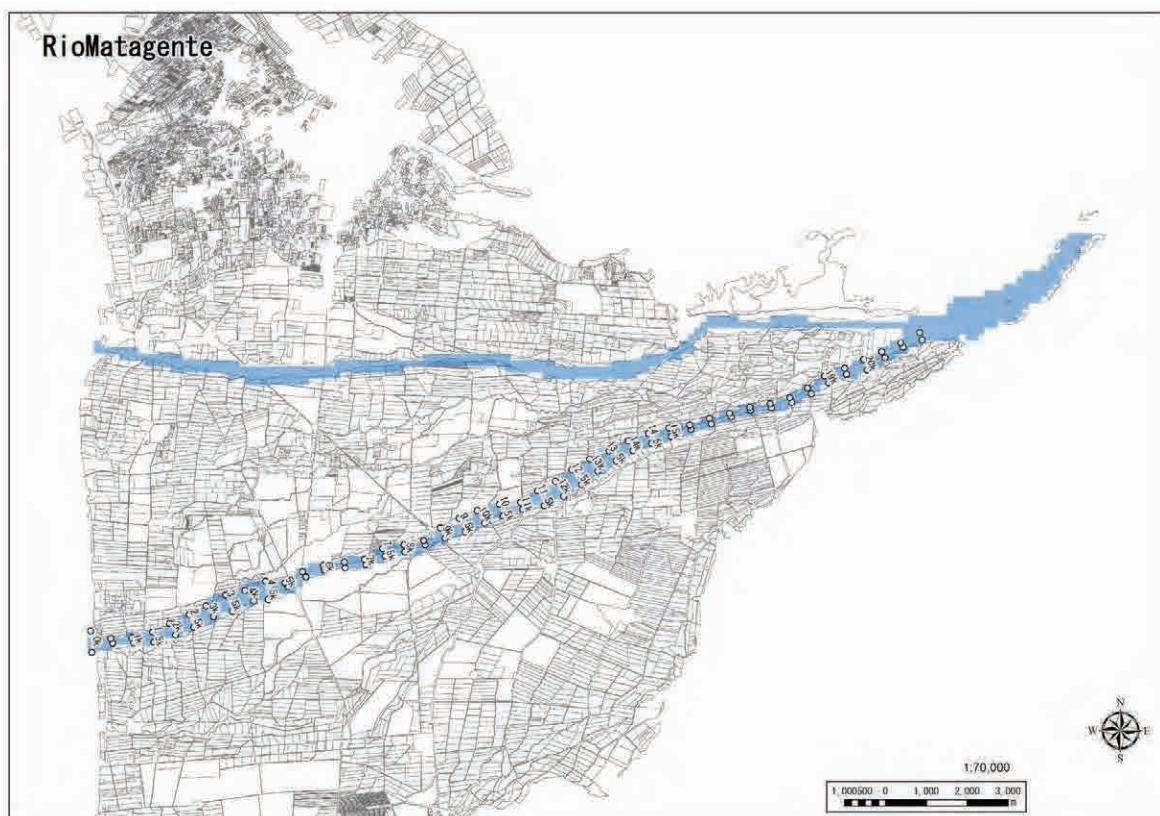


Figura 1.2-8 Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Matagente)

④ Río Pisco

En cuanto a la situación del uso de la tierra en los alrededores del río Pisco, aguas abajo del río se extienden amplios campos agrícolas y en el curso medio se observan terrenos agrícolas parcialmente concentrados; sin embargo, en comparación con la situación del curso bajo, los terrenos que se extienden a lo largo del río aquí son de forma estrecha.

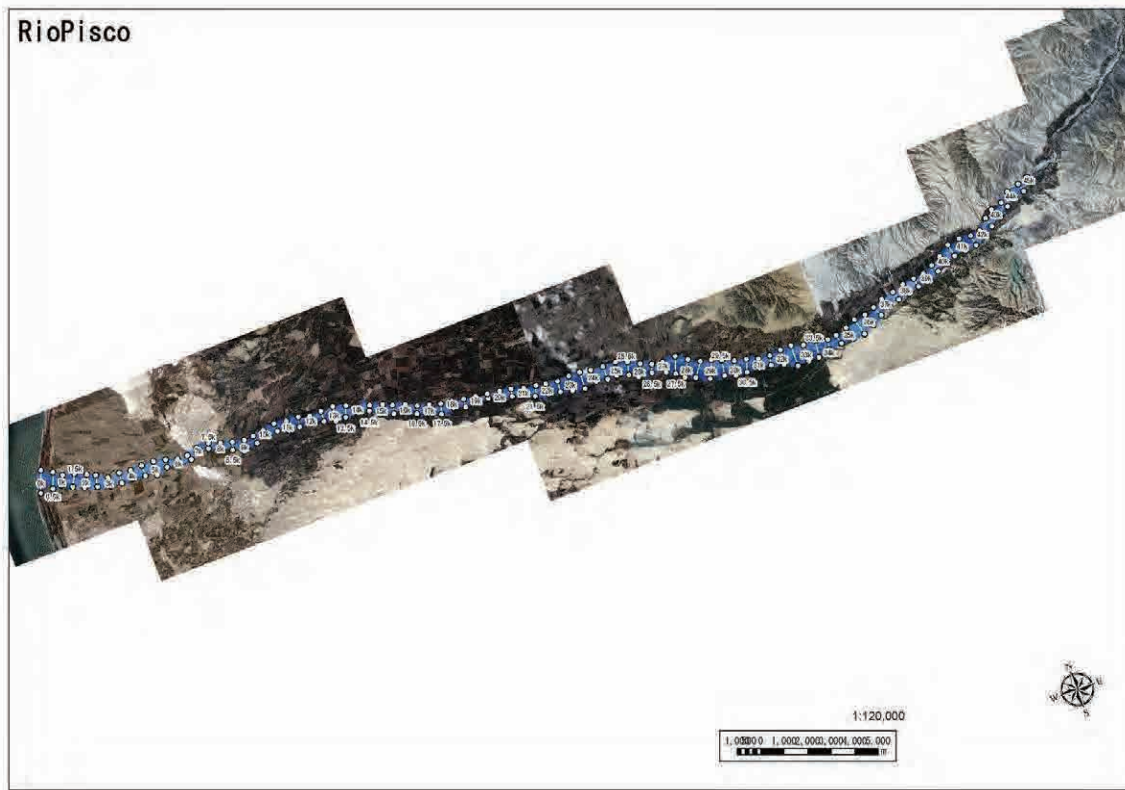


Figura 1.2-9 Fotografía satelital (según Google Earth) (Río Pisco)

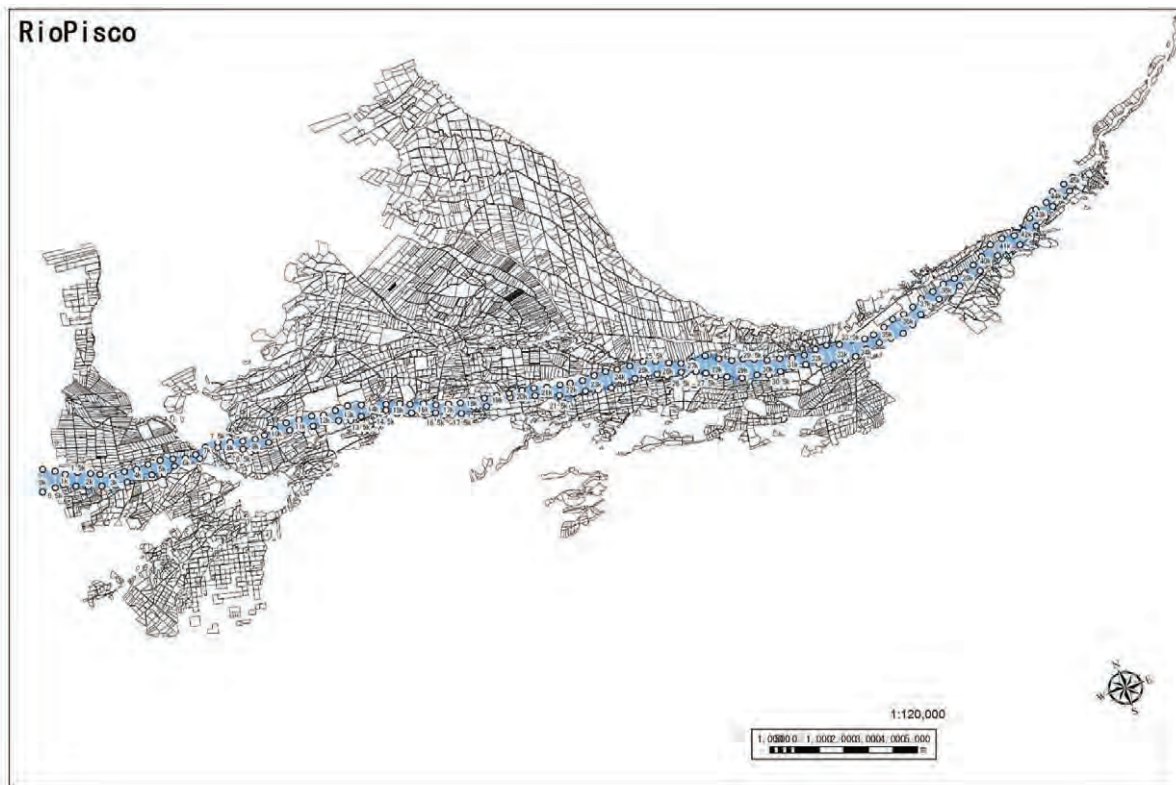


Figura 1.2-10 Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Pisco)

⑤ Río Yauca

En cuanto a la situación del uso de la tierra en los alrededores del río Yauca, aguas abajo del río se extienden amplios campos agrícolas y en el curso medio se observan terrenos agrícolas parcialmente concentrados; sin embargo, en comparación con la situación del curso bajo, los terrenos que se extienden a lo largo del río aquí son de forma estrecha.

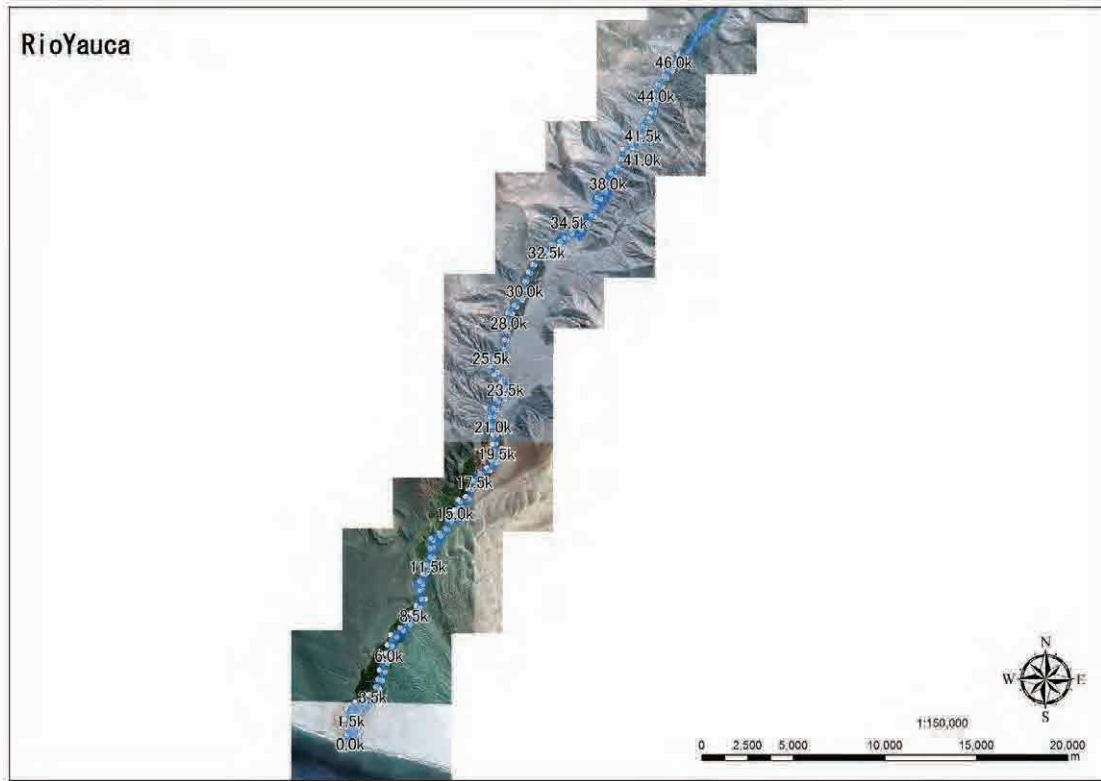


Figura 1.2-11 Fotografía satelital (según Google Earth) (Río Yauca)

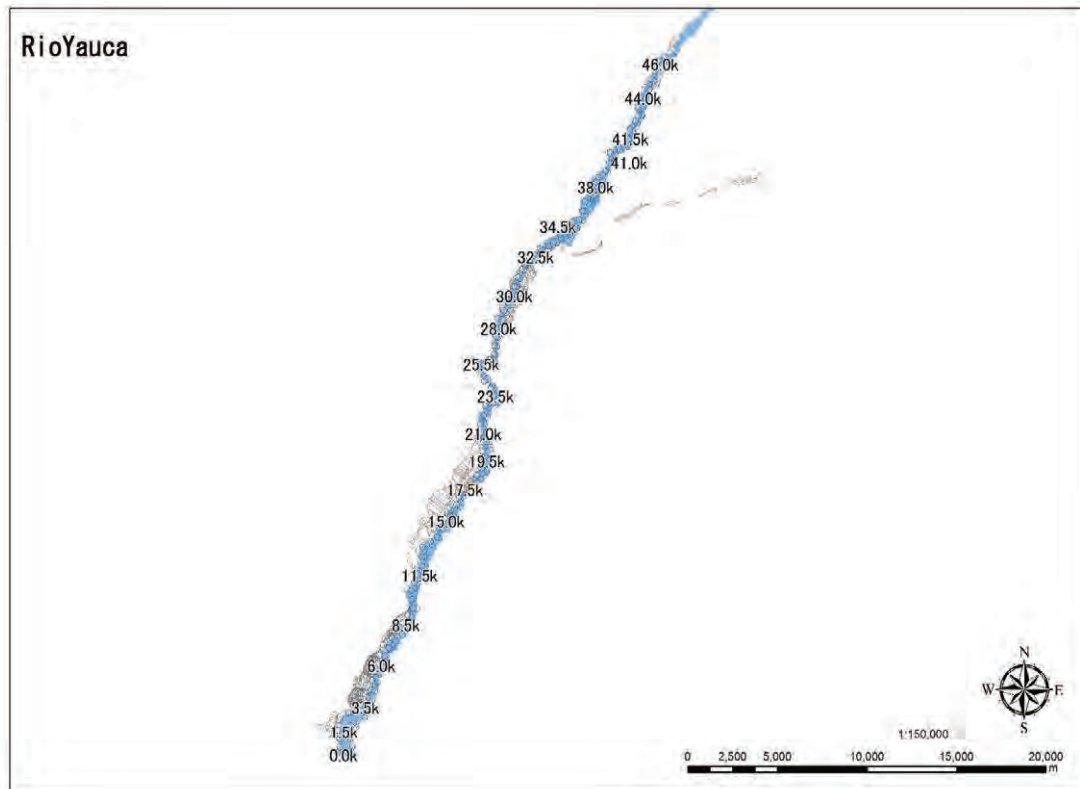


Figura 1.2-12 Mapa de aprovechamiento de tierra (Río Yauca)

⑥ Ríos Camaná y Majes

En cuanto a la situación del uso de la tierra en los alrededores de los ríos Camaná y Majes, aguas abajo de los ríos se extienden amplios campos agrícolas y en el curso medio se observan terrenos agrícolas parcialmente concentrados; sin embargo, en comparación con la situación del curso bajo, los terrenos que se extienden a lo largo de los ríos aquí son de forma estrecha.



Figura 1.2-13 Fotografía satéltal (según Google Earth) (Ríos Camaná y Majes)

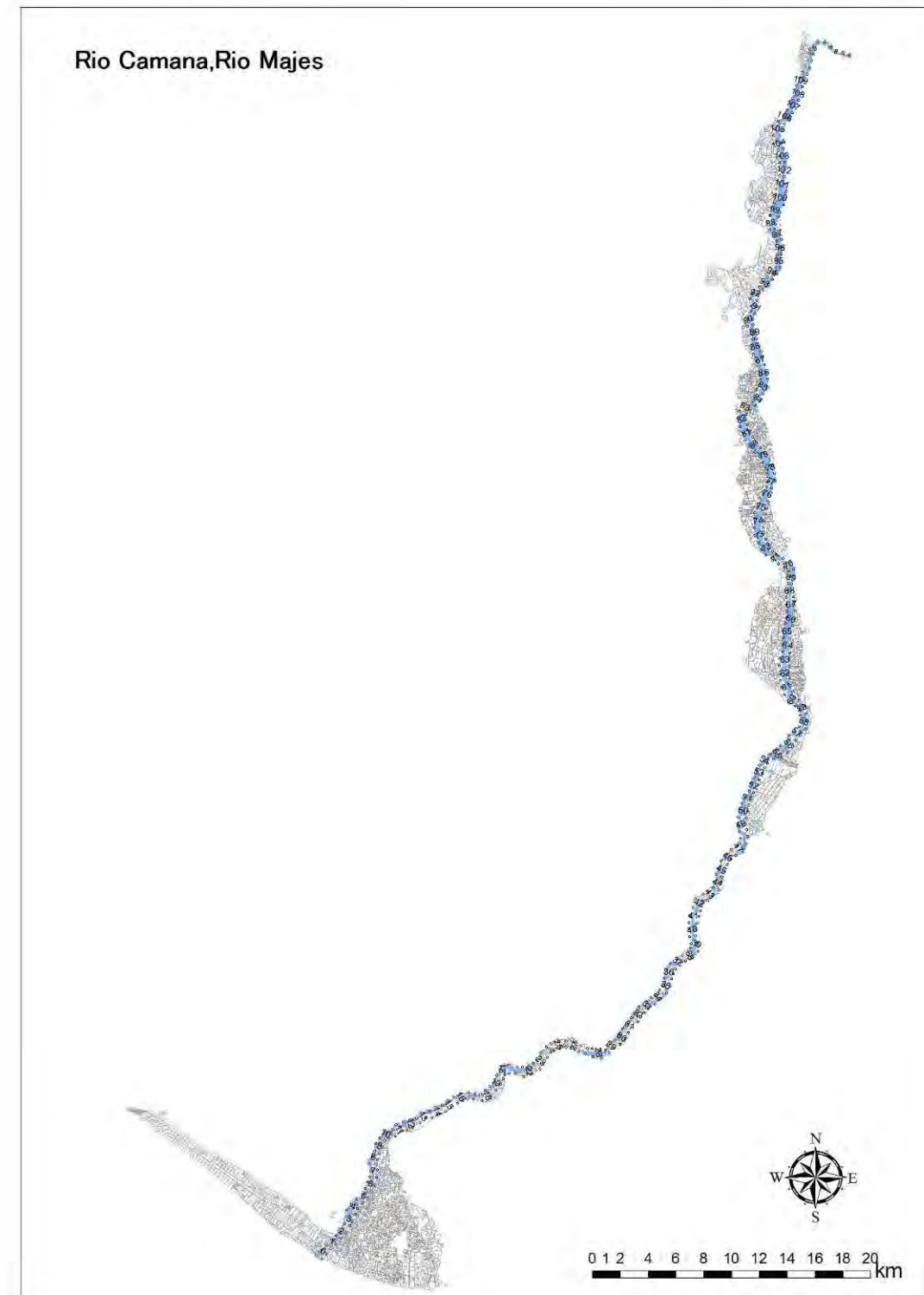


Figura 1.2-14 Mapa de aprovechamiento de tierra (Ríos Camaná y Majes)

ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

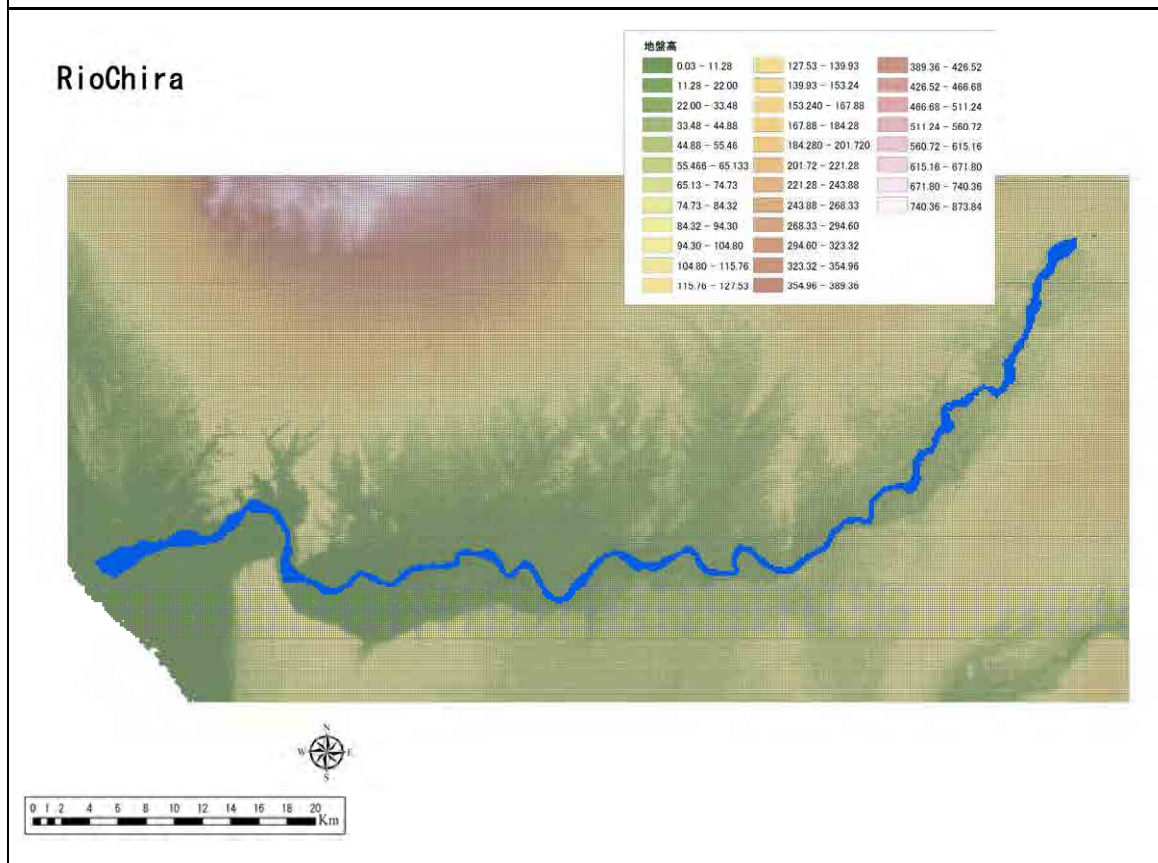
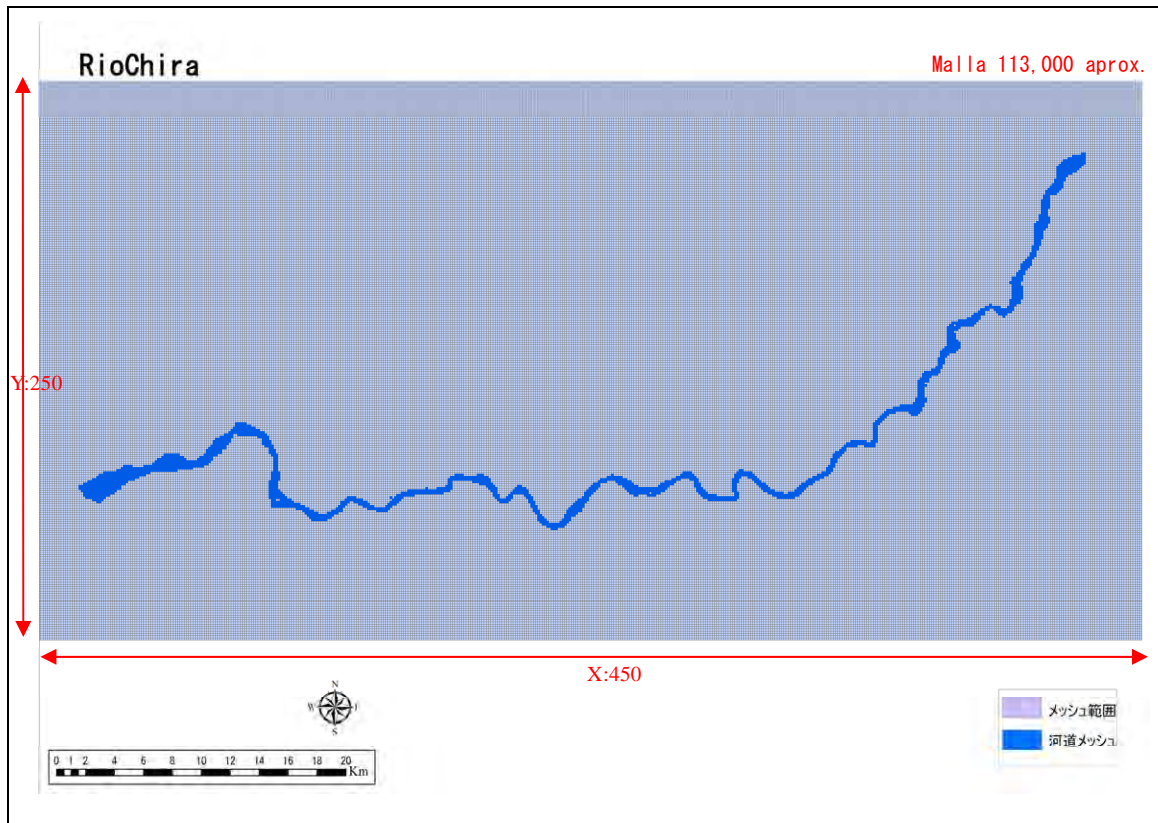
2) Establecimiento de las condiciones de cálculo

En las siguientes páginas se indican las condiciones de cálculo respecto al análisis de inundaciones de cada río y el perfil de cada modelo.

① Condiciones de cálculo Río Chira

Parámetros		Puntos básicos sobre el modelo de inundación	Río Chira	
Modelo de inundación	Forma de inundación	Se conoce el estado del cauce y de sus alrededores (topografía, uso de terreno, etc.) mediante los datos recoleccionados y estudio local, y se clasifica el tipo de inundación según cada tramo.	Presentar la forma de inundación respecto a la extensión, retención y conducción.	
	Malla de cálculo	150m de este a oeste x 150m de norte a sur, aproximadamente	Malla de 150m	
	Alcance del modelo de inundación	El área del modelo se establece en una área (X: 450×Y: 250) donde se extiende la corriente de desbordamiento del cauce.	Malla de 113,000, aprox.	
	Altura del suelo de malla	Modelo Digital de Elevación Global (GDEM) – ASTER	Malla de 150m	
	Rugosidad de la cuenca	Se establece la rugosidad compuesta teniendo en cuenta el promedio de la carga superficial (terreno agrícola: n=0.06, camino: n=0.047 y otros: n=0.05), además de la ocupación de edificios y la profundidad del agua. Aguas abajo: Uso de tierra y ocupación de edificios: Observación visual del mapa topográfico de 1/2,500 Aguas arriba: Uso de tierra: información digital del territorio nacional (malla de uso de tierra del año 2006), ocupación de edificios: observación visual del mapa topográfico de 1/10,000	Todas las mallas n = 0.10	
	Estructura continua con terraplén	Se establecen las condiciones de caminos principales, ferrocarriles, abertura de conductos, etc.	No hay.	
Modelo del cauce	Condiciones de drenaje	No se establecen, ya que no hay instalaciones de drenaje.	No hay.	
	Cauce	Alcance del modelo	Aguas abajo: desembocadura, Aguas arriba: 99.5km	0.0 ~ 99.5km
		Datos del cauce	Sección del cauce medida por el presente estudio	Cauce del año 2010
	Condiciones	Coefficiente de rugosidad	Se realiza la división de tramos, y se establece el coeficiente de rugosidad del lecho y dique de protección lateral, mediante el estudio local.	Muro lateral: n = 0.030 Lecho: n = 0.030
		Inundación objeto	Se establece mediante HEC-HMS.	HEC-HMS
		Distribución de caudal	No hay afluentes para tener en cuenta.	No hay.
		Condiciones en el extremo de aguas arriba	Se establece la hidrogáfica del caudal en el punto extremo de aguas arriba dentro del alcance del modelo como condición del límite.	Extremo aguas arriba 99.5km
		Nivel de agua inicial	Se establece el nivel de flujo uniforme (I = 1/2500) en la sección del extremo de aguas abajo.	Profundidad de flujo uniforme I = 1/2000
		Fórmula de H-Q	Se calcula según el resultado de cálculo unidimensional de flujo variado.	Flujo variado unidimensional Resultado de cálculo
	Condiciones de rotura de diques	Condiciones de rotura de diques	Se establece según la fuerza externa establecida (hidrogáfica del extremo de aguas arriba).	Alrededor de 90 horas
Intervalo de tiempo de cálculo		Δt segundo	2 segundos	
Tramo de desbordamiento		Cuando el nivel de inundación en el área protegida sobrepasa la altura del dique del río, el agua de dicha área retorna al cauce pasando por encima del dique.	No hay.	
Ancho de desbordamiento		Excepto los puntos de confluencia: $y=1.6(\log 10x)3.8+62m$, puntos de confluencia: $y=2.0(\log 10x)3.8+77$ / Manual de simulación de inundaciones (borrador) O bien, se estima en doble o triple del ancho del río / Manual para la elaboración del mapa de áreas anegables de los ríos medianos y pequeños.	No hay.	
Cálculo del nivel de desbordamiento		El caudal dentro del cauce calculado en el modelo unidimensional de flujo variado se convierte en el nivel de agua mediante la fórmula de H-Q, establecida por el presente estudio.	No hay.	
Punto de rotura del dique		En cuanto a los puntos de construcción del dique, se considera la rotura del dique de cualquiera de los dos lados, y en cuanto a los puntos de excavación, se considera la rotura del dique de ambos lados.	Rotura en el punto objetivo	
Condiciones para iniciar la inundación		Rotura del dique con la altura actual.	Altura del dique actual	
Altura del dique		Ver la altura en el mapa transversal del cauce.	Altura del dique actual	
Ancho del dique		Se establece teniendo en cuenta la distancia de la línea transversal, longitud de malla modelo, etc.	450m (Malla 150m×3)	
Método de cálculo de caudal de inundación		Se establece según el manual de simulación de inundaciones.	Simulación de inundaciones Según el manual	
Inclinación del lecho que se aplica a la fórmula de desbordamiento	La inclinación máxima del lecho más profundo aguas abajo y media es del orden de 1/2500-1/3000, respectivamente. La de inclinación aguas arriba es del orden de 1/1000.	Se establece en 1/1000, 1/2500, 1/3000		

① Perfil del modelo Río Chira

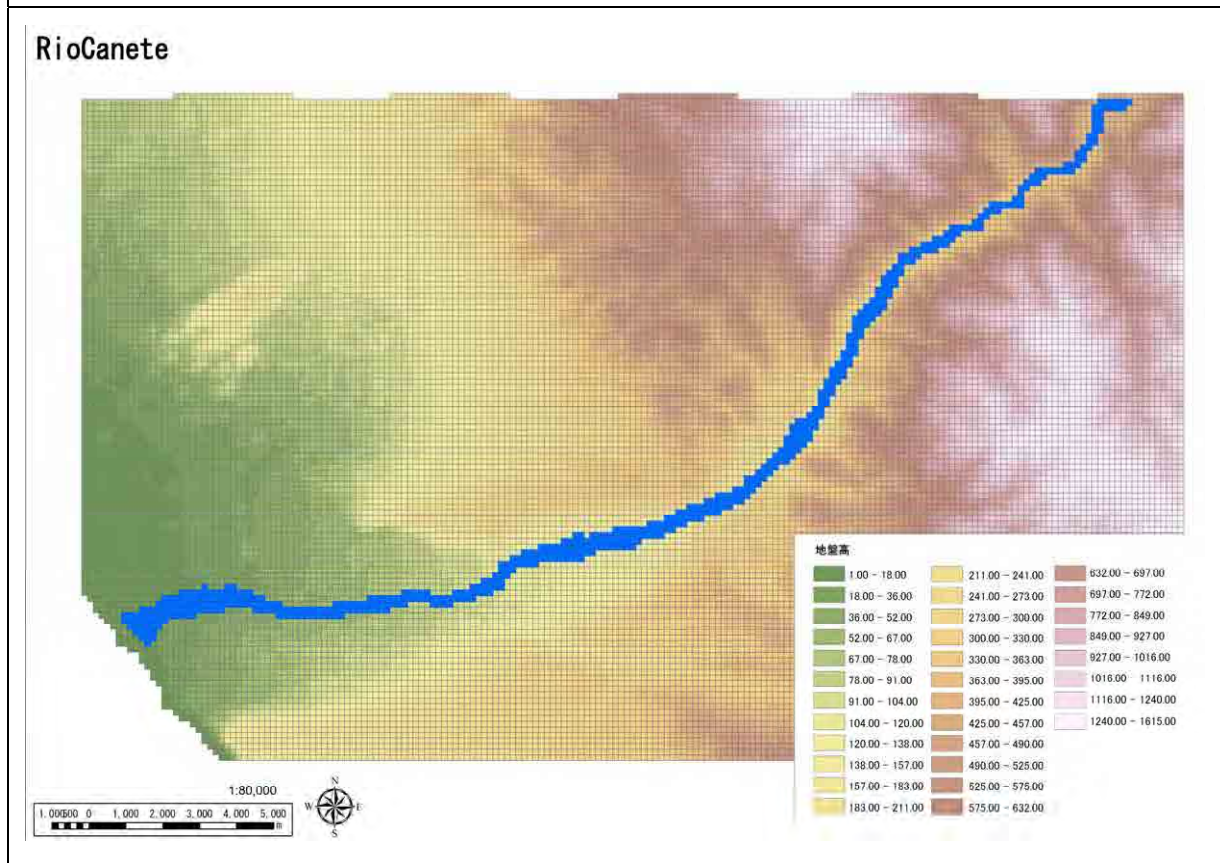
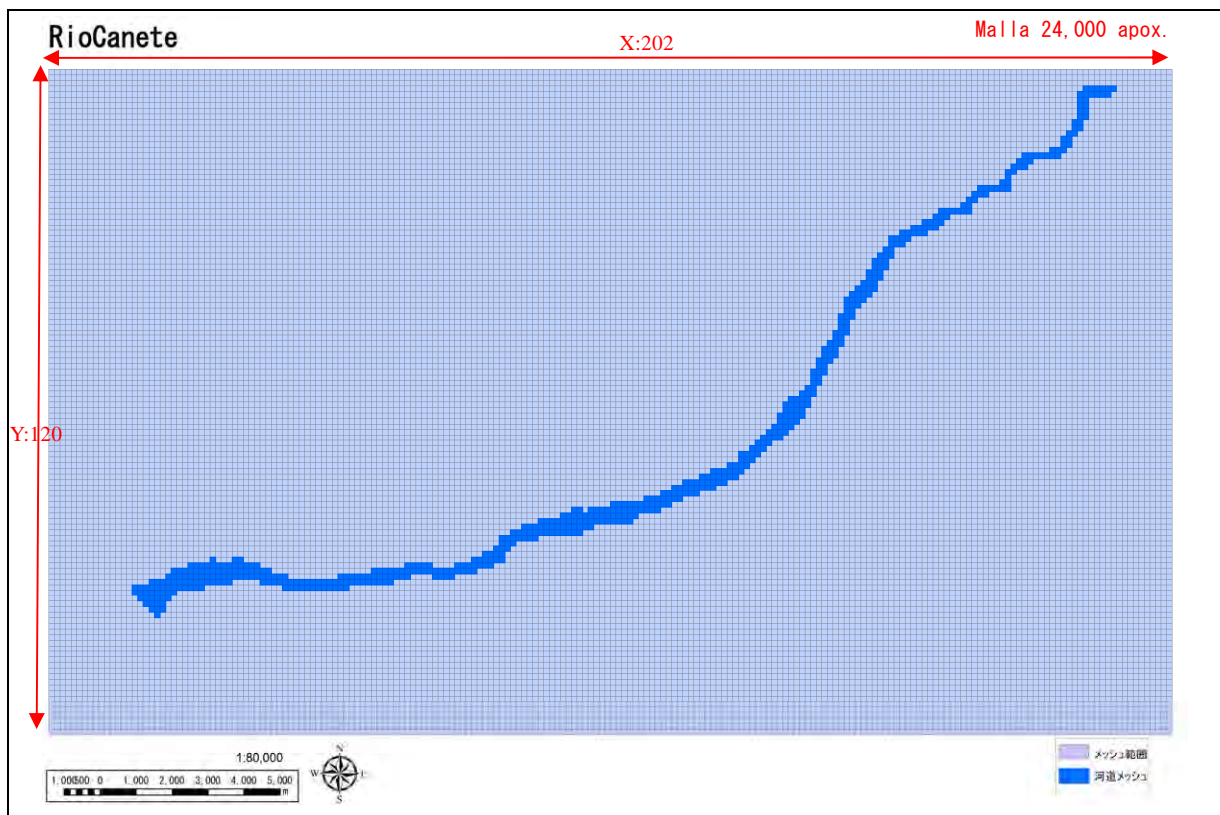


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

② Condiciones de cálculo Río Cañete

Parámetros		Puntos básicos sobre el modelo de inundación	Río Cañete	
Modelo de inundación	Forma de inundación	Se conoce el estado del cauce y de sus alrededores (topografía, uso de terreno, etc.) mediante los datos recoleccionados y estudio local, y se clasifica el tipo de inundación según cada tramo.	Presentar la forma de inundación respecto a la extensión, retención y conducción.	
	Malla de cálculo	150m de este a oeste x 150m de norte a sur, aproximadamente	150m x 150m	
	Alcance del modelo de inundación	El área del modelo se establece en una área (X: 202 x Y: 120) donde se extiende la corriente de desbordamiento del cauce.	Malla de 24,000, aprox.	
	Altura del suelo de malla	Modelo Digital de Elevación Global (GDEM) – ASTER	Malla de 150	
	Rugosidad de la cuenca	Se establece la rugosidad compuesta teniendo en cuenta el promedio de la carga superficial (terreno agrícola: n=0.06, camino: n=0.047 y otros: n=0.05), además de la ocupación de edificios y la profundidad del agua. Aguas abajo: Uso de tierra y ocupación de edificios: Observación visual del mapa topográfico de 1/2,500 Aguas arriba: Uso de tierra: información digital del territorio nacional (malla de uso de tierra del año 2006), ocupación de edificios: observación visual del mapa topográfico de 1/10,000	Todas las mallas n = 0.10	
	Estructura continua con terraplén	Se establecen las condiciones de caminos principales, ferrocarriles, abertura de conductos, etc.	No hay.	
Modelo del cauce	Condiciones de drenaje	No se establecen, ya que no hay instalaciones de drenaje.	No hay.	
	Alcance del modelo	Aguas abajo: desembocadura, Aguas arriba: 32.5K	0.0 ~ 32.5km	
	Datos del cauce	Sección del cauce medida por el presente estudio	Cauce del año 2010	
	Coefficiente de rugosidad	Se realiza la división de tramos, y se establece el coeficiente de rugosidad del lecho y dique de protección lateral, mediante el estudio local.	Muro lateral: n = 0.040 Lecho: n = 0.040	
	Inundación objeto	Se establecen la onda de inundación y la forma ampliada hasta el caudal previsto del río objetivo mediante la función de almacenamiento.	HEC/HMS	
	Distribución de caudal	No hay afluentes para tener en cuenta.	No hay.	
Condiciones de inundación	Condiciones en el extremo de aguas arriba	Se establece la hidrogáfica del caudal en el punto extremo de aguas arriba dentro del alcance del modelo como condición del límite.	Extremo aguas arriba 32.5km	
	Nivel de agua inicial	Se establece el nivel de flujo uniforme (I = 1/550) en la sección del extremo de aguas abajo.	Profundidad de flujo uniforme I = 1/550	
	Fórmula de H-Q	Se calcula según el resultado de cálculo unidimensional de flujo variado.	Flujo variado unidimensional Resultado de cálculo	
	Condiciones básicas	Tiempo de cálculo	Se establece según la fuerza externa establecida (hidrogáfica del extremo de aguas arriba).	Alrededor de 24 horas
	Condiciones de desbordamiento	Intervalo de tiempo de cálculo	Δt segundo	2 segundos
		Tramo de desbordamiento	Cuando el nivel de inundación en el área protegida sobrepasa la altura del dique del río, el agua de dicha área retorna al cauce pasando por encima del dique.	No hay.
Ancho de desbordamiento		Excepto los puntos de confluencia: $y=1.6(\log 10x)3.8+62m$, puntos de confluencia: $y=2.0(\log 10x)3.8+77$ / Manual de simulación de inundaciones (borrador) O bien, se estima en doble o triple del ancho del río / Manual para la elaboración del mapa de áreas anegables de los ríos medianos y pequeños.	No hay.	
Condiciones de rotura	Cálculo del nivel de desbordamiento	El caudal dentro del cauce calculado en el modelo unidimensional de flujo variado se convierte en el nivel de agua mediante la fórmula de H-Q, establecida por el presente estudio.	No hay.	
	Punto de rotura del dique	En cuanto a los puntos de construcción del dique, se considera la rotura del dique de cualquiera de los dos lados, y en cuanto a los puntos de excavación, se considera la rotura del dique de ambos lados.	Rotura en el punto objetivo	
	Condiciones para iniciar la inundación	Rotura del dique con la altura actual.	Altura del dique actual	
	Altura del dique	Ver la altura en el mapa transversal del cauce.	Altura del dique actual	
	Ancho del dique	Se establece teniendo en cuenta la distancia de la línea transversal, longitud de malla modelo, etc.	450m (Malla 150m x 3)	
	Método de cálculo de caudal de inundación	Se establece según el manual de simulación de inundaciones.	Simulación de inundaciones Según el manual	
Inclinación del lecho que se aplica a la fórmula de desbordamiento	La inclinación máxima del lecho más profundo es menos de 1/100, aproximadamente.	Se establece provisionalmente en 1/100.		

② Perfil del modelo Río Cañete

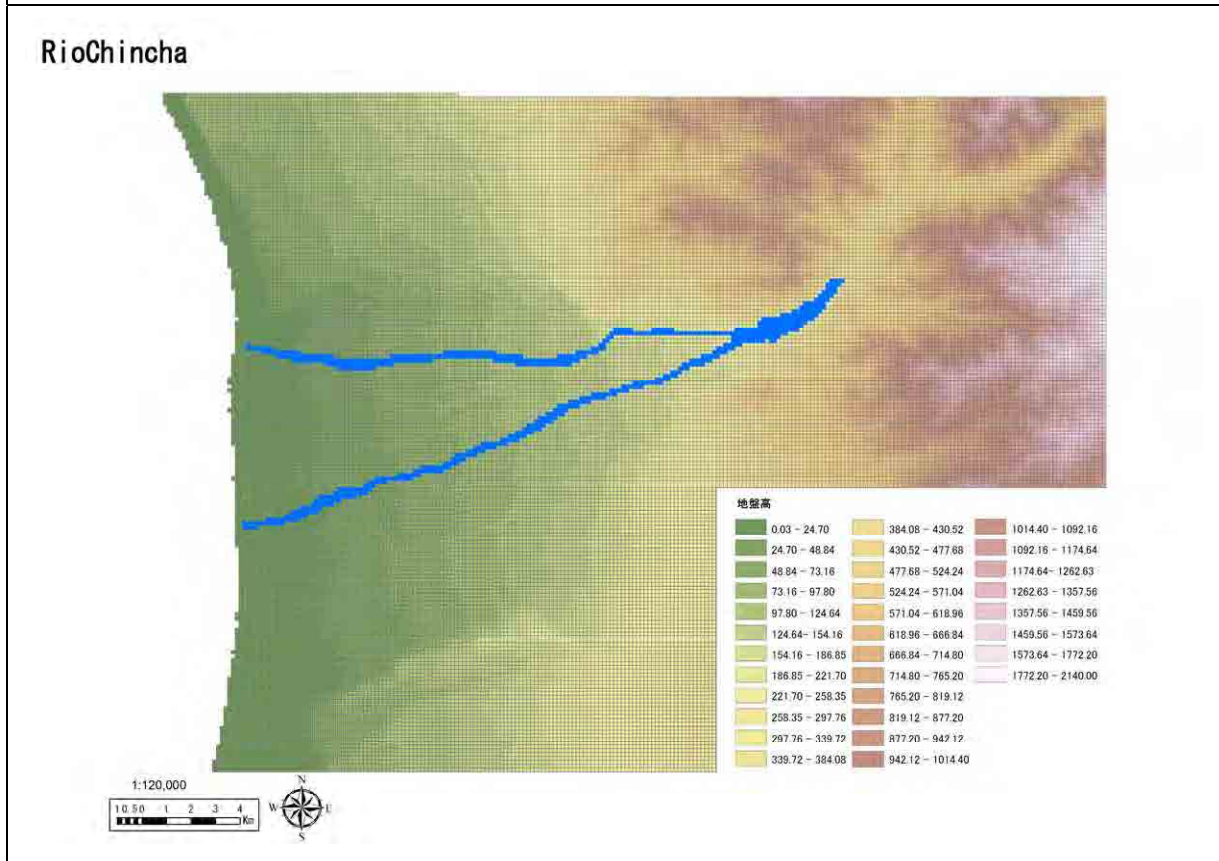
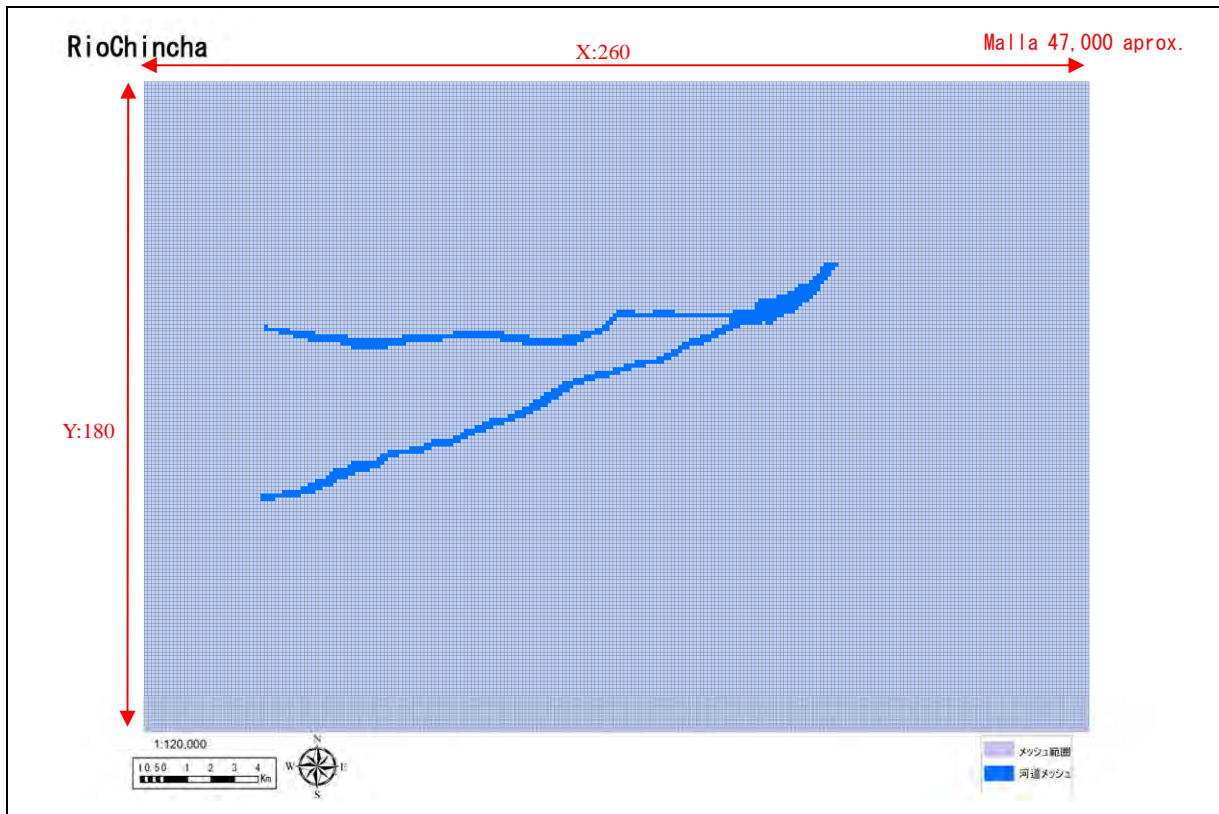


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

③ Condiciones del cálculo Río Chinchá

Parámetros		Puntos básicos sobre el modelo de inundación	Río Chinchá
Modelo de inundación	Forma de inundación	Se conoce el estado del cauce y de sus alrededores (topografía, uso de terreno, etc.) mediante los datos recoleccionados y estudio local, y se clasifica el tipo de inundación según cada tramo.	Presentar la forma de inundación respecto a la extensión, retención y conducción.
	Malla de cálculo	150m de este a oeste x 150m de norte a sur, aproximadamente	Malla de 150m
	Alcance del modelo de inundación	El área del modelo se establece en una área (X: 260*Y: 180) donde se extiende la corriente de desbordamiento del cauce.	Malla aproximada de 47,000
	Altura del suelo de malla	Modelo Digital de Elevación Global (GDEM) – ASTER	Malla de 150m
	Rugosidad de la cuenca	Se establece la rugosidad compuesta teniendo en cuenta el promedio de la carga superficial (terreno agrícola: n=0.06, camino: n=0.047 y otros: n=0.05), además de la ocupación de edificios y la profundidad del agua. Aguas abajo: Uso de tierra y ocupación de edificios: Observación visual del mapa topográfico de 1/2,500 Aguas arriba: Uso de tierra: información digital del territorio nacional (malla de uso de tierra del año 2006), ocupación de edificios: observación visual del mapa topográfico de 1/10,000	Todas las mallas n = 0.10
	Estructura continua con terraplén	Se establecen las condiciones de caminos principales, ferrocarriles, abertura de conductos, etc.	No hay.
Cauce	Condiciones de drenaje	No se establecen, ya que no hay instalaciones de drenaje.	No hay.
	Alcance del modelo	Aguas abajo: desembocadura, Aguas arriba: 25.0km	0.0 ~ 25.0km
	Datos del cauce	Sección del cauce medida por el presente estudio	Cauce del año 2010
	Coefficiente de rugosidad	Se realiza la división de tramos, y se establece el coeficiente de rugosidad del lecho y dique de protección lateral, mediante el estudio local	Muro lateral: n = 0.040 Lecho: n = 0.040
	Inundación objeto	Se establece mediante HEC-HMS.	HEC-HMS
	Distribución de caudal	No hay afluentes para tener en cuenta.	No hay.
Condiciones de aguas arriba	Condiciones en el extremo de aguas arriba	Se establece la hidrográfica del caudal en el punto extremo de aguas arriba dentro del alcance del modelo como condición del límite.	Extremo aguas arriba 25km
	Nivel de agua inicial	Se establece el nivel de flujo uniforme, Chico: I = 1/200 y Matagente: I = 1/300, en la sección del extremo de aguas abajo.	Profundidad de flujo uniforme I = 1/200, I = 1/300
	Fórmula de H-Q	Se calcula según el resultado de cálculo unidimensional de flujo variado.	Flujo variado unidimensional Resultado de cálculo
	Tiempo de cálculo	Se establece según la fuerza externa establecida (hidrográfica del extremo de aguas arriba).	Alrededor de 48 horas
Condiciones de cálculo	Intervalo de tiempo de cálculo	Δt segundo	2 segundos
	Tramo de desbordamiento	Cuando el nivel de inundación en el área protegida sobrepasa la altura del dique del río, el agua de dicha área retorna al cauce pasando por encima del dique.	No hay.
Condiciones de desbordamiento	Ancho de desbordamiento	Excepto los puntos de confluencia: $y=1.6(\log_{10}x)^3.8+62m$, puntos de confluencia: $y=2.0(\log_{10}x)^3.8+77$ / Manual de simulación de inundaciones (borrador) O bien, se estima en doble o triple del ancho del río / Manual para la elaboración del mapa de áreas anegables de los ríos medianos y pequeños.	No hay.
	Cálculo del nivel de desbordamiento	El caudal dentro del cauce calculado en el modelo unidimensional de flujo variado se convierte en el nivel de agua mediante la fórmula de H-Q, establecida por el presente estudio.	No hay.
	Punto de rotura del dique	En cuanto a los puntos de construcción del dique, se considera la rotura del dique de cualquiera de los dos lados, y en cuanto a los puntos de excavación, se considera la rotura del dique de ambos lados.	Rotura en el punto objetivo
	Condiciones para iniciar la inundación	Rotura del dique con la altura actual.	Altura del dique actual
	Altura del dique	Ver la altura en el mapa transversal del cauce.	Altura del dique actual
	Ancho del dique	Se establece teniendo en cuenta la distancia de la línea transversal, longitud de malla modelo, etc.	450m (Malla 150m*3)
Condiciones de rotura	Método de cálculo de caudal de inundación	Se establece según el manual de simulación de inundaciones.	Simulación de inundaciones Según el manual
	Inclinación del lecho que se aplica a la fórmula de desbordamiento	La inclinación máxima del lecho más profundo es de 1/90 en Chico y 1/100~1/110 en Matagente.	Se establece provisionalmente en 1/100.

③ Perfil del modelo Río Chíncha

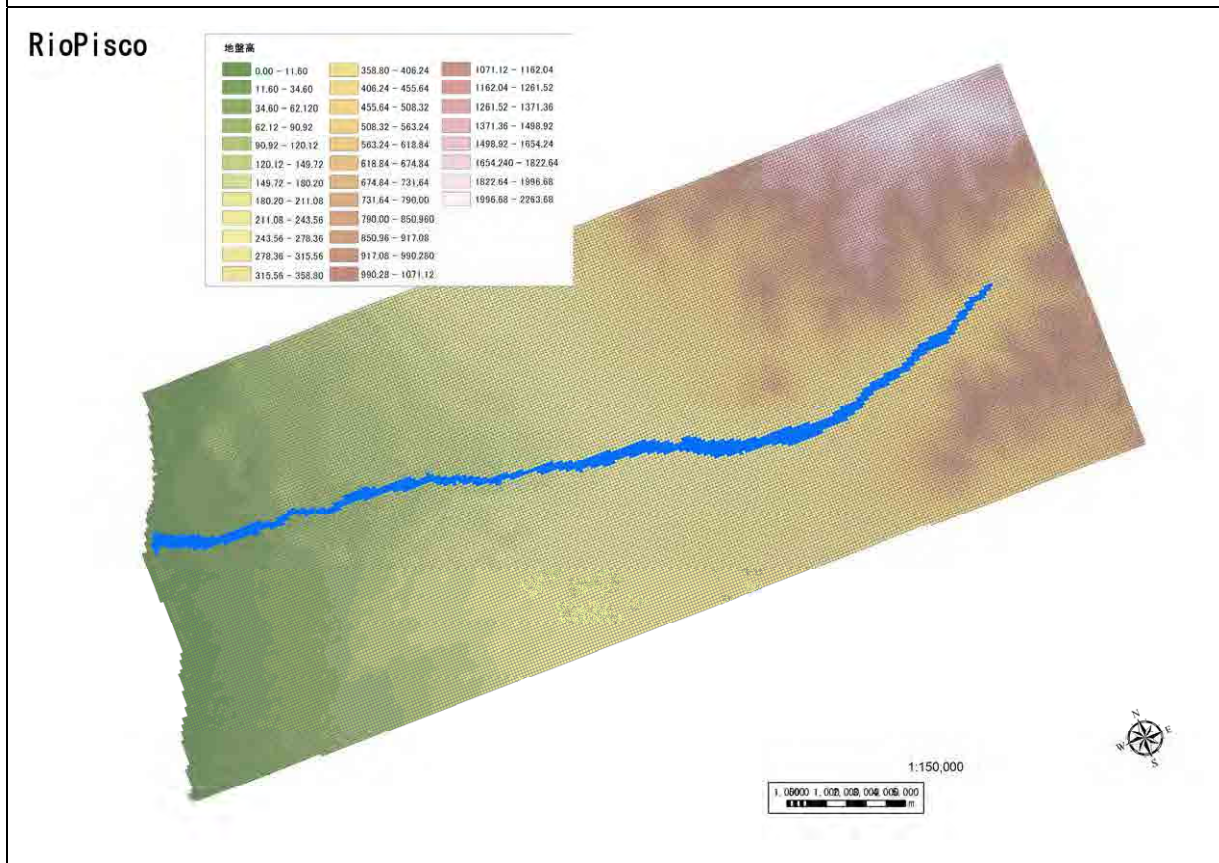
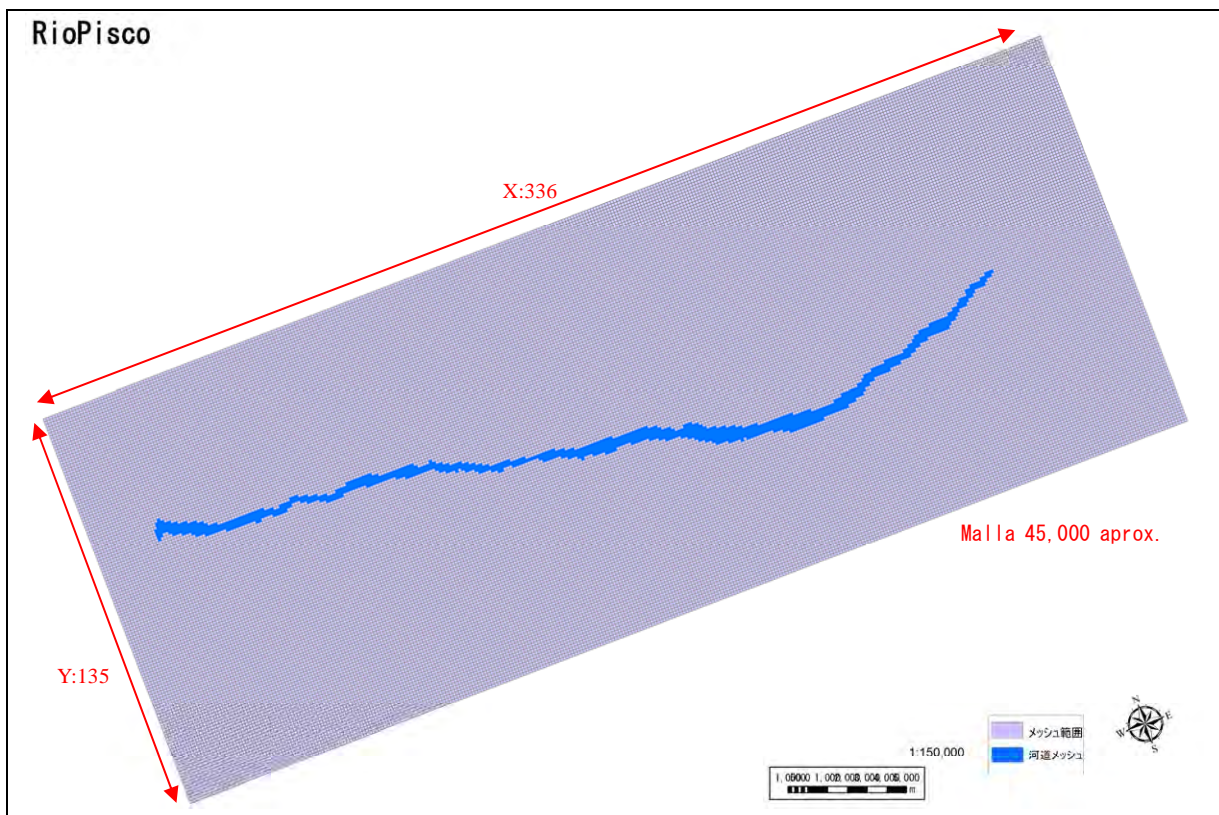


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

④ Condiciones de cálculo Río Pisco

Parámetros		Puntos básicos sobre el modelo de inundación	Río Pisco	
Modelo de inundación	Forma de inundación	Se conoce el estado del cauce y de sus alrededores (topografía, uso de terreno, etc.) mediante los datos recoleccionados y estudio local, y se clasifica el tipo de inundación según cada tramo.	Presentar la forma de inundación respecto a la extensión, retención y conducción.	
	Malla de cálculo	150m de este a oeste x 150m de norte a sur, aproximadamente	Malla de 150m	
	Alcance del modelo de inundación	El área del modelo se establece en una área (X: 336*Y: 135) donde se extiende la corriente de desbordamiento del cauce.	Malla de 45,000, aprox.	
	Altura del suelo de malla	Modelo Digital de Elevación Global (GDEM) – ASTER	Malla de 150m	
	Rugosidad de la cuenca	Se establece la rugosidad compuesta teniendo en cuenta el promedio de la carga superficial (terreno agrícola: n=0.06, camino: n=0.047 y otros: n=0.05), además de la ocupación de edificios y la profundidad del agua. Aguas abajo: Uso de tierra y ocupación de edificios: Observación visual del mapa topográfico de 1/2,500 Aguas arriba: Uso de tierra: información digital del territorio nacional (malla de uso de tierra del año 2006), ocupación de edificios: observación visual del mapa topográfico de 1/10,000	Todas las mallas n = 0.10	
	Estructura continua con terraplén	Se establecen las condiciones de caminos principales, ferrocarriles, abertura de conductos, etc.	No hay.	
Modelo del cauce	Condiciones de drenaje	No se establecen, ya que no hay instalaciones de drenaje.	No hay.	
	Cauce	Alcance del modelo	Aguas abajo: desembocadura, Aguas arriba: 45.0km	0.0 ~ 45.0km
		Datos del cauce	Sección del cauce medida por el presente estudio	Cauce del año 2010
		Coefficiente de rugosidad	Se realiza la división de tramos, y se establece el coeficiente de rugosidad del lecho y dique de protección lateral, mediante el estudio local	Muro lateral: n = 0.040 Lecho: n = 0.040
	Condiciones de inundación	Inundación objeto	Se establece mediante HEC-HMS.	HEC-HMS
		Distribución de caudal	No hay afluentes para tener en cuenta.	No hay.
		Condiciones en el extremo de aguas arriba	Se establece la hidrogáfica del caudal en el punto extremo de aguas arriba dentro del alcance del modelo como condición del límite.	Extremo aguas arriba 45km
		Nivel de agua inicial	Se establece el nivel de flujo uniforme (I = 1/500) en la sección del extremo de aguas abajo.	Profundidad de flujo uniforme I = 1/500
	Fórmula de H-Q	Se calcula según el resultado de cálculo unidimensional de flujo variado.	Flujo variado unidimensional Resultado de cálculo	
	Condiciones de inundación básicas	Tiempo de cálculo	Se establece según la fuerza externa establecida (hidrogáfica del extremo de aguas arriba).	Alrededor de 48 horas
Intervalo de tiempo de cálculo		Δt segundo	2 segundos	
Condiciones de desbordamiento		Tramo de desbordamiento	Cuando el nivel de inundación en el área protegida sobrepasa la altura del dique del río, el agua de dicha área retorna al cauce pasando por encima del dique.	No hay.
		Ancho de desbordamiento	Excepto los puntos de confluencia: $y=1.6(\log_{10}x)3.8+62m$, puntos de confluencia: $y=2.0(\log_{10}x)3.8+77$ / Manual de simulación de inundaciones (borrador) O bien, se estima en doble o triple del ancho del río / Manual para la elaboración del mapa de áreas anegables de los ríos medianos y pequeños.	No hay.
		Cálculo del nivel de desbordamiento	El caudal dentro del cauce calculado en el modelo unidimensional de flujo variado se convierte en el nivel de agua mediante la fórmula de H-Q, establecida por el presente estudio.	No hay.
Condiciones de rotura		Punto de rotura del dique	En cuanto a los puntos de construcción del dique, se considera la rotura del dique de cualquiera de los dos lados, y en cuanto a los puntos de excavación, se considera la rotura del dique de ambos lados.	Rotura en el punto objetivo
		Condiciones para iniciar la inundación	Rotura del dique con la altura actual.	Altura del dique actual
		Altura del dique	Ver la altura en el mapa transversal del cauce.	Altura del dique actual
		Ancho del dique	Se establece teniendo en cuenta la distancia de la línea transversal, longitud de malla modelo, etc.	450m (Malla 150m*3)
Método de cálculo de caudal de inundación		Se establece según el manual de simulación de inundaciones.	Simulación de inundaciones Según el manual	
Inclinación del lecho que se aplica a la fórmula de desbordamiento	La inclinación máxima del lecho más profundo es de 1/100 a 1/150, aproximadamente.	Se establece en 1/200.		

④ Perfil del modelo Río Pisco

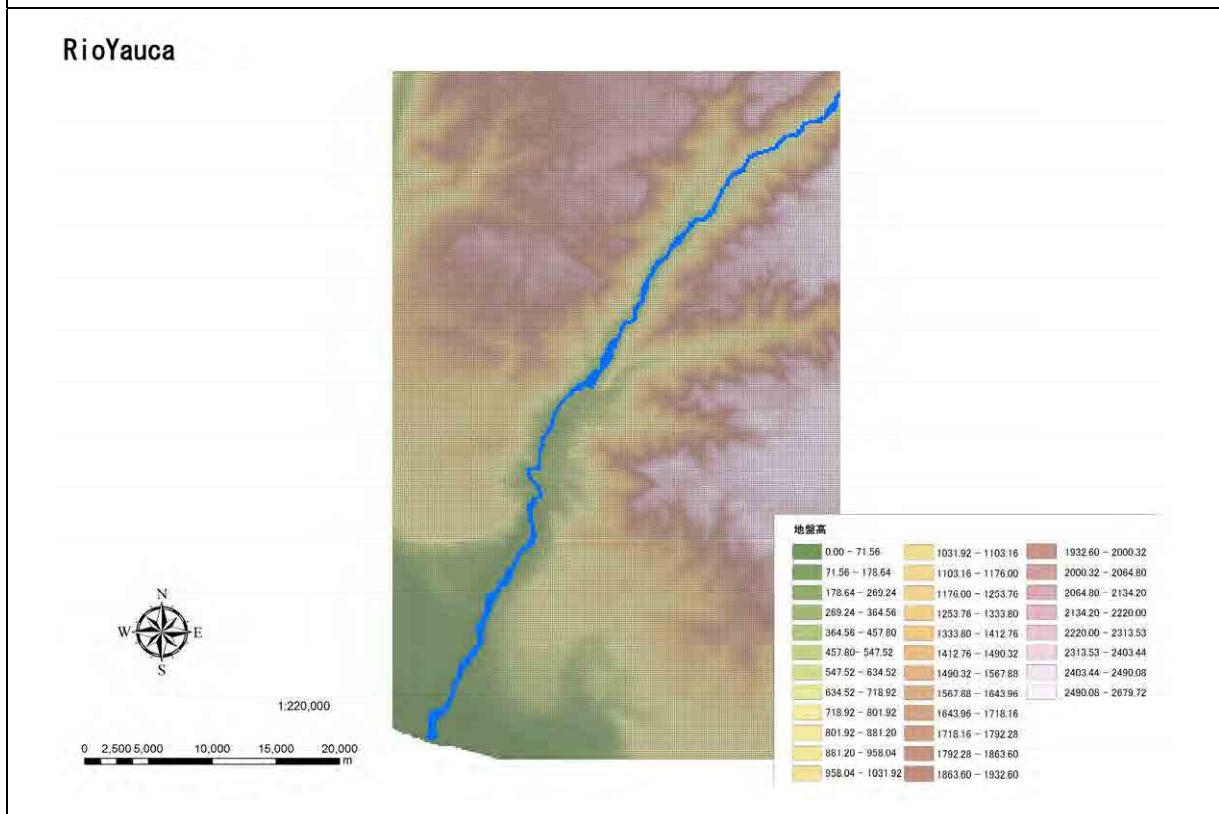
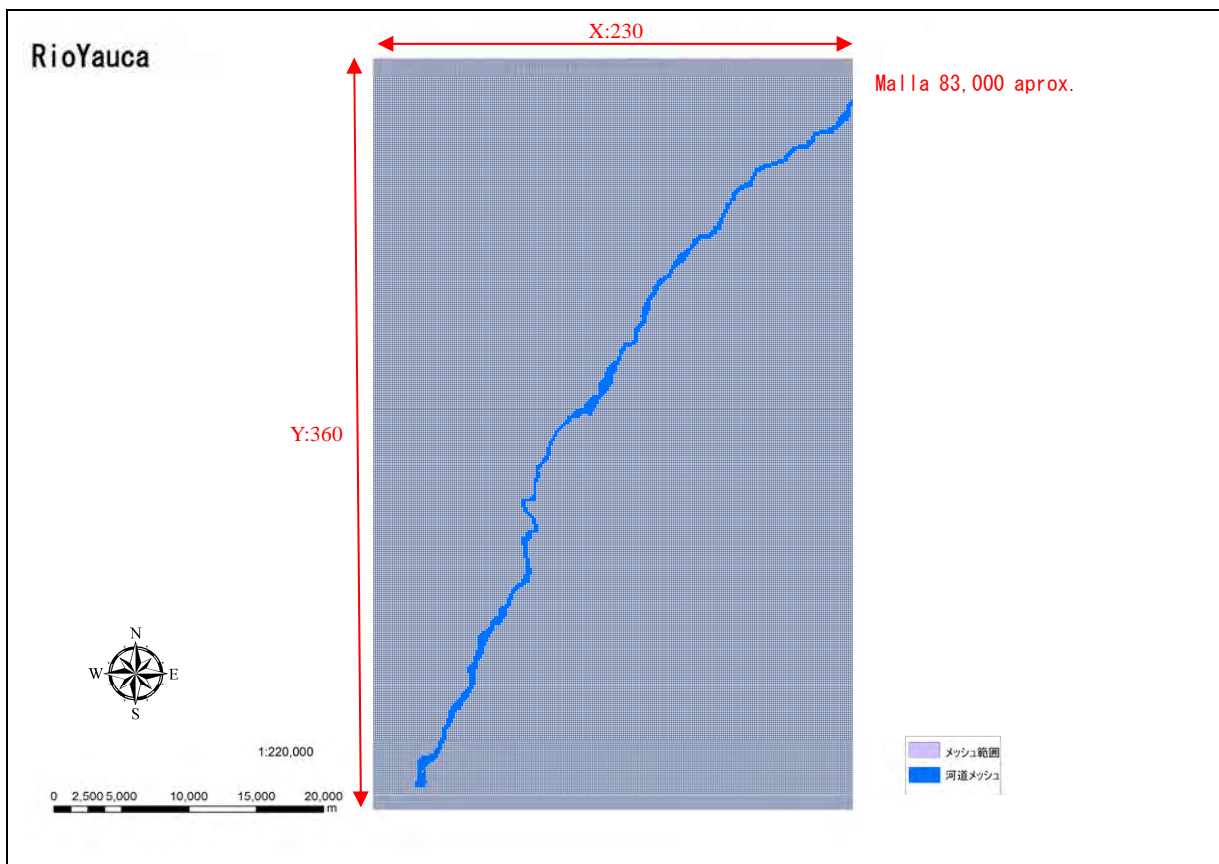


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

⑤ Condiciones de cálculo Río Yauca

Parámetros		Puntos básicos sobre el modelo de inundación	Río Yauca
Modelo de inundación	Forma de inundación	Se conoce el estado del cauce y de sus alrededores (topografía, uso de terreno, etc.) mediante los datos recoleccionados y estudio local, y se clasifica el tipo de inundación según cada tramo.	Presentar la forma de inundación respecto a la extensión, retención y conducción.
	Malla de cálculo	150m de este a oeste x 150m de norte a sur, aproximadamente	Malla de 150m
	Alcance del modelo de inundación	El área del modelo se establece en una área (X: 230xY: 360) donde se extiende la corriente de desbordamiento del cauce.	Malla de 83,000, aprox.
	Altura del suelo de malla	Modelo Digital de Elevación Global (GDEM) – ASTER	Malla de 150m
	Rugosidad de la cuenca	Se establece la rugosidad compuesta teniendo en cuenta el promedio de la carga superficial (terreno agrícola: n=0.06, camino: n=0.047 y otros: n=0.05), además de la ocupación de edificios y la profundidad del agua. Aguas abajo: Uso de tierra y ocupación de edificios: Observación visual del mapa topográfico de 1/2,500 Aguas arriba: Uso de tierra: información digital del territorio nacional (malla de uso de tierra del año 2006), ocupación de edificios: observación visual del mapa topográfico de 1/10,000	Todas las mallas n = 0.10
Estructura	Estructura continua con terraplén	Se establecen las condiciones de caminos principales, ferrocarriles, abertura de conductos, etc.	No hay.
	Condiciones de drenaje	No se establecen, ya que no hay instalaciones de drenaje.	No hay.
Modelo del cauce	Alcance del modelo	Aguas abajo: desembocadura, Aguas arriba: 46km	0.0 ~ 46.0km
	Datos del cauce	Sección del cauce medida por el presente estudio	Cauce del año 2010
	Coefficiente de rugosidad	Se realiza la división de tramos, y se establece el coeficiente de rugosidad del lecho y dique de protección lateral, mediante el estudio local.	Muro lateral: n = 0.040 Lecho: n = 0.040
	Inundación objeto	Se establece mediante HEC-HMS.	HEC-HMS
	Distribución de caudal	No hay afluentes para tener en cuenta.	No hay.
	Condiciones en el extremo de aguas arriba	Se establece la hidrogáfica del caudal en el punto extremo de aguas arriba dentro del alcance del modelo como condición del límite.	Extremo aguas arriba 46.0km
	Nivel de agua inicial	Se establece el nivel de flujo uniforme (I = 1/1500) en la sección del extremo de aguas abajo.	Profundidad de flujo uniforme I = 1/1500
Fórmula de H-Q	Se calcula según el resultado de cálculo unidimensional de flujo variado.	Flujo variado unidimensional Resultado de cálculo	
Condiciones de inundación	Tiempo de cálculo	Se establece según la fuerza externa establecida (hidrogáfica del extremo de aguas arriba).	Alrededor de 24 horas
	Intervalo de tiempo de cálculo	Δt segundo	2 segundos
Condiciones de desbordamiento	Tramo de desbordamiento	Cuando el nivel de inundación en el área protegida sobrepasa la altura del dique del río, el agua de dicha área retorna al cauce pasando por encima del dique.	No hay.
	Ancho de desbordamiento	Excepto los puntos de confluencia: $y=1.6(\log 10x)3.8+62m$, puntos de confluencia: $y=2.0(\log 10x)3.8+77$ / Manual de simulación de inundaciones (borrador) O bien, se estima en doble o triple del ancho del río / Manual para la elaboración del mapa de áreas anegables de los ríos medianos y pequeños.	No hay.
	Cálculo del nivel de desbordamiento	El caudal dentro del cauce calculado en el modelo unidimensional de flujo variado se convierte en el nivel de agua mediante la fórmula de H-Q, establecida por el presente estudio.	No hay.
Condiciones de rotura	Punto de rotura del dique	En cuanto a los puntos de construcción del dique, se considera la rotura del dique de cualquiera de los dos lados, y en cuanto a los puntos de excavación, se considera la rotura del dique de ambos lados.	Rotura en el punto objetivo
	Condiciones para iniciar la inundación	Rotura del dique con la altura actual.	Altura del dique actual
	Altura del dique	Ver la altura en el mapa transversal del cauce.	Altura del dique actual
	Ancho del dique	Se establece teniendo en cuenta la distancia de la línea transversal, longitud de malla modelo, etc.	450m (Malla 150m x 3)
	Método de cálculo de caudal de inundación	Se establece según el manual de simulación de inundaciones.	Simulación de inundaciones Según el manual
Inclinación del lecho que se aplica a la fórmula de desbordamiento	La inclinación máxima del lecho más profundo a 4.0km aguas abajo es de 1/250, y a 4.0km aguas arriba es de 1/150, aproximadamente.	Se establece en 1/250 y 1/150.	

⑤ Perfil del modelo Río Yauca

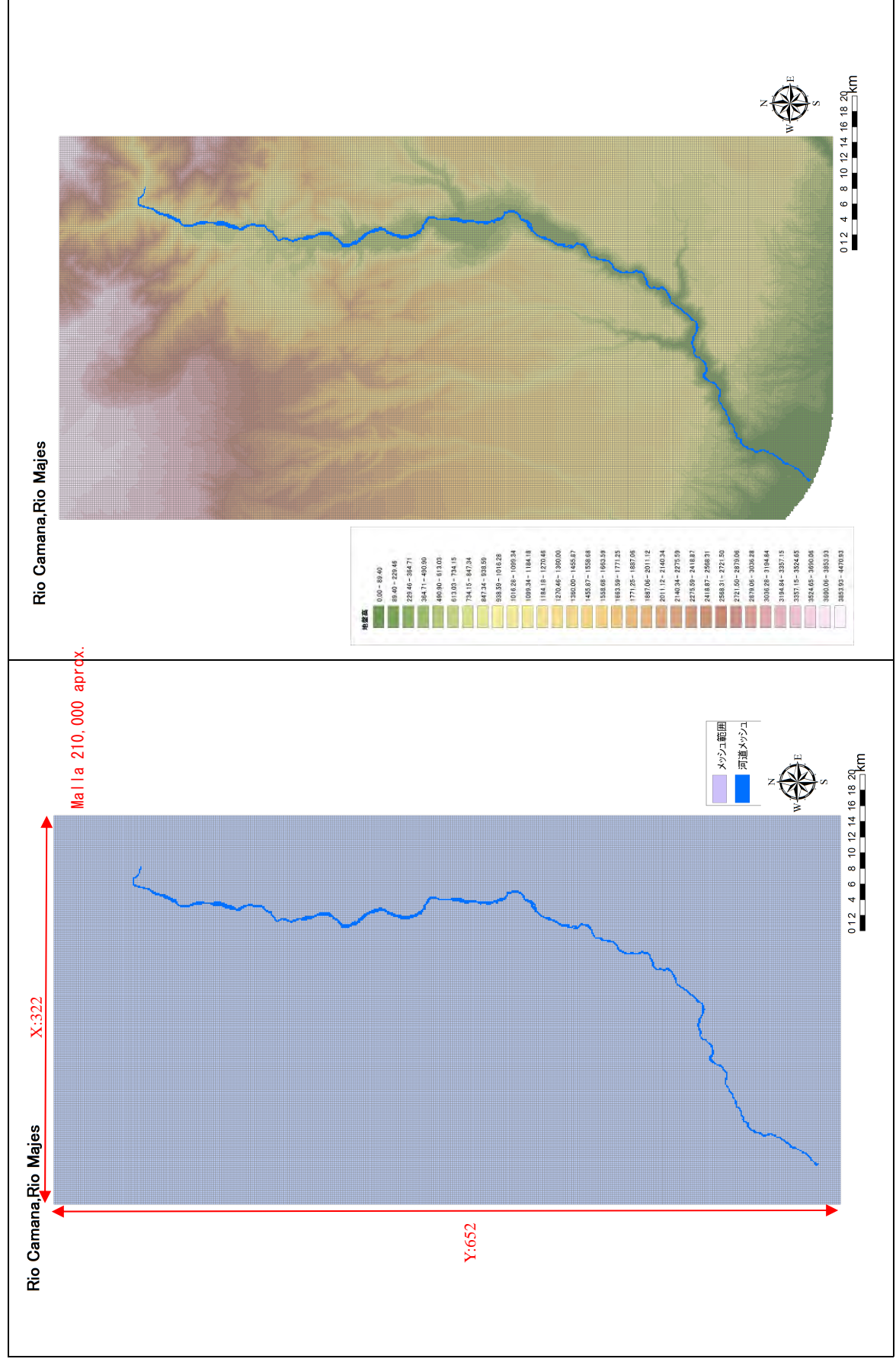


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

⑥ Condiciones de calculo Río Camaná y Río Majes

Parámetros		Puntos básicos sobre el modelo de inundación	Río Camana/Río Majes		
Modelo de inundación	Campo de inundación	Forma de inundación	Se conoce el estado del cauce y de sus alrededores (topografía, uso de terreno, etc.) mediante los datos recoleccionados y estudio local, y se clasifica el tipo de inundación según cada tramo.	Presentar la forma de inundación respecto a la extensión, retención y conducción.	
		Malla de cálculo	150m de este a oeste x 150m de norte a sur, aproximadamente	Malla de 150m	
		Alcance del modelo de inundación	El área del modelo se establece en una área (X; 322xY; 652) donde se extiende la corriente de desbordamiento del cauce.	Malla de 210,000	
		Altura del suelo de malla	Modelo Digital de Elevación Global (GDEM) – ASTER	Malla de 150m	
	Rugosidad de la cuenca	Se establece la rugosidad compuesta teniendo en cuenta el promedio de la carga superficial (terreno agrícola: n=0.06, camino: n=0.047 y otros: n=0.05), además de la ocupación de edificios y la profundidad del agua. Aguas abajo: Uso de tierra y ocupación de edificios: Observación visual del mapa topográfico de 1/2,500 Aguas arriba: Uso de tierra: información digital del territorio nacional (malla de uso de tierra del año 2006), ocupación de edificios: observación visual del mapa topográfico de 1/10,000	Todas las mallas n = 0.10		
	Estructura con terraplén	Se establecen las condiciones de caminos principales, ferrocarriles, abertura de conductos, etc.	No hay.		
Modelo del cauce	Cauce	Condiciones de drenaje	No se establecen, ya que no hay instalaciones de drenaje.	No hay.	
		Alcance del modelo	Aguas abajo: desembocadura, Aguas arriba: 115.0km.	0.0 ~ 40.0km (Río Camana) 40.0Km~115.0Km (Río Majes)	
		Datos del cauce	Sección del cauce medida por el presente estudio	Cauce del año 2011	
	Condiciones	Coeficiente de rugosidad	Se realiza la división de tramos, y se establece el coeficiente de rugosidad del lecho y dique de protección lateral, mediante el estudio local.	Muro lateral: n = 0.040 Lecho: n = 0.040	
		Inundación objeto	Se establece mediante HEC-HMS.	HEC-HMS	
		Distribución de caudal	No hay afluentes para tener en cuenta.	No hay.	
		Condiciones en el extremo de aguas arriba	Se establece la hidrográfica del caudal en el punto extremo de aguas arriba dentro del alcance del modelo como condición del límite.	Extremo aguas arriba 115.0km	
		Nivel de agua inicial	Se establece el nivel de flujo uniforme (I = 1/100) en la sección del extremo de aguas abajo.	Profundidad de flujo uniforme I = 1/100	
		Fórmula de H-Q	Se calcula según el resultado de cálculo unidimensional de flujo variado.	Flujo variado unidimensional Resultado de cálculo	
	Condiciones de inundación	Condiciones básicas	Tiempo de cálculo	Se establece según la fuerza externa establecida (hidrográfica del extremo de aguas arriba).	Alrededor de 36 horas
			Intervalo de tiempo de cálculo	Δt segundo	2 segundos
		Condiciones de desbordamiento	Tramo de desbordamiento	de Cuando el nivel de inundación en el área protegida sobrepasa la altura del dique del río, el agua de dicha área retorna al cauce pasando por encima del dique.	No hay.
Ancho de desbordamiento			de Excepto los puntos de confluencia: $y=1.6(\log 10x)3.8+62m$, puntos de confluencia: $y=2.0(\log 10x)3.8+77$ / Manual de simulación de inundaciones (borrador) O bien, se estima en doble o triple del ancho del río / Manual para la elaboración del mapa de áreas anegables de los ríos medianos y pequeños.	No hay.	
Cálculo del nivel de desbordamiento			El caudal dentro del cauce calculado en el modelo unidimensional de flujo variado se convierte en el nivel de agua mediante la fórmula de H-Q, establecida por el presente estudio.	No hay.	
Condiciones de rotura		Punto de rotura del dique	En cuanto a los puntos de construcción del dique, se considera la rotura del dique de cualquiera de los dos lados, y en cuanto a los puntos de excavación, se considera la rotura del dique de ambos lados.	Rotura en el punto objetivo	
		Condiciones para iniciar la inundación	Rotura del dique con la altura actual.	Altura del dique actual	
		Altura del dique	Ver la altura en el mapa transversal del cauce.	Altura del dique actual	
		Ancho del dique	Se establece teniendo en cuenta la distancia de la línea transversal, longitud de malla modelo, etc.	450m (Malla 150m×3)	
		Método de cálculo de caudal de inundación	Se establece según el manual de simulación de inundaciones.	Simulación de inundaciones Según el manual	
Inclinación del lecho que se aplica a la fórmula de desbordamiento	La inclinación máxima del lecho más profundo es: Camana: 1/200~1/150, Majes: 1/150~1/100, aproximadamente.	Se establece provisionalmente en 1/200, 1/150, 1/100.			

⑥ Perfil del modelo Río Camaná y Río Majes



Capítulo II Resultado de Análisis de Inundaciones

En las siguientes páginas se indican los resultados de análisis de inundaciones de cada río (situación actual y después de introducir mejoras).

2.1 Río Chira

1) Caudal objeto según diferentes períodos de retorno

En la tabla 2.1-1 se indica el máximo caudal según diferentes períodos de retorno en el río Chira, y en la figura 2.1-1 se muestran los hidrogramas correspondientes. De entre dichos períodos, los de 1/5, 1/10, 1/25 y 1/50 han sido objeto de análisis de inundaciones.

Tabla 2.1-1 Caudal pico según diferentes períodos de retorno

(Río Chira)

Periodo de Reto. (años)	Q max
2	890.00
5	1,727.00
10	2,276.00
25	2,995.00
50	3,540.00
100	4,058.00

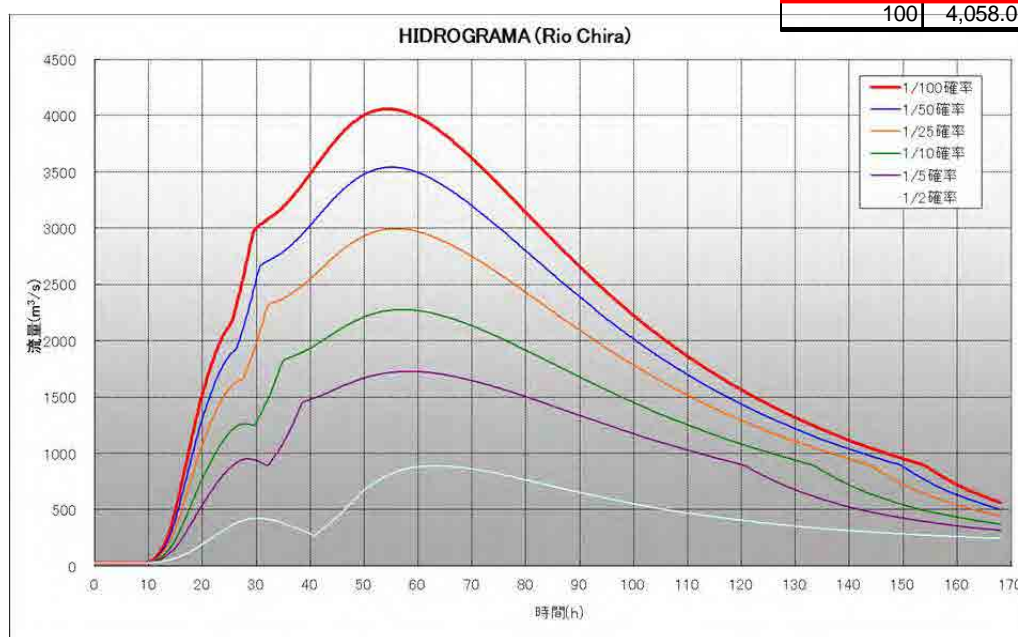


Figura エラー! 指定したスタイルは使われていません。 -1 Hidrograma (Río Chira)

2) Resultado del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)

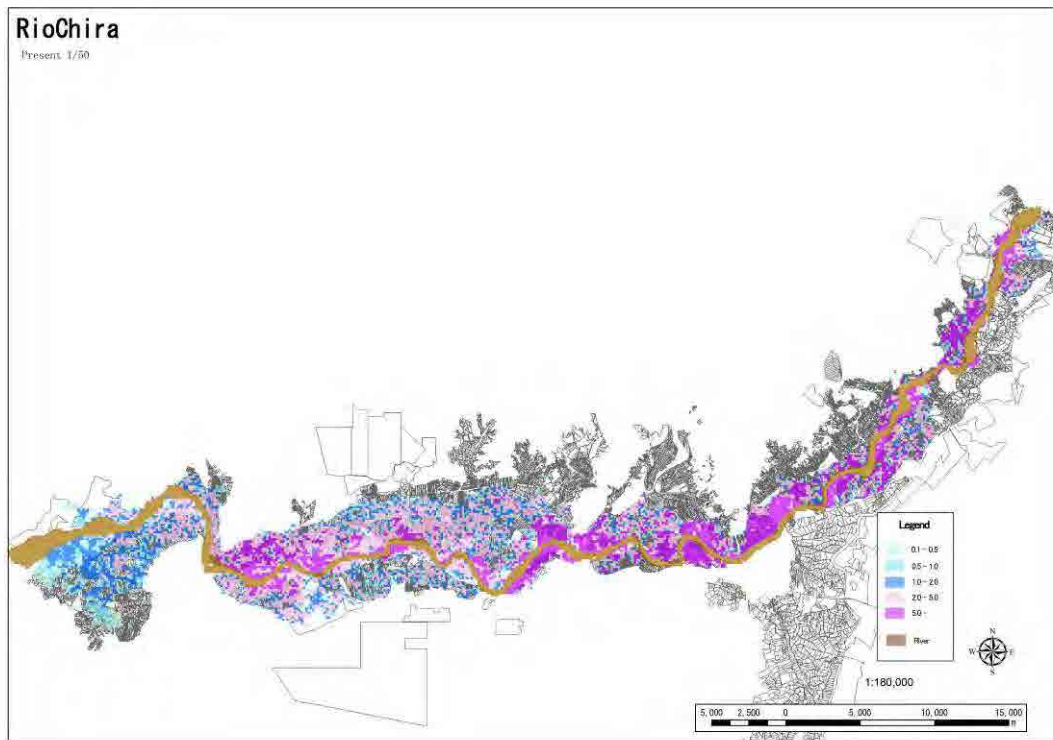
A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno en el curso actual del río Chira.

Tabla エラー! 指定したスタイルは使われていません。 -2 Resultado del análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chira)

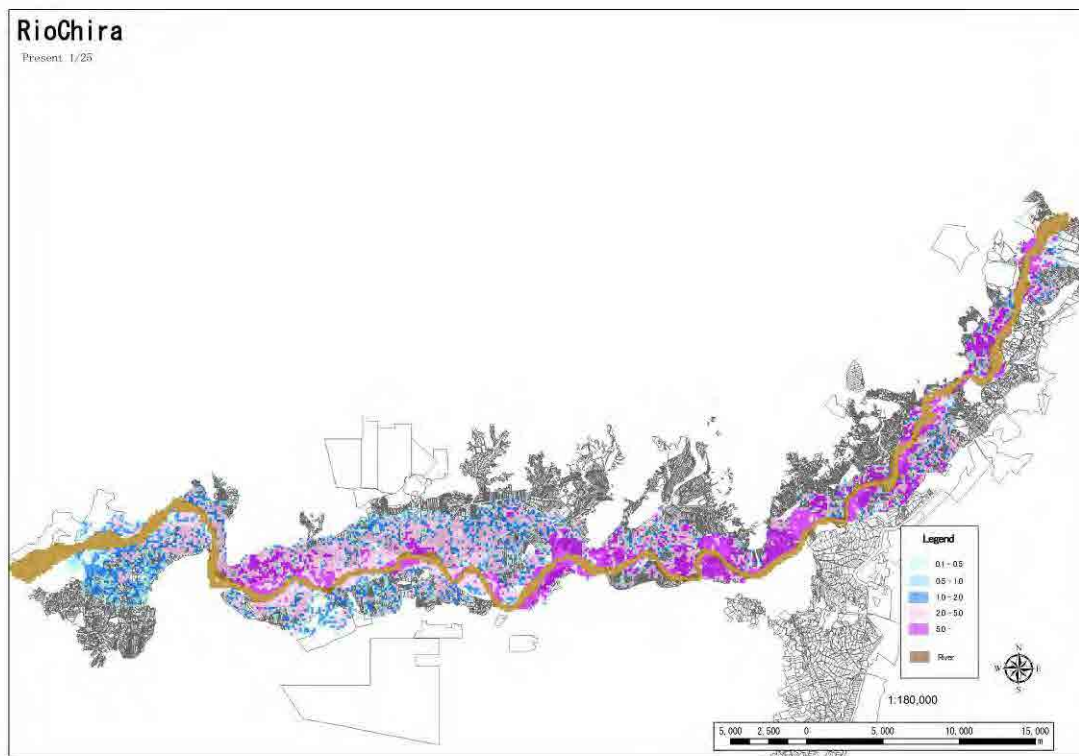
Situación actual	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Chira	6,233	14,024.3	7,340	16,515.0	8,661	19,487.3	9,589	21,575.3

Río Chira (período de retorno de 1/50), situación actual

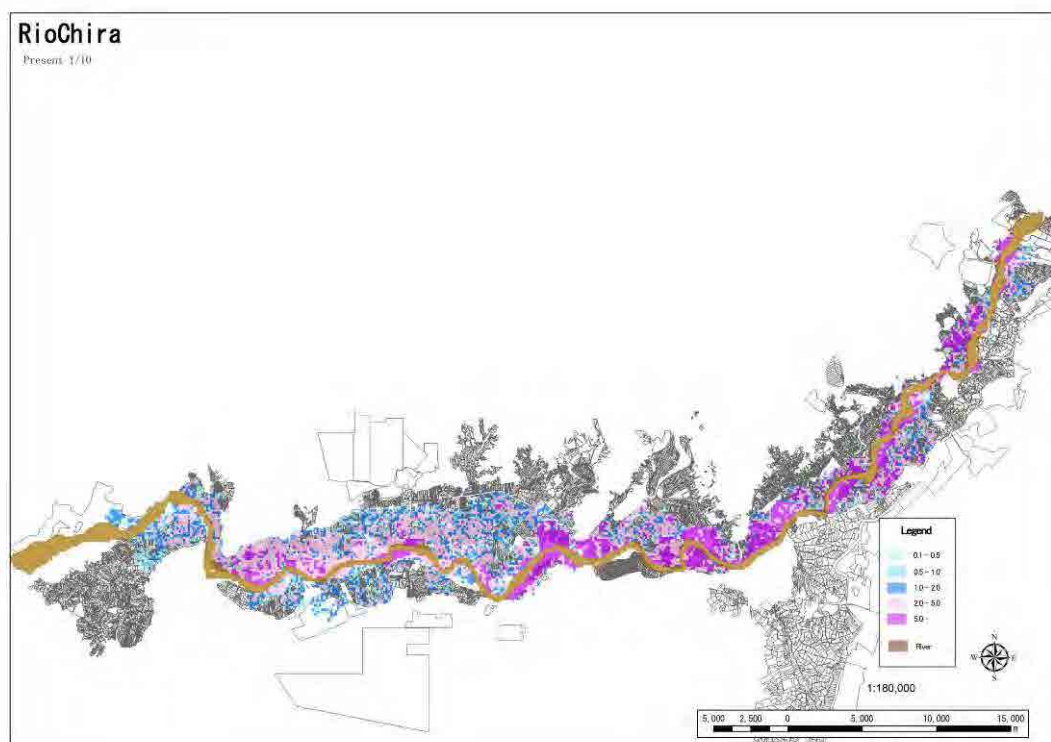
*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*



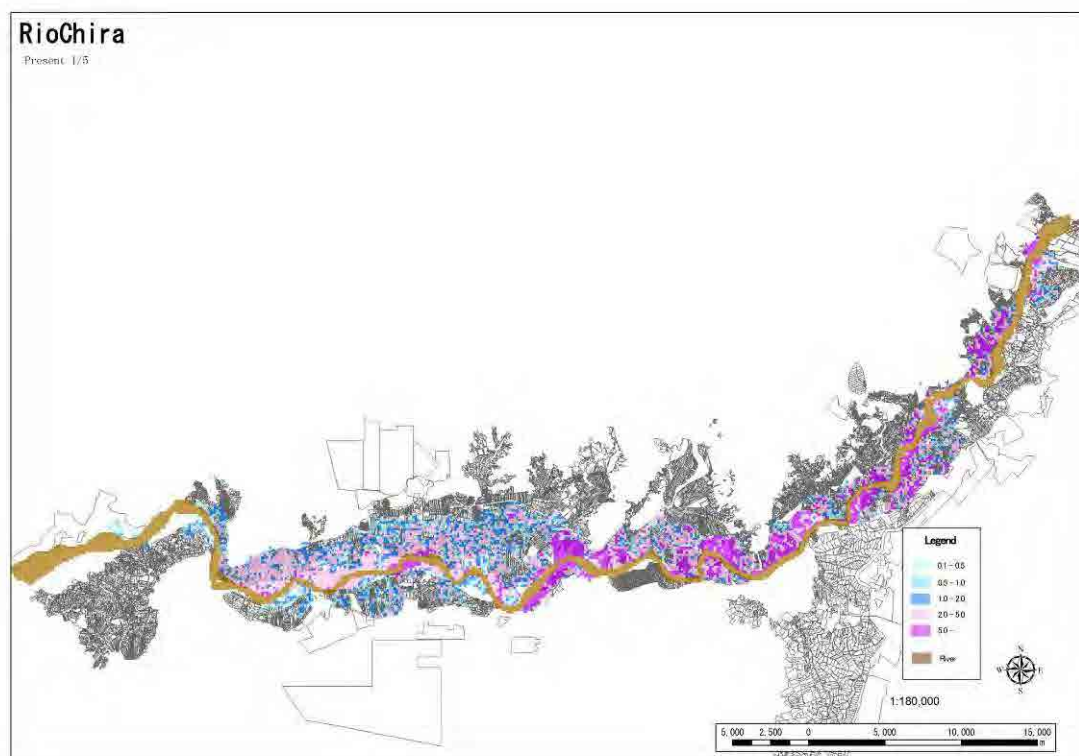
Río Chira (período de retorno de 1/25), situación actual



Río Chira (período de retorno de 1/10), situación actual



Río Chira (período de retorno de 1/5), situación actual



3) Resumen de las estructuras de toma de medidas

De acuerdo con el análisis de inundaciones en la situación actual, se han determinado la ubicación de los puntos de toma de medidas teniendo en cuenta la extensión de las inundaciones. En la figura 2.1-1 se muestran dichos puntos.

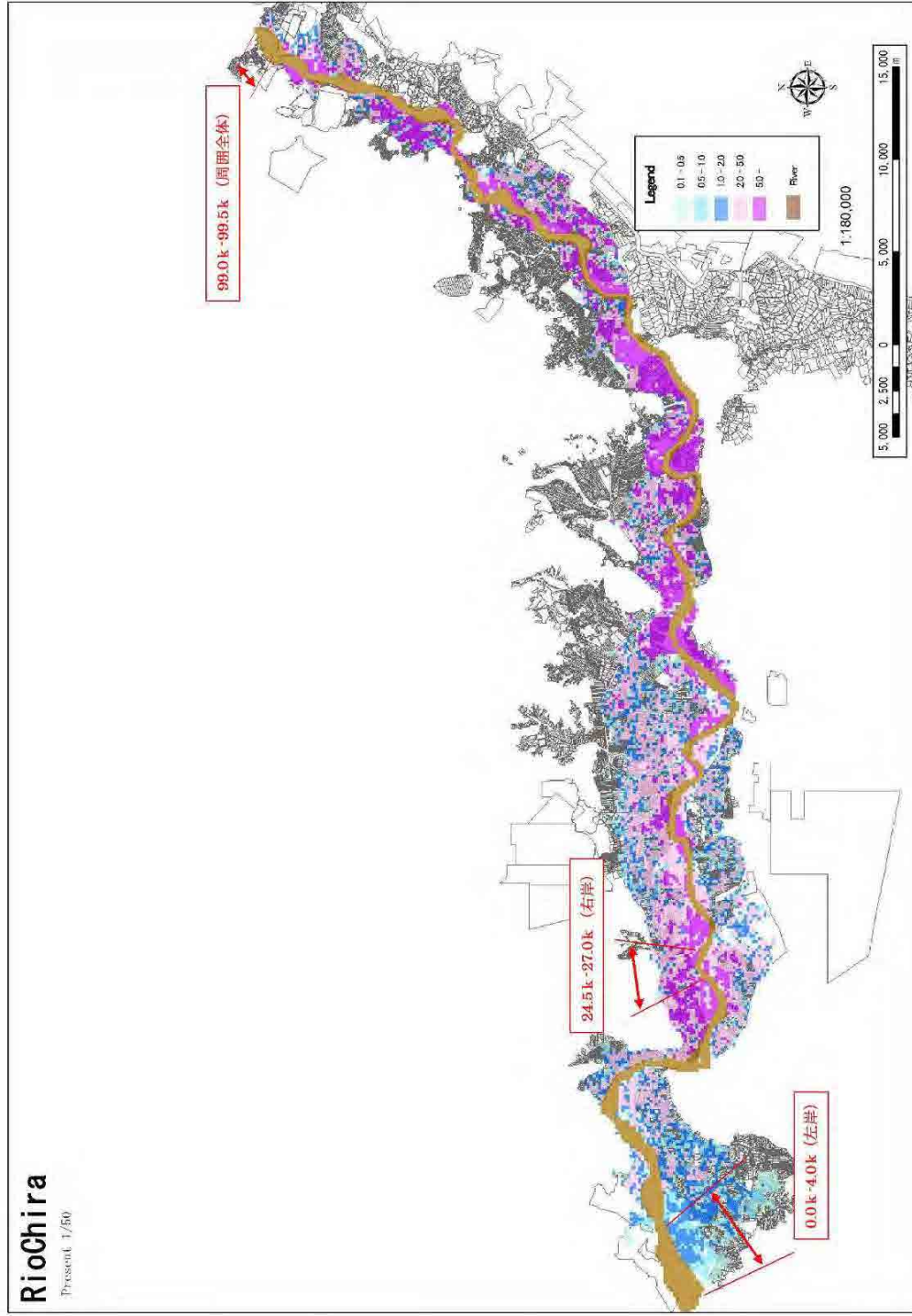


Figura エラー! 指定したスタイルは使われていません。 -2 Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Chira)

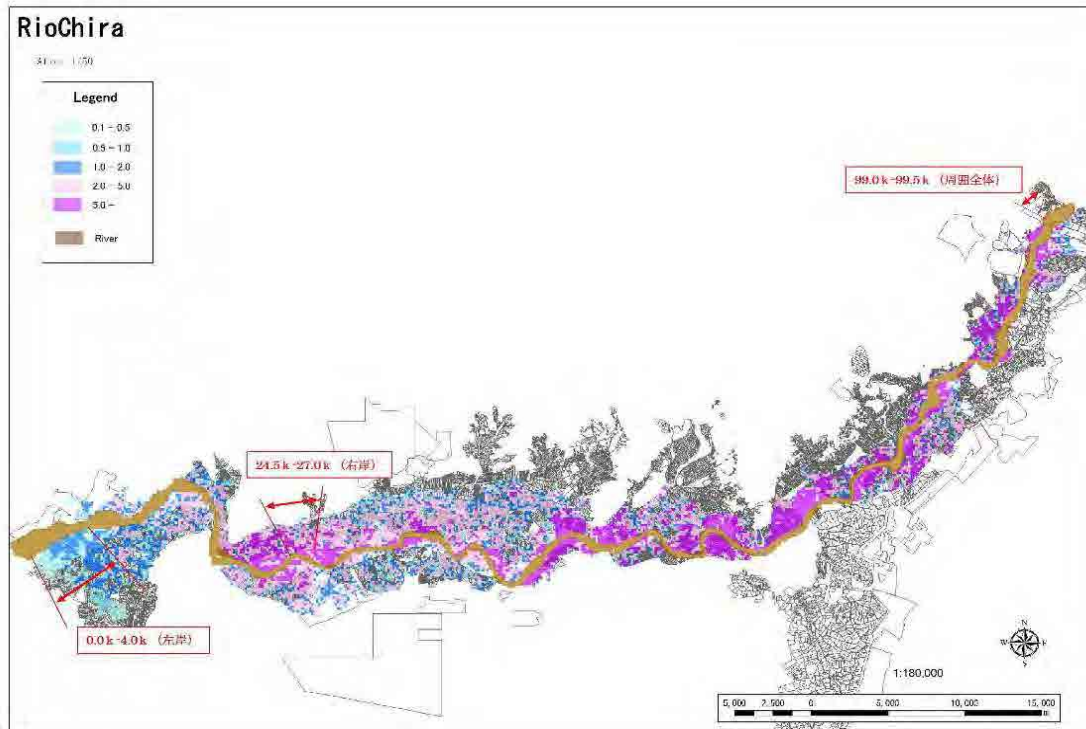
4) Resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno, después de instalar las estructuras contra inundación.

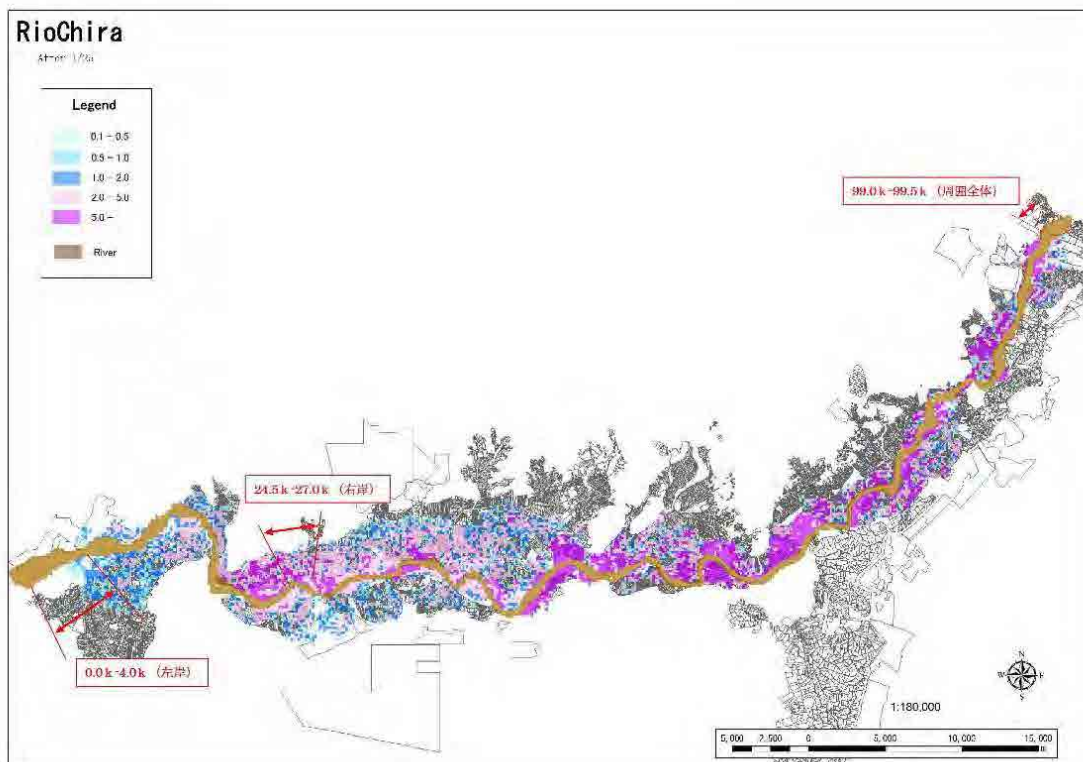
Tabla エラー! 指定したスタイルは使われていません。-3 Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chira)

Después de la toma de medidas	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Chira	6,233	14,024.3	7,340	16,515.0	8,661	19,487.3	9,586	21,568.5

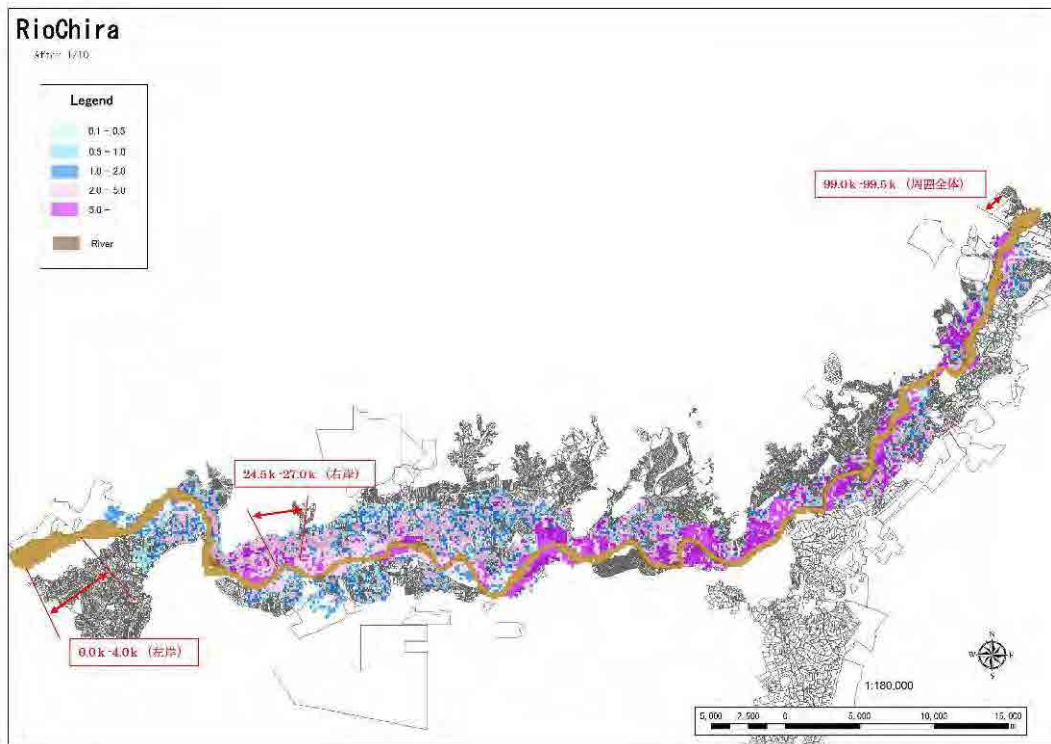
Río Chira (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



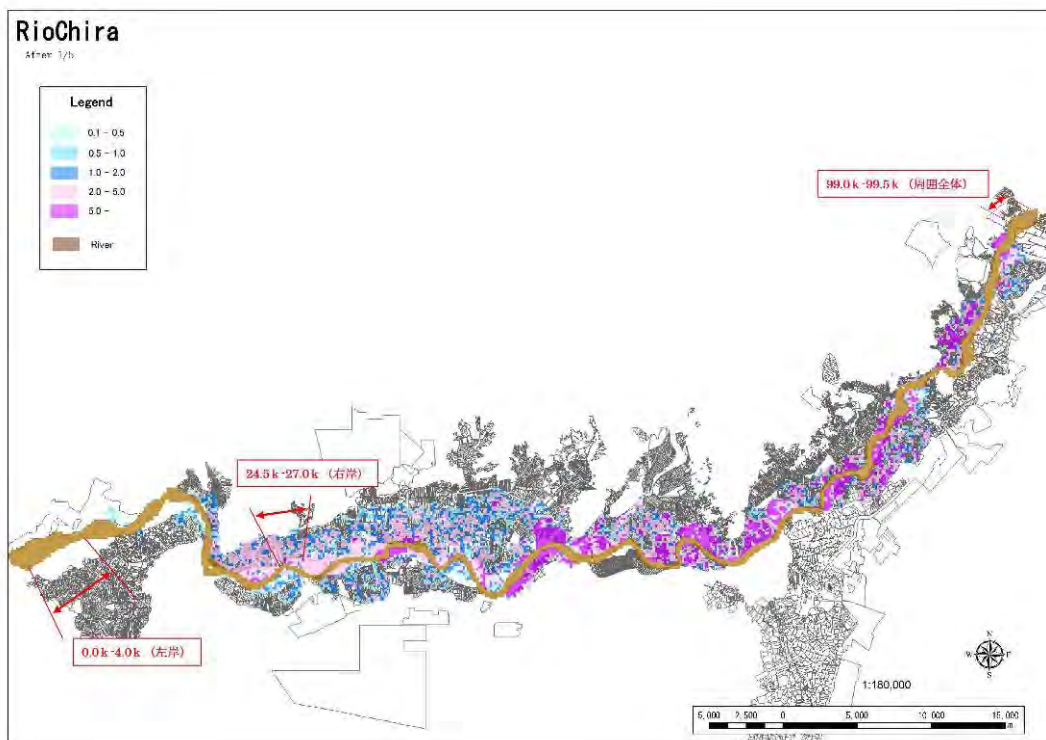
Río Chira (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



Río Chira (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



Río Chira (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



2.2 Río Cañete

1) Caudal objeto según diferentes períodos de retorno

En la tabla 2.2-1 se indica el máximo caudal según diferentes períodos de retorno en el río Cañete, y en la figura 2.2-1 se muestran los hidrogramas correspondientes. De entre dichos períodos, los de 1/5, 1/10, 1/25 y 1/50 han sido objeto de análisis de inundaciones.

Tabla 0-1 Caudal pico según diferentes períodos de retorno (Río Cañete)

T (años)	Q (M3/S)
2	331
5	407
10	822
25	1496
50	2175
100	2751

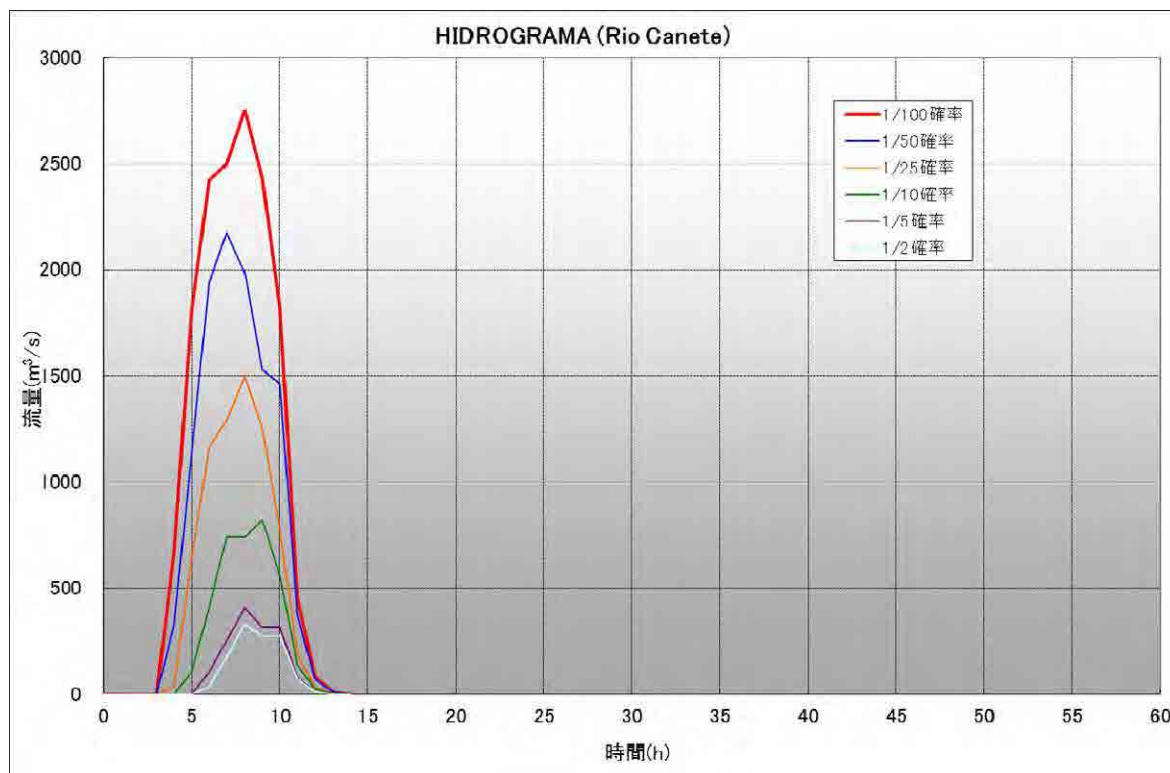


Figura 0-1 Hidrograma (Río Cañete)

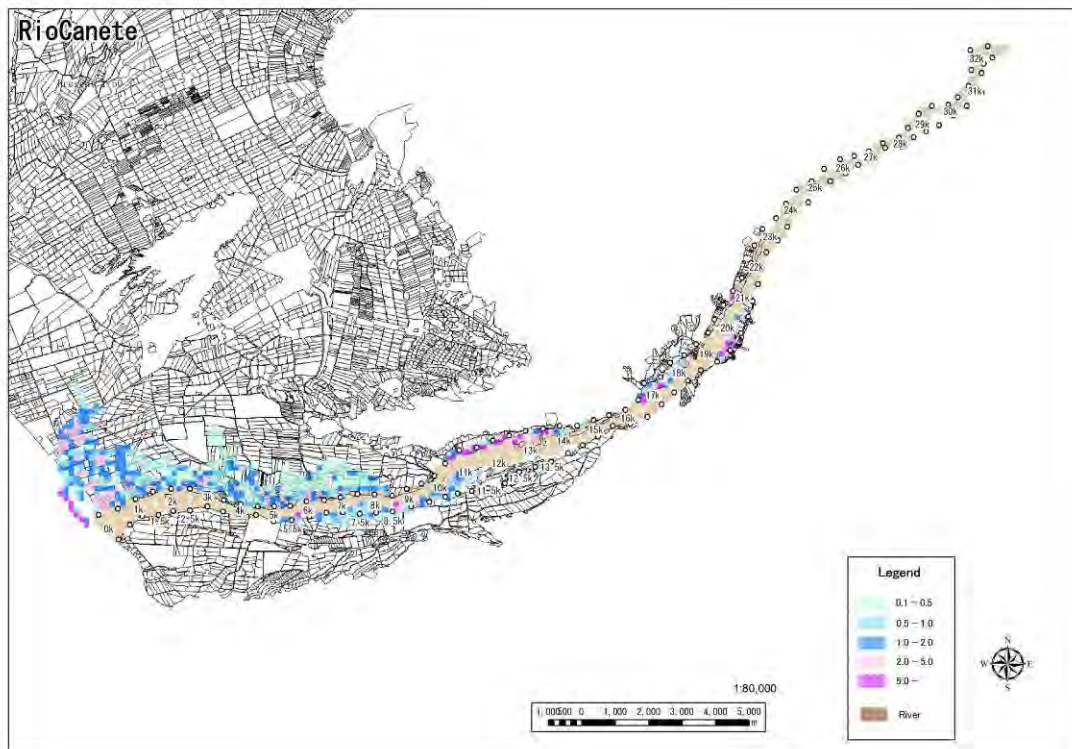
2) Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)

A continuación se muestran los resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno en el curso actual del río Cañete.

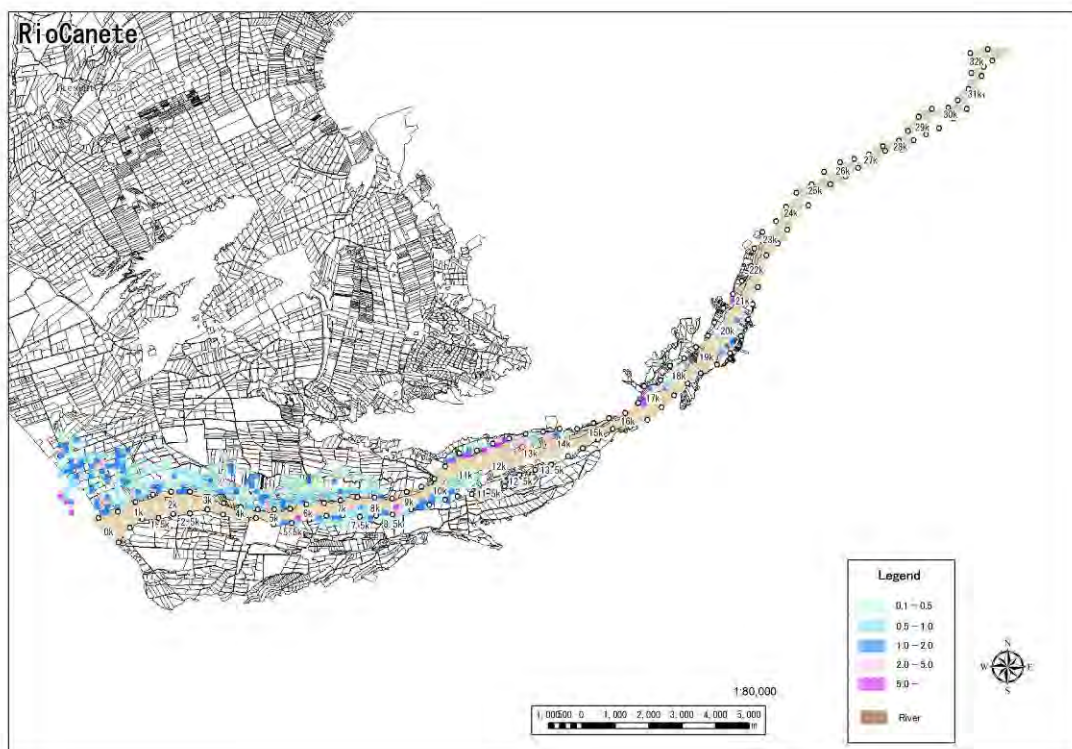
Tabla 2.2-2 Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Cañete)

Situación actual	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Cañete	73	164.3	391	879.8	552	1,242.0	678	1,525.5

Río Cañete (período de retorno de 1/50), situación actual

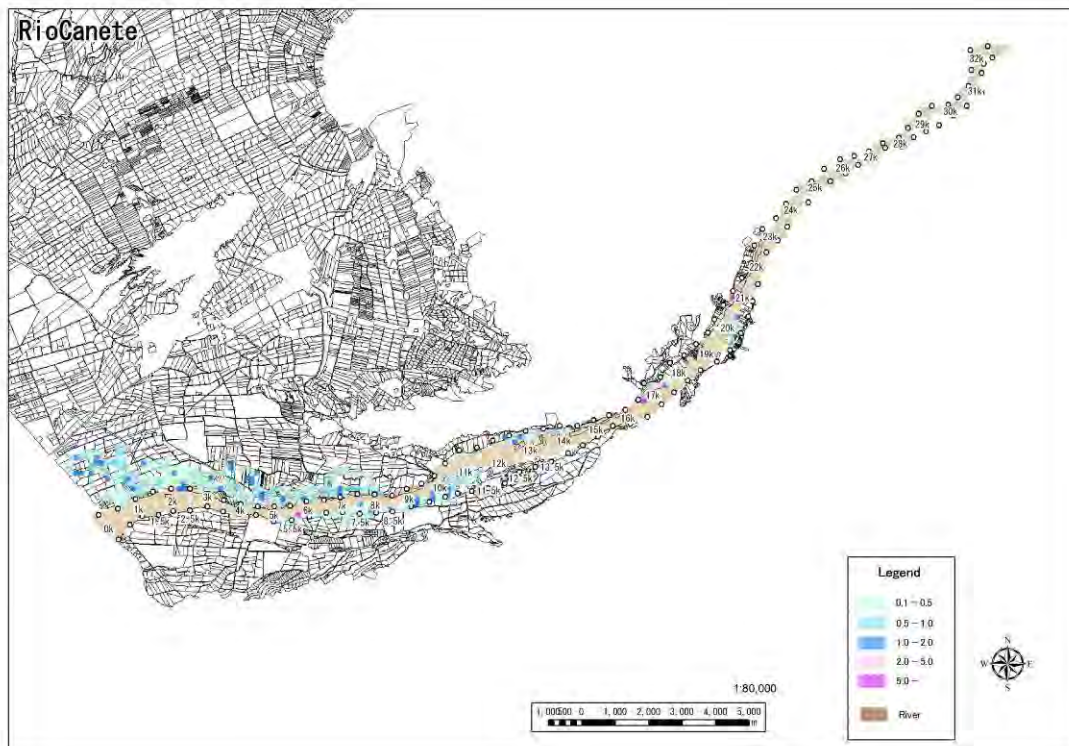


Río Cañete (período de retorno de 1/25), situación actual

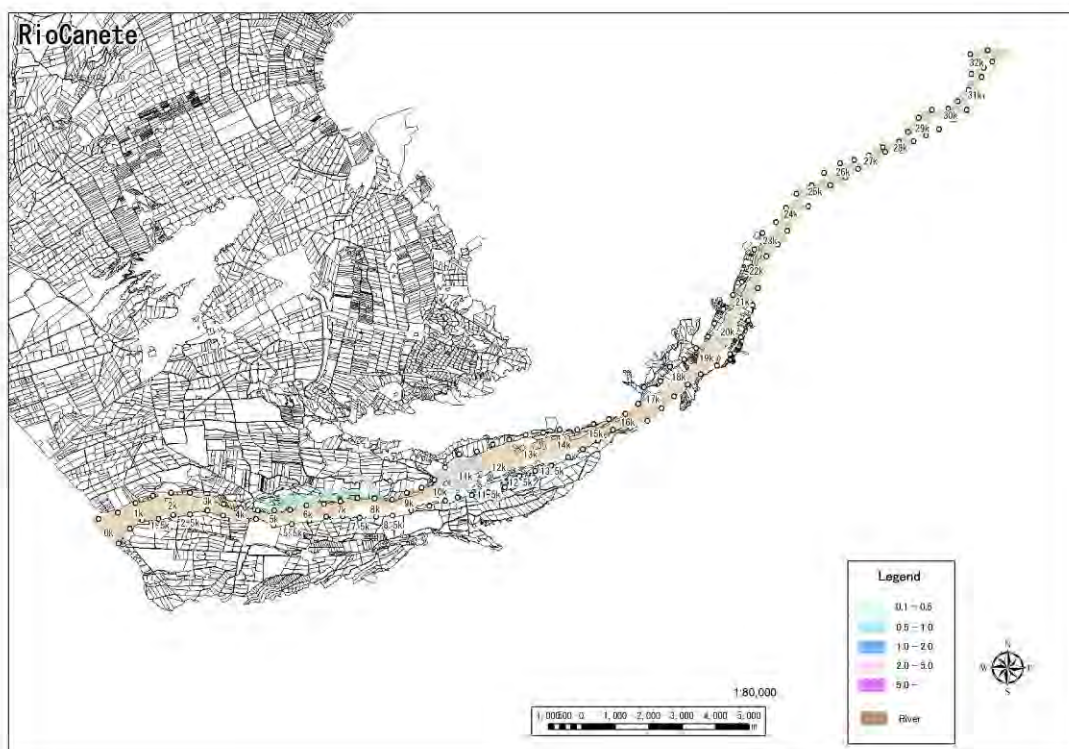


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL 1-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

Río Cañete (período de retorno de 1/10), situación actual



Río Cañete (período de retorno de 1/5), situación actual



3) Resumen de las estructuras de toma de medidas

De acuerdo con el análisis de inundaciones en la situación actual, se han determinado la ubicación de los puntos de toma de medidas teniendo en cuenta la extensión de las inundaciones. En la figura 2.2-2 se muestran dichos puntos.

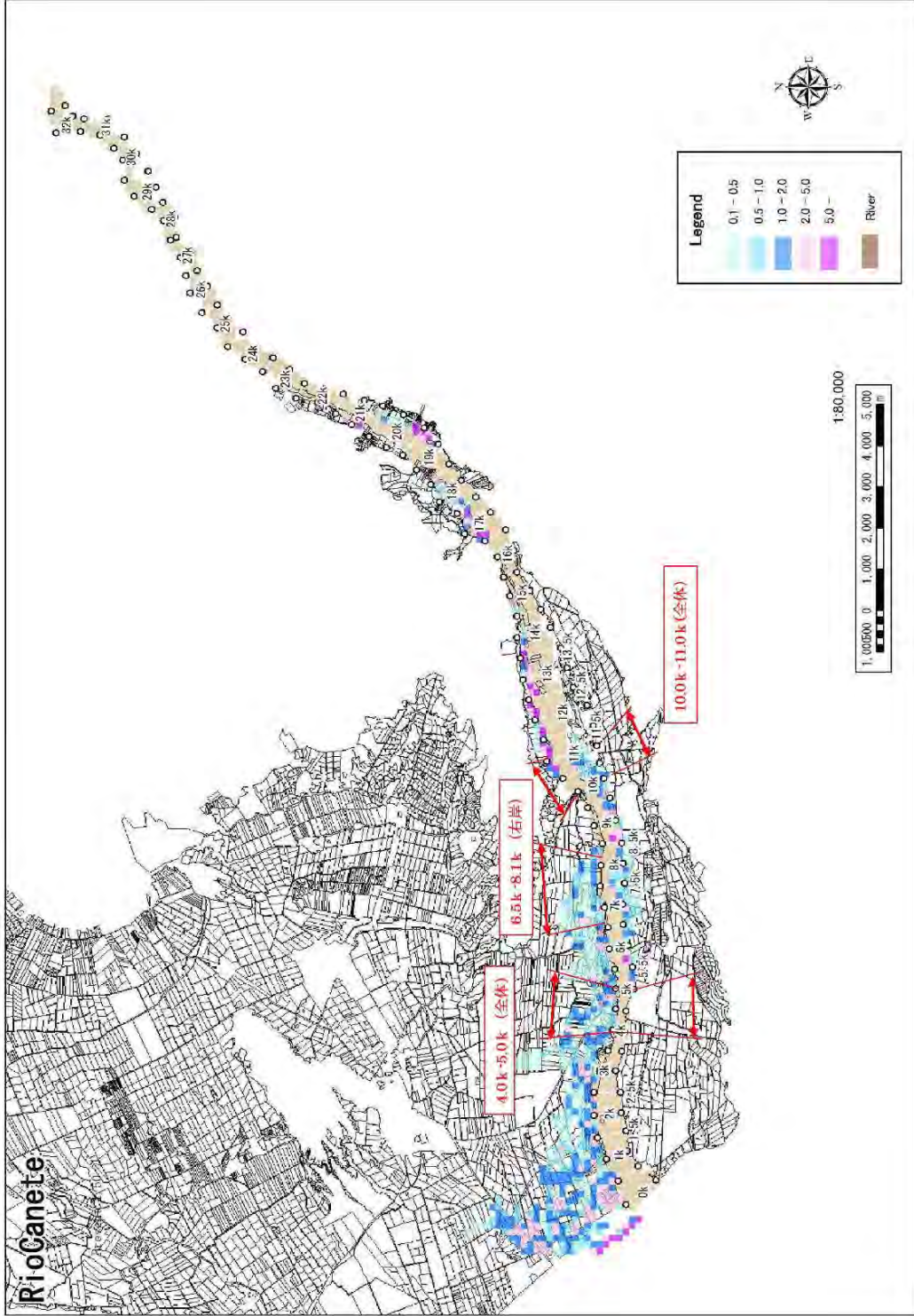


Figura 0-2 Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Cañete)

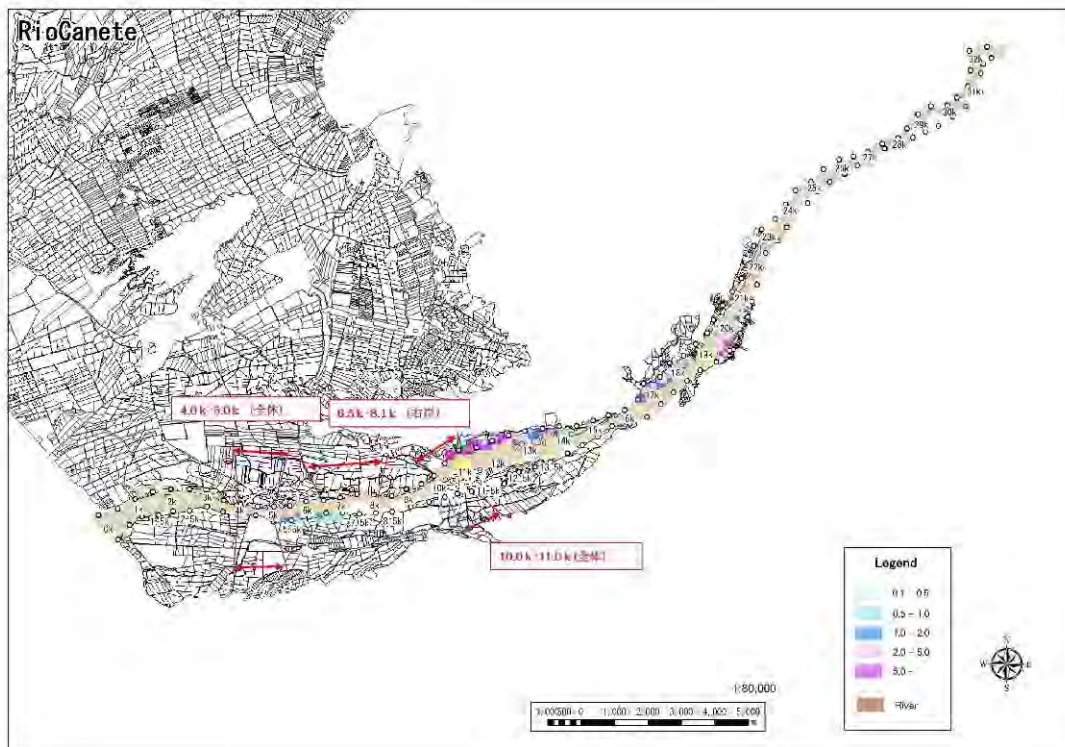
4) Resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno, después de instalar las estructuras contra inundación.

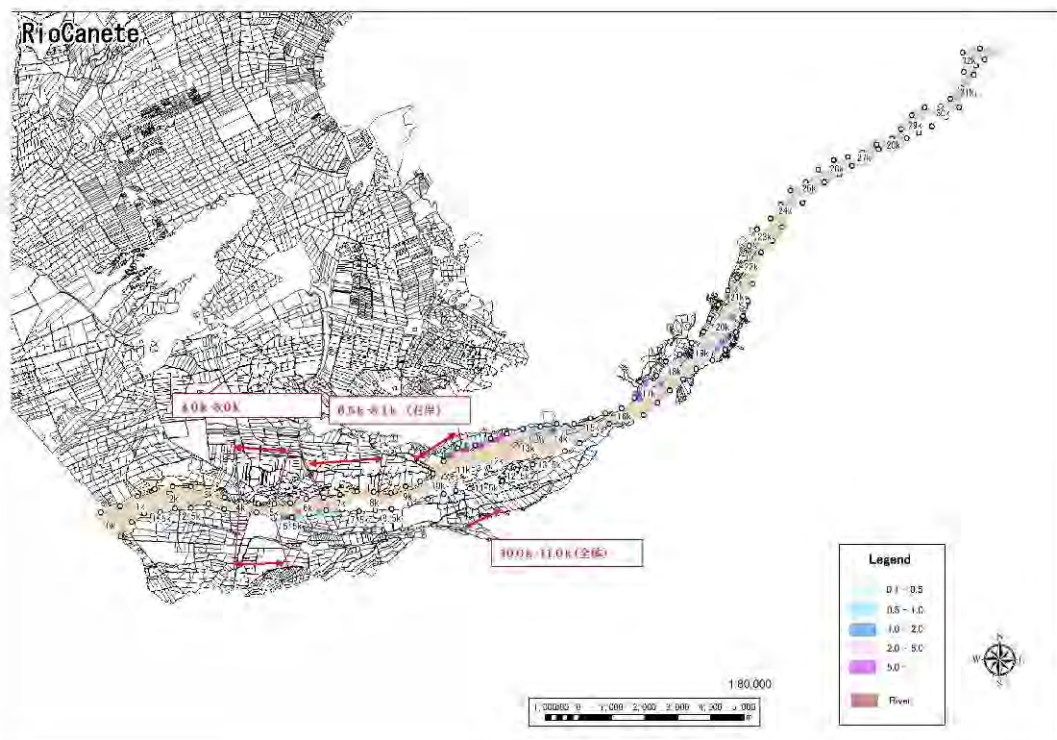
Tabla 0-3 Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Cañete)

Después de la toma de medidas	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Cañete	21	47.3	60	135.0	93	209.3	125	281.3

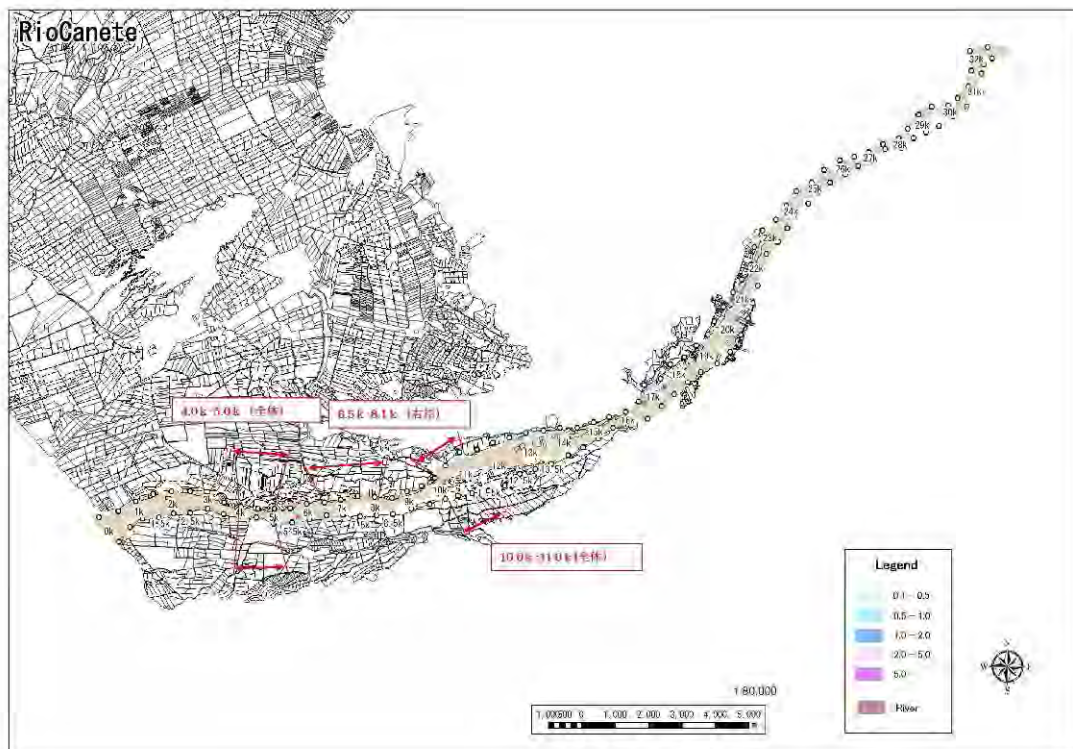
Río Cañete (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



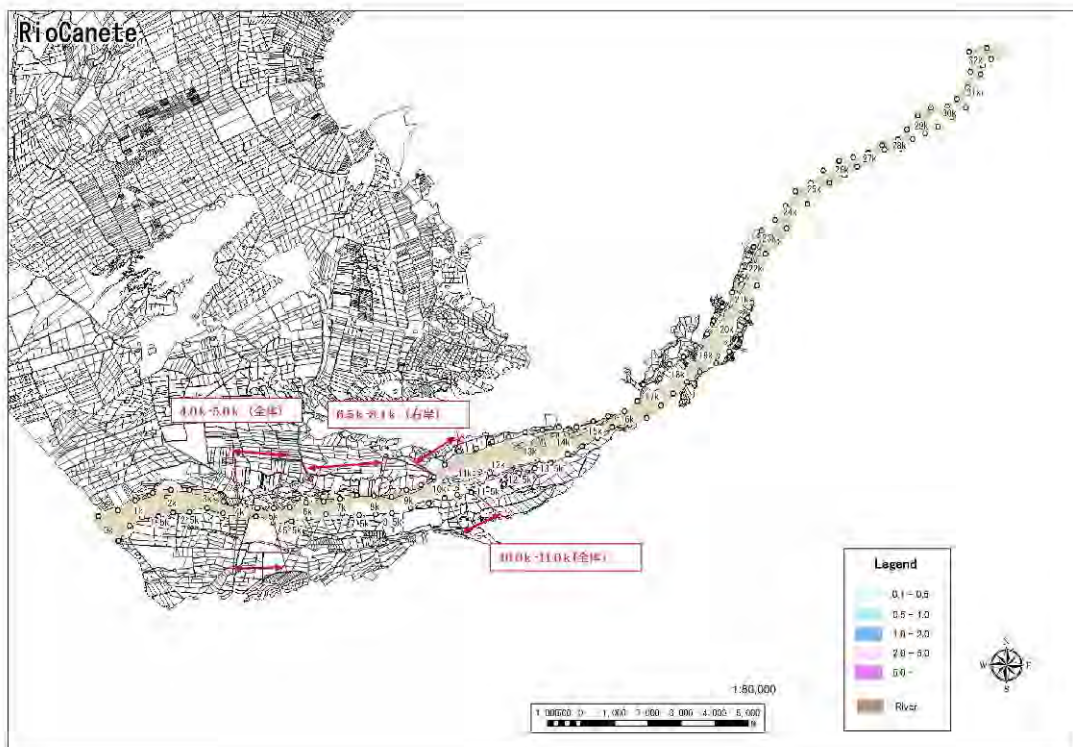
Río Cañete (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



Río Cañete (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



Río Cañete (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



2.3 Río Chíncha

1) Caudal objeto según diferentes períodos de retorno

En la tabla 2.3-1 se indica el máximo caudal según diferentes períodos de retorno en el río Chíncha, y en la figura 2.3-1 se muestran los hidrogramas correspondientes. De entre dichos períodos, los de 1/5, 1/10, 1/25 y 1/50 han sido objeto de análisis de inundaciones.

Tabla 0-1 Caudal pico según diferentes
períodos de retorno
(Río Chíncha)

Periodo de Reto. (años)	Q max
2	890.00
5	1,727.00
10	2,276.00
25	2,995.00
50	3,540.00
100	4,058.00

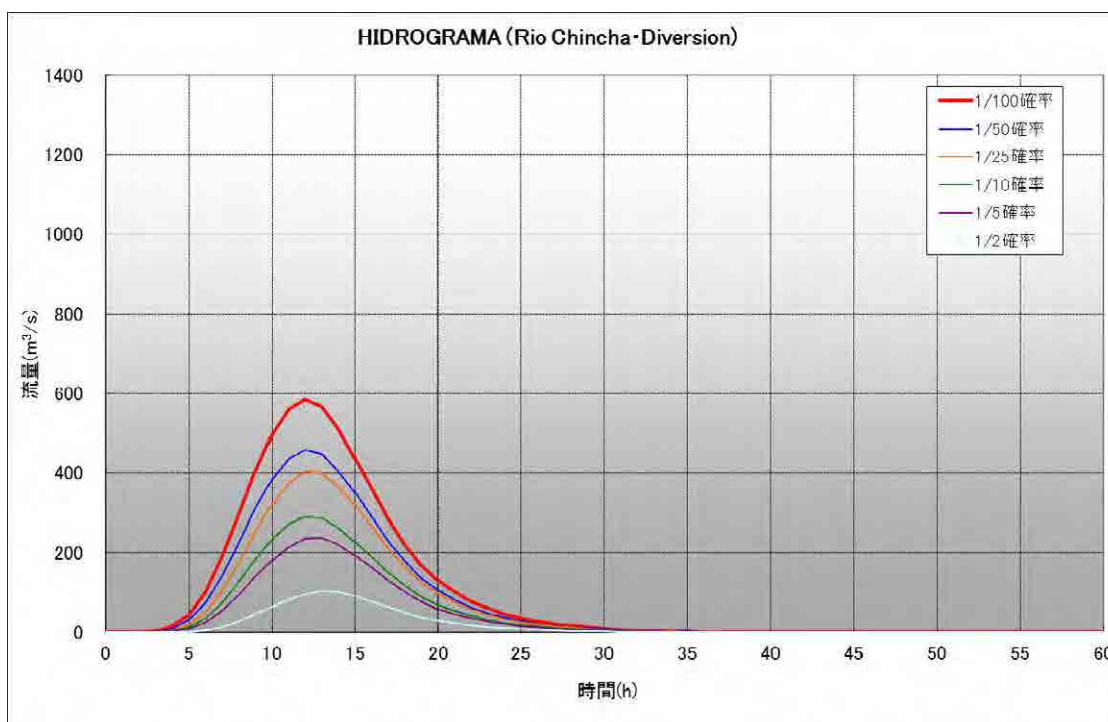


Figura 0-1 Hidrograma (Río Chíncha)

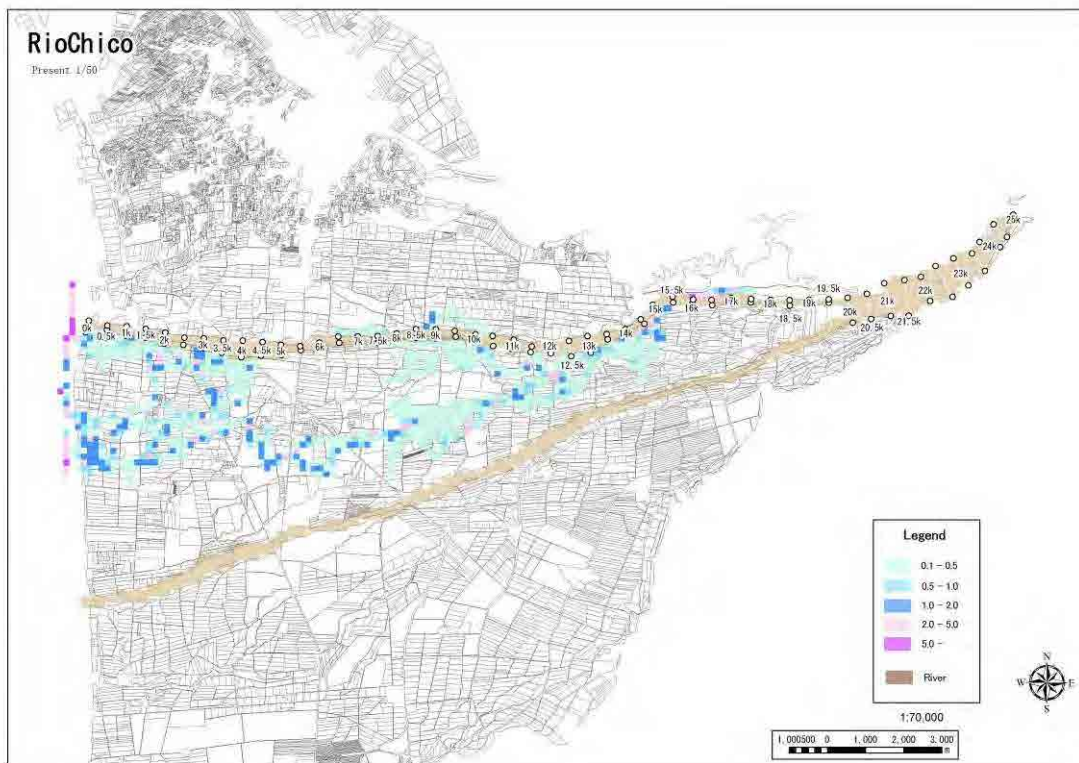
2) Resultado de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)

A continuación se muestran los resultados de análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno en el curso actual del río Chíncha.

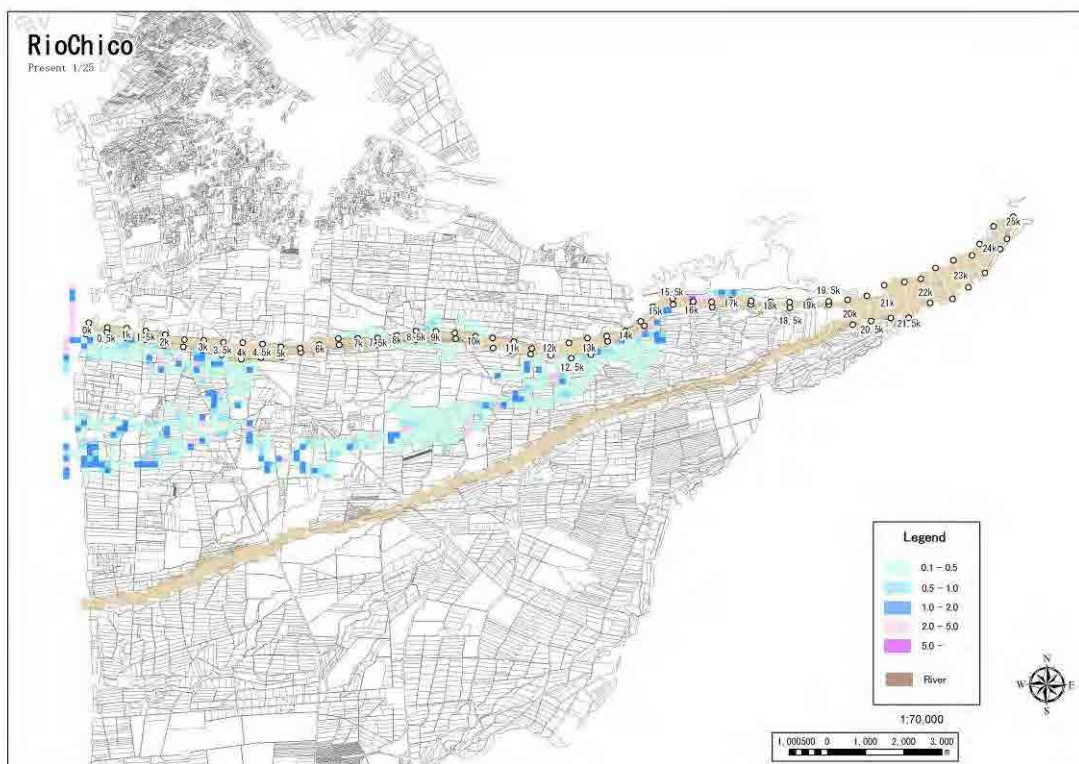
Tabla 0-2 Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chincha)

Situación actual		1/5		1/10		1/25		1/50	
		No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
	①Chico	270	607.5	293	659.3	714	1,606.5	827	1,860.8
	②Matagente	249	560.3	265	596.3	498	1,120.5	587	1,320.8
Chincha	③No. de mallas repetidas	0	0.0	0	0.0	249	560.3	256	576.0
	①+②-③	519	1,167.8	558	1,255.5	963	2,166.8	1,158	2,605.5

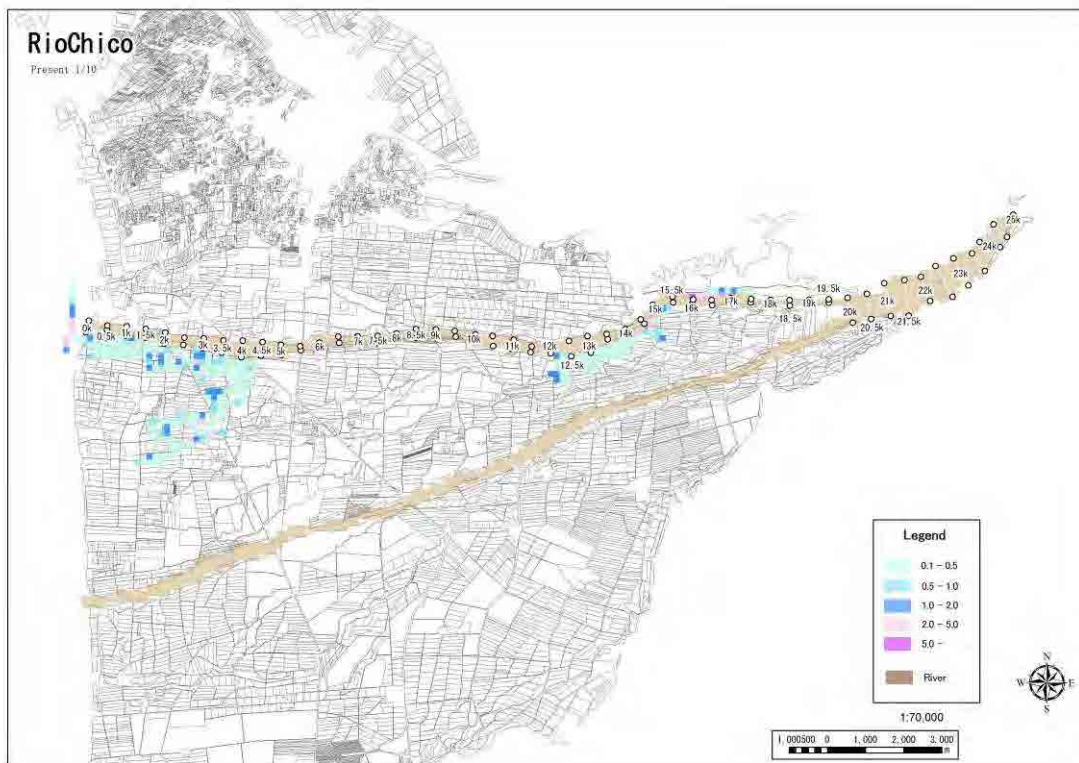
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/50), situación actual



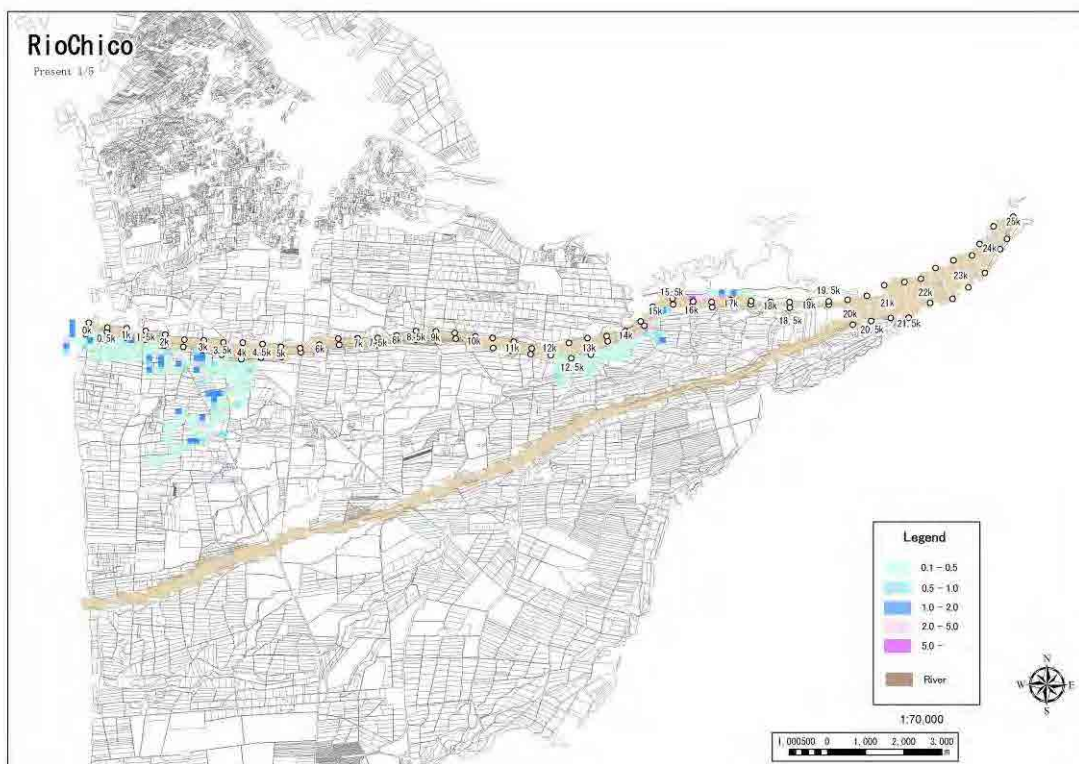
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/25), situación actual



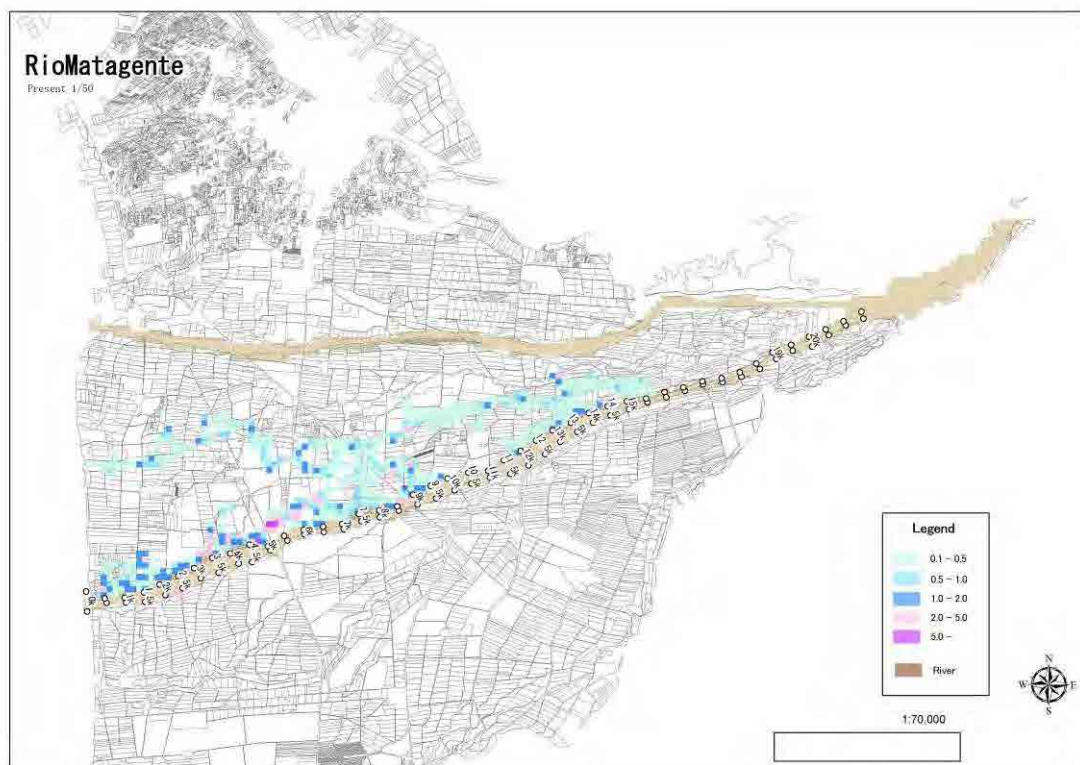
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/10), situación actual



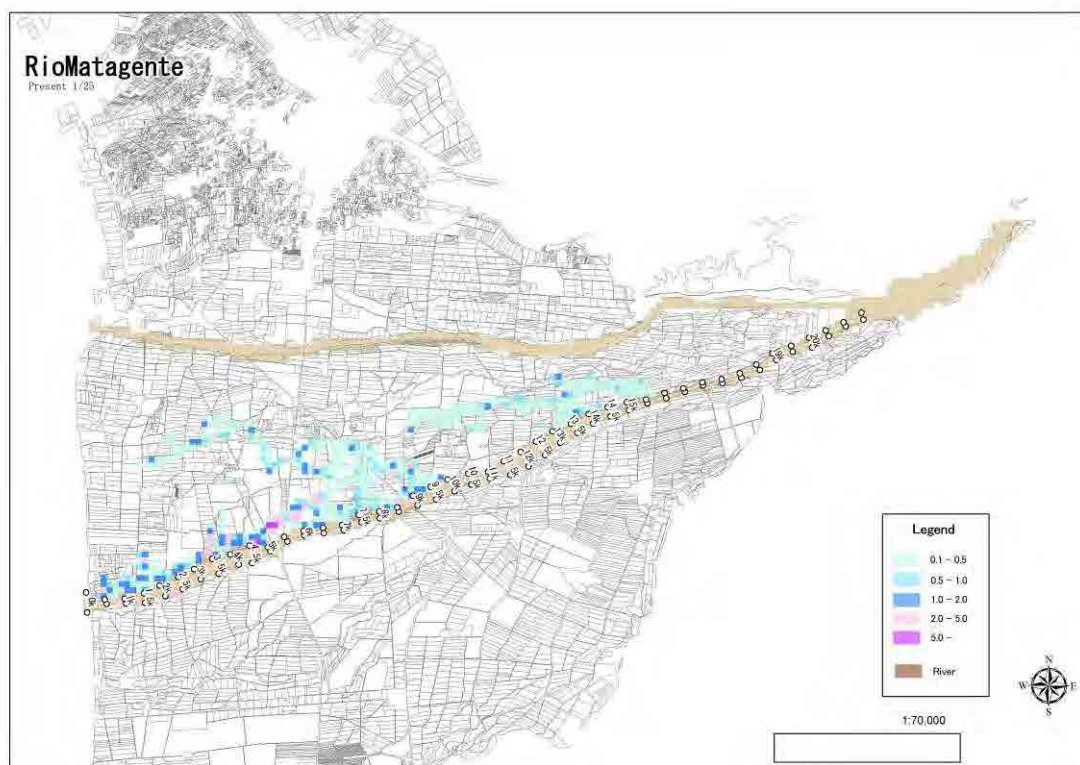
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/5), situación actual



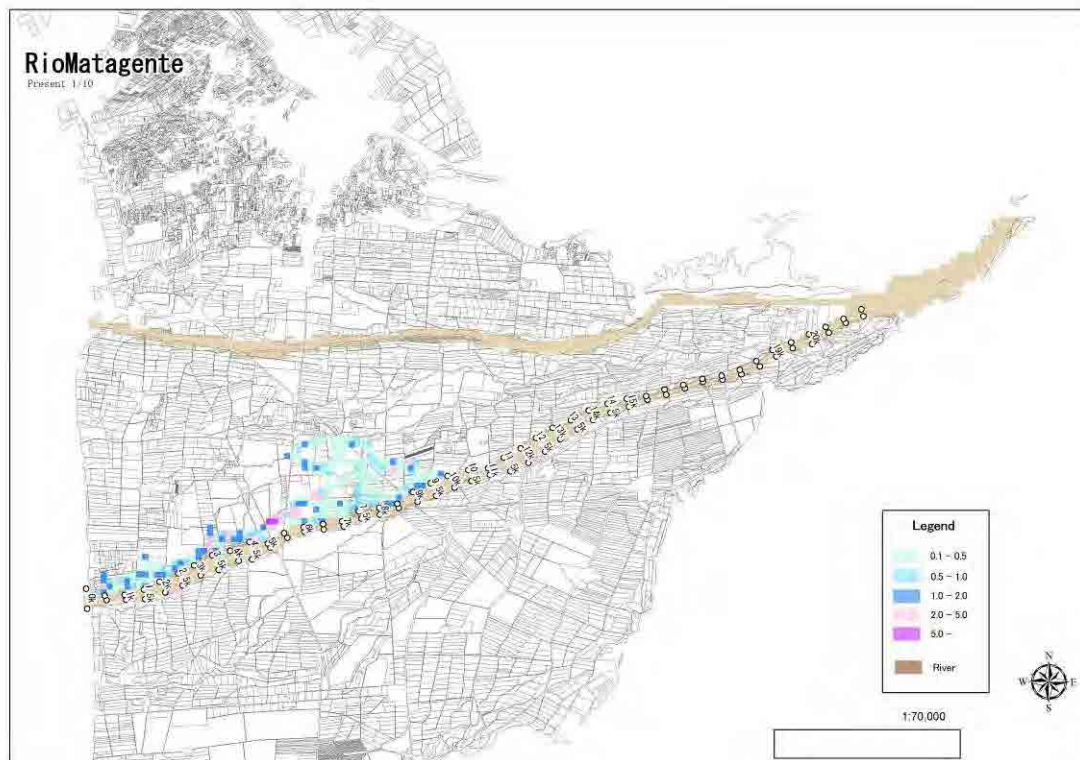
Río Chincha (Río Matagente) (período de retorno de 1/50), situación actual



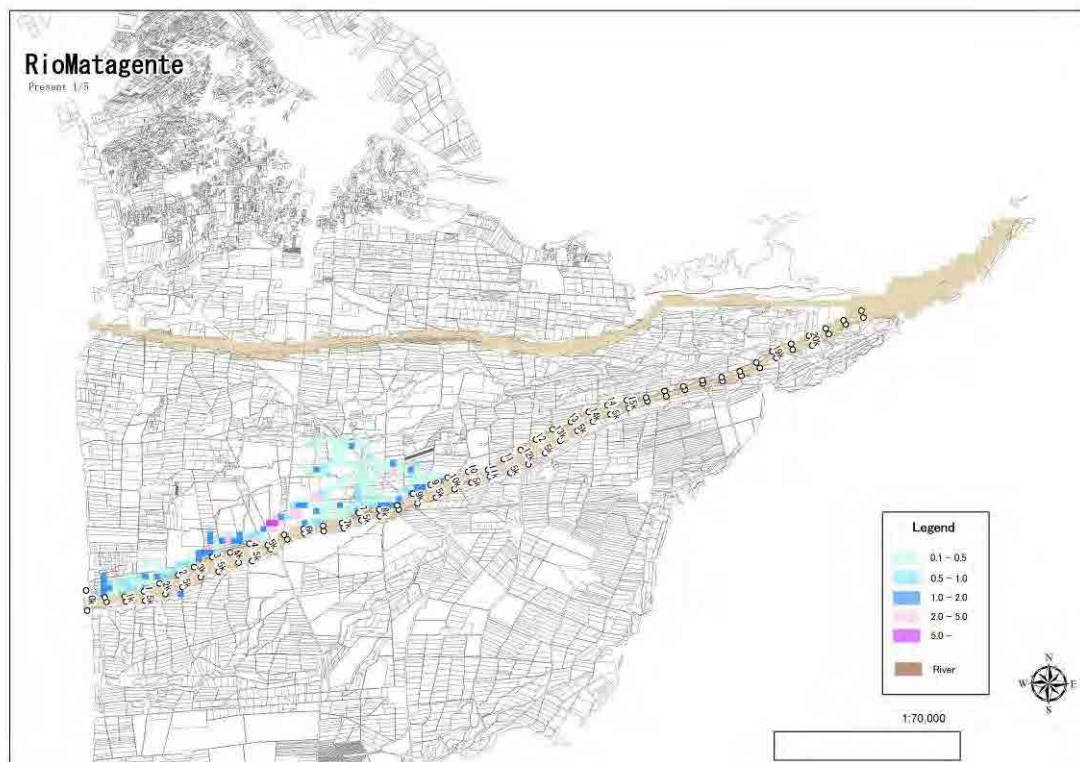
Río Chincha (Río Matagente) (período de retorno de 1/25), situación actual



Río Chinchá (Río Matagente) (período de retorno de 1/10), situación actual



Río Chinchá (Río Matagente) (período de retorno de 1/5), situación actual



3) Resumen de las estructuras de toma de medidas

De acuerdo con el análisis de inundaciones en la situación actual, se han determinado la ubicación de los puntos de toma de medidas teniendo en cuenta la extensión de inundaciones. En las figuras 2.3-2 y 2.3-3 se muestran dichos puntos.

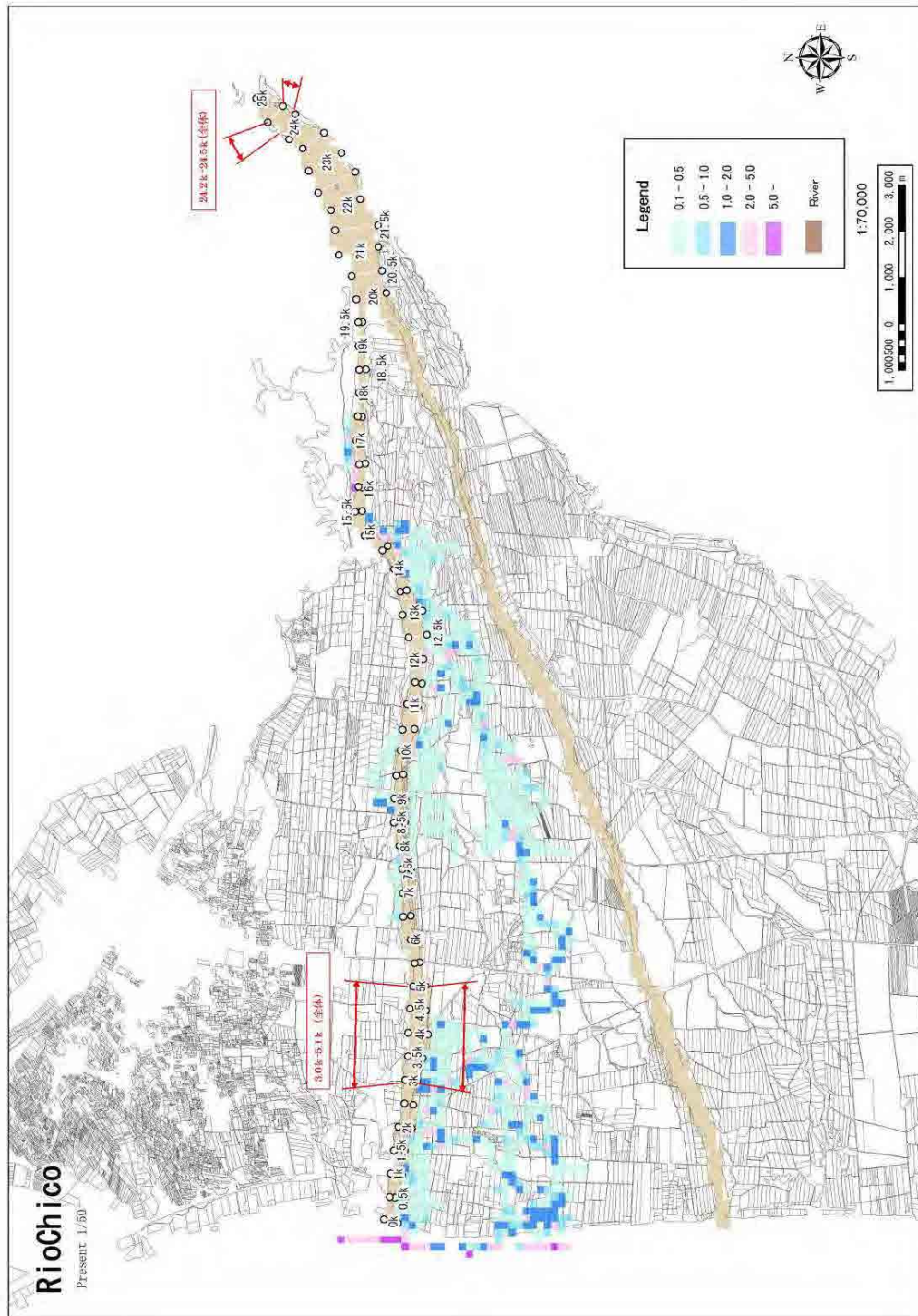


Figura 0-2 Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Chico)

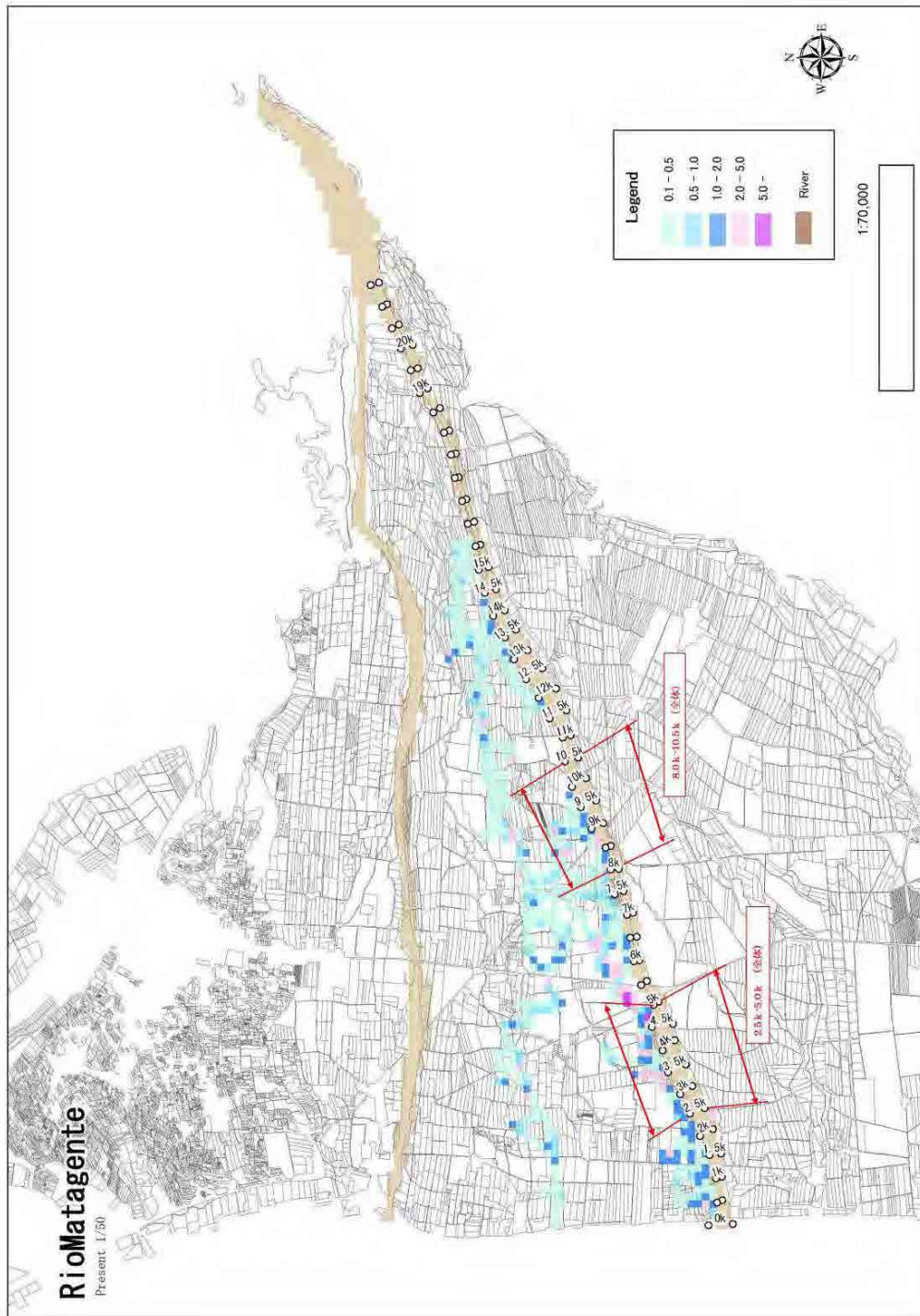


Figura 0-3 Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Matagente)

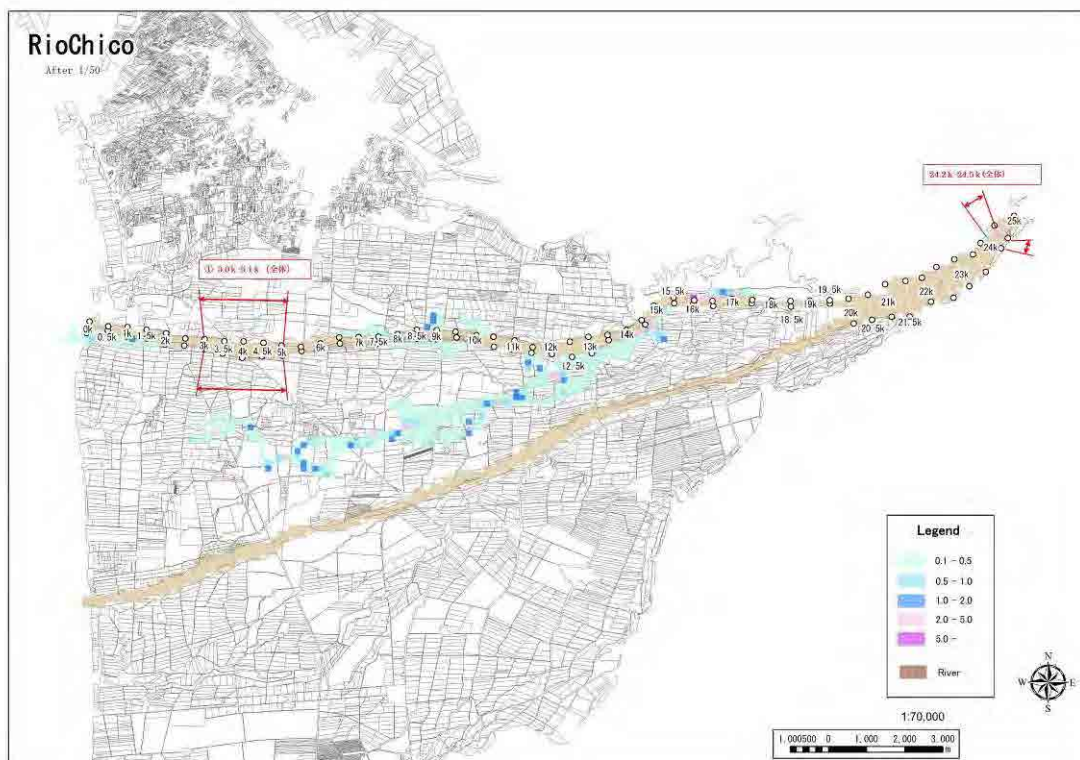
4) Resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno, después de instalar las estructuras contra inundación.

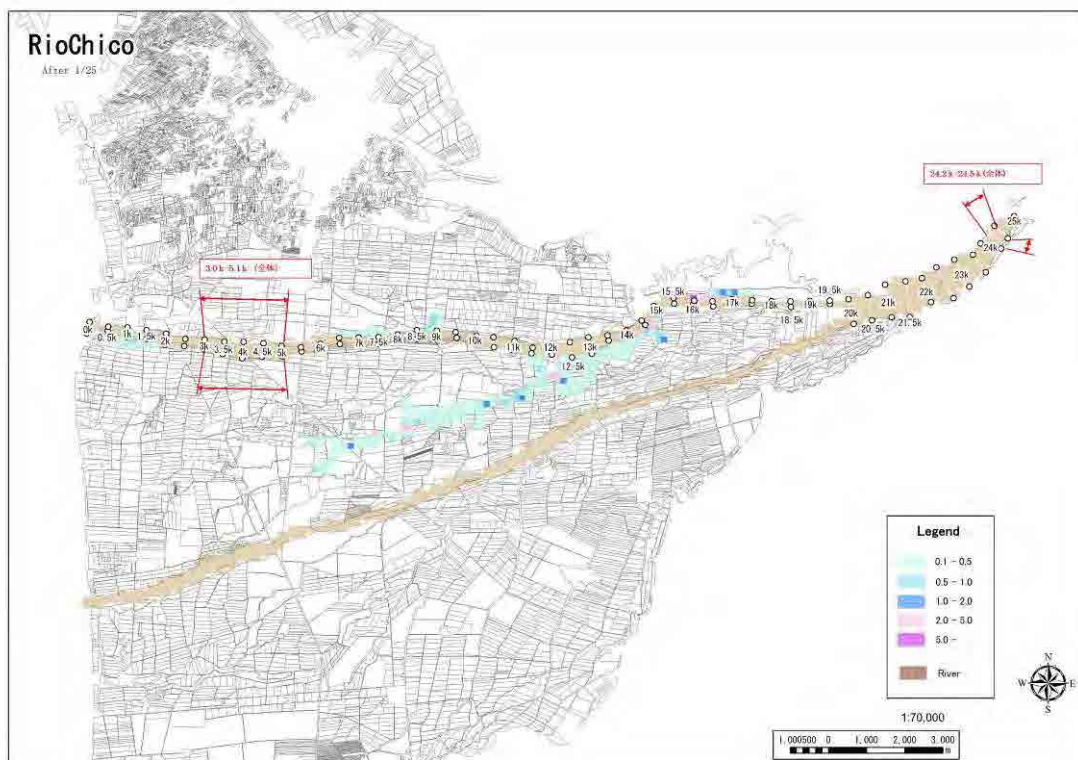
Tabla 0-3 Resultados de análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Chíncha)

Después de la toma de medidas		1/5		1/10		1/25		1/50	
		No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Chíncha	①Chico	24	54.0	56	126.0	248	558.0	397	893.3
	②Matagente	-	-	-	-	148	333.0	245	551.3
	③No. de mallas repetidas	-	-	-	-	76	171.0	140	315.0
	①+②-③	24	54.0	56	126.0	320	720.0	502	1,129.5

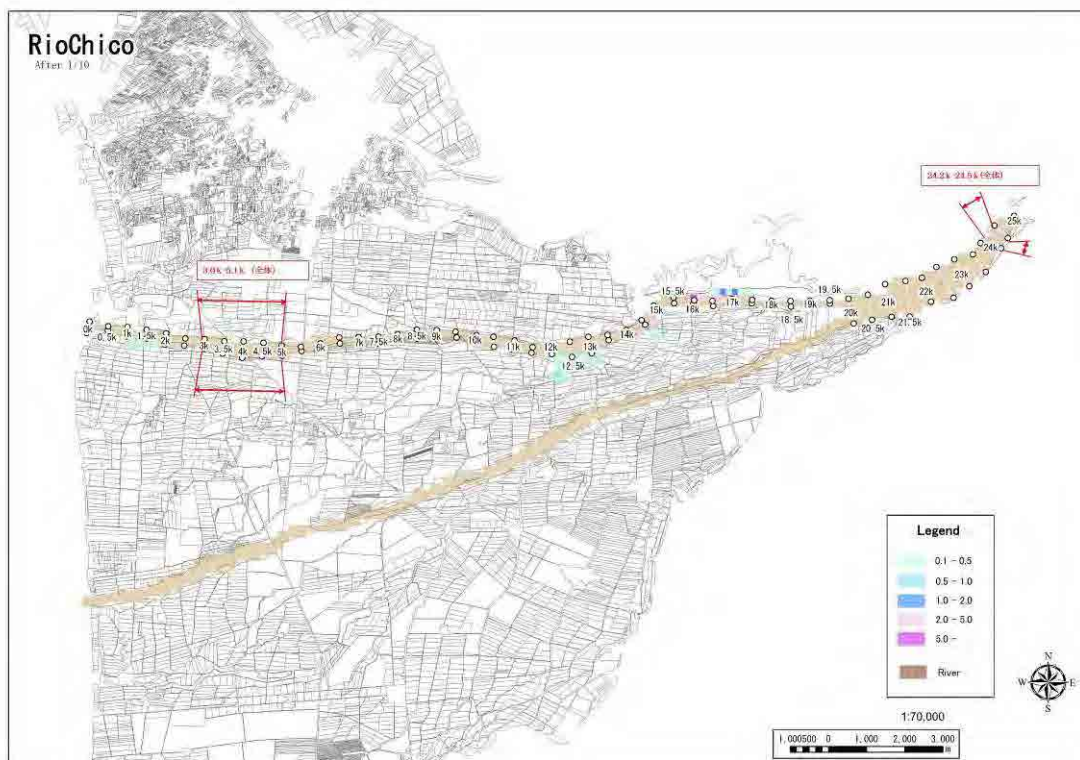
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



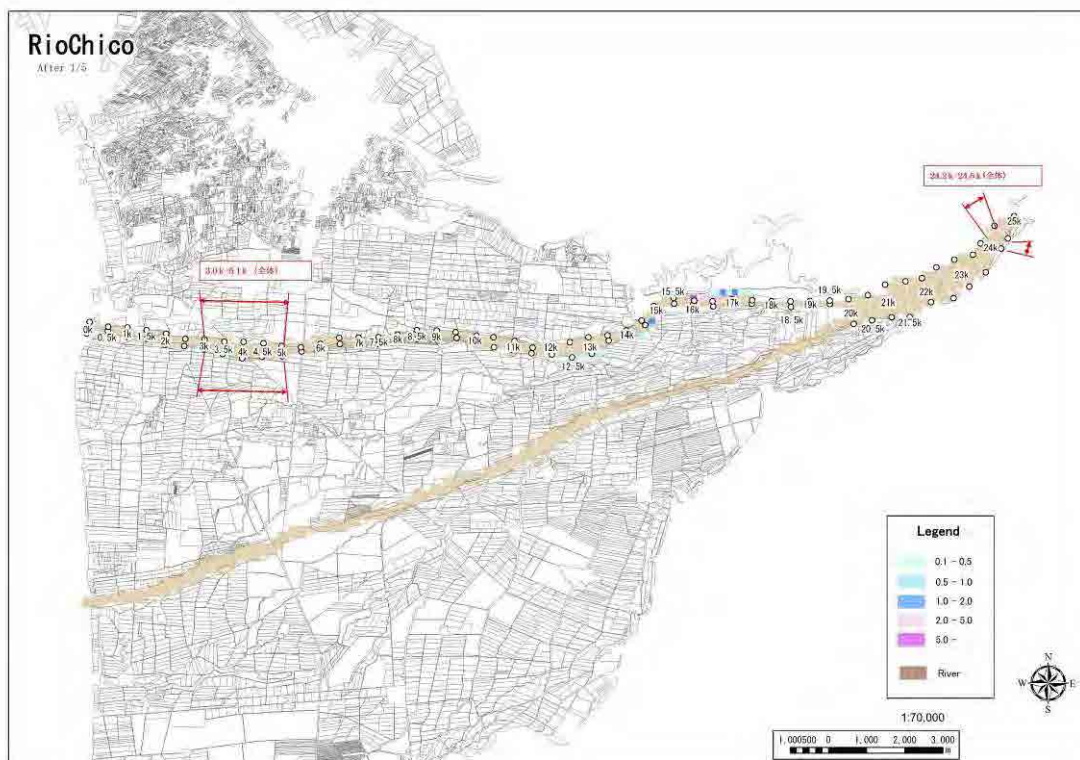
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



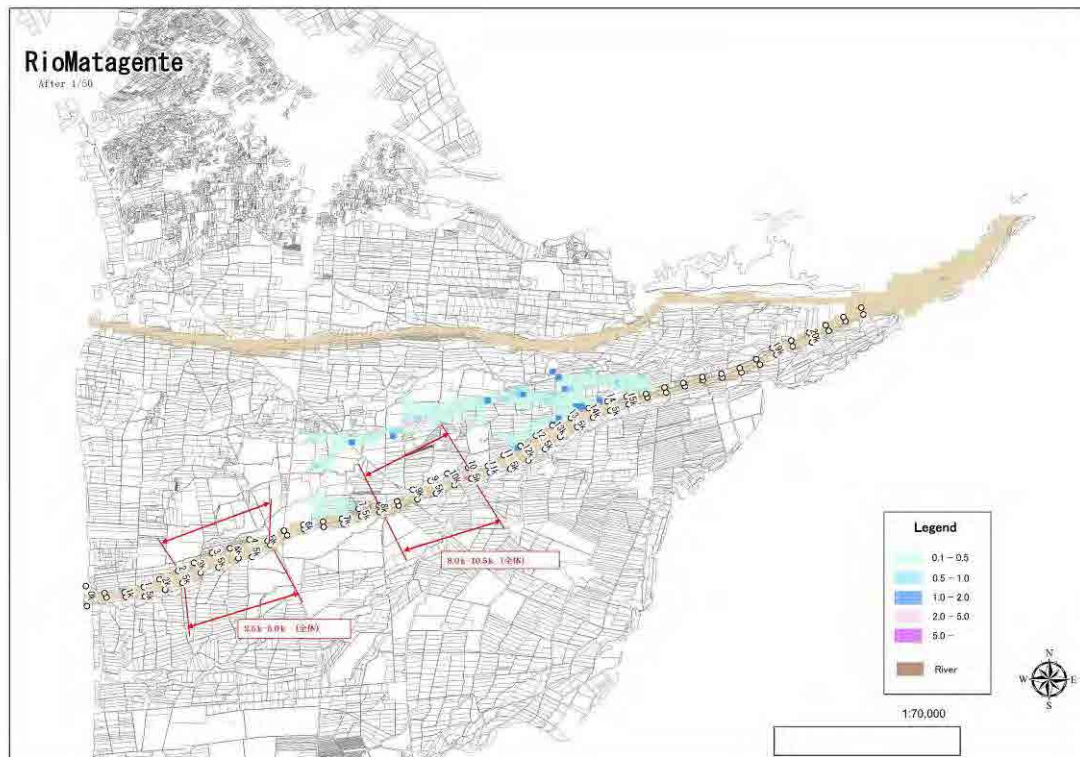
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



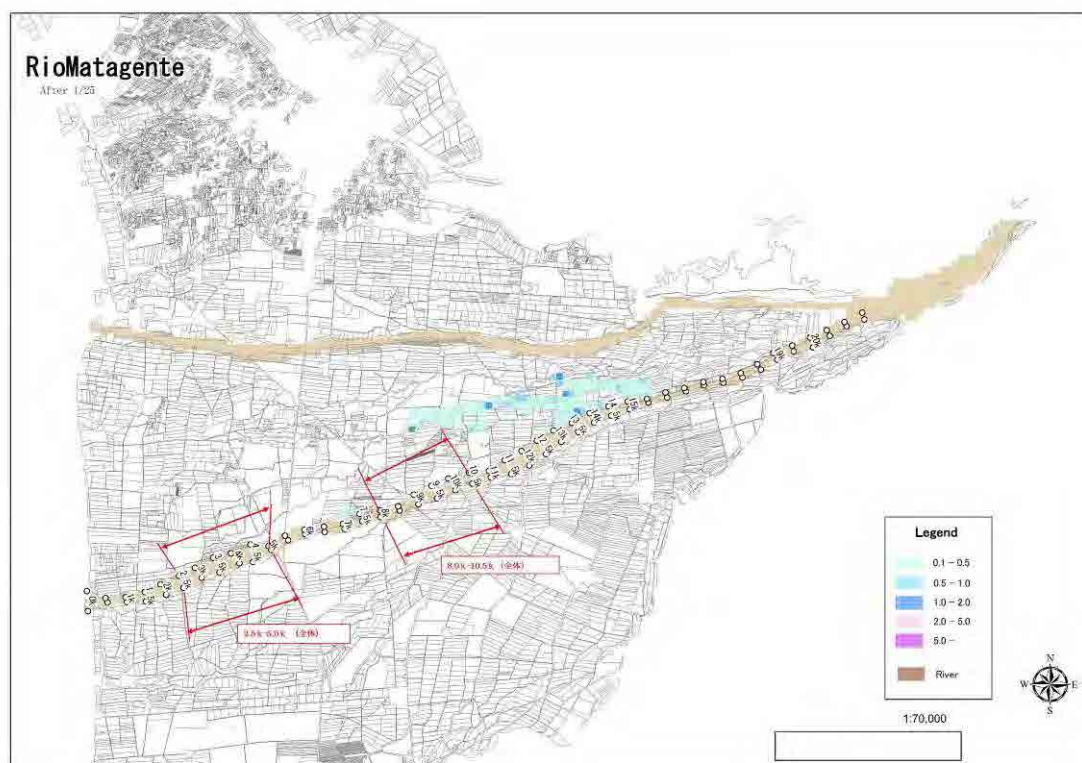
Río Chinchá (Río Chico) (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



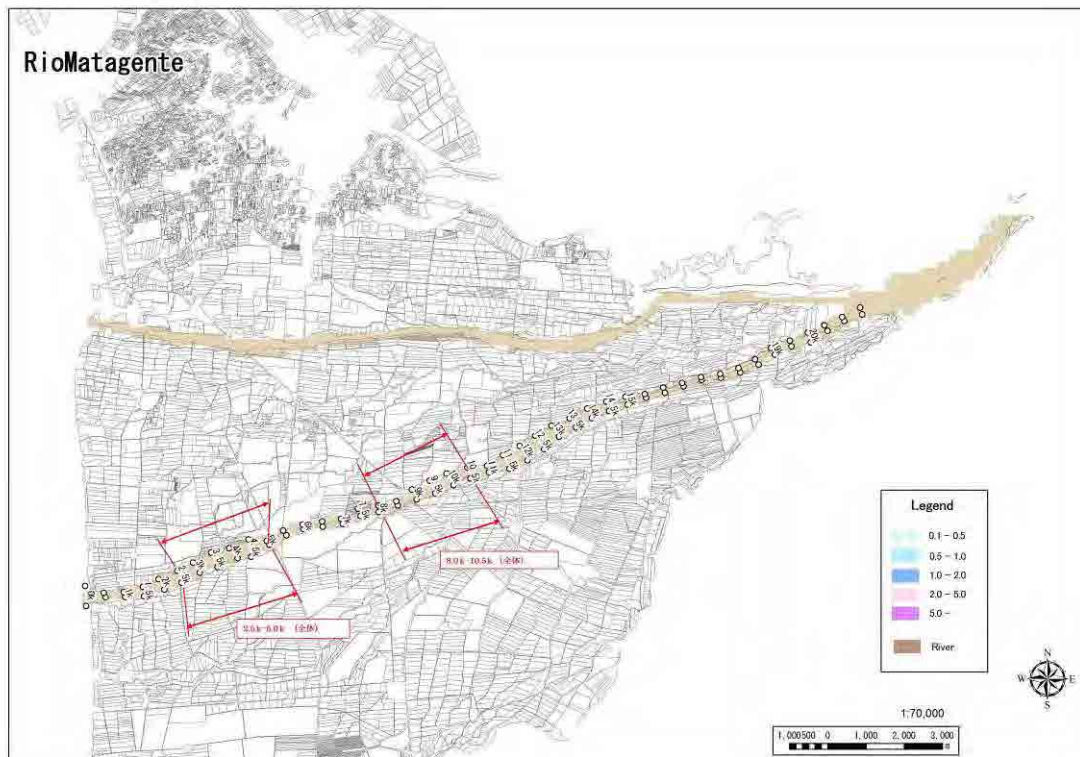
Río Chinchá (Río Matagente) (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



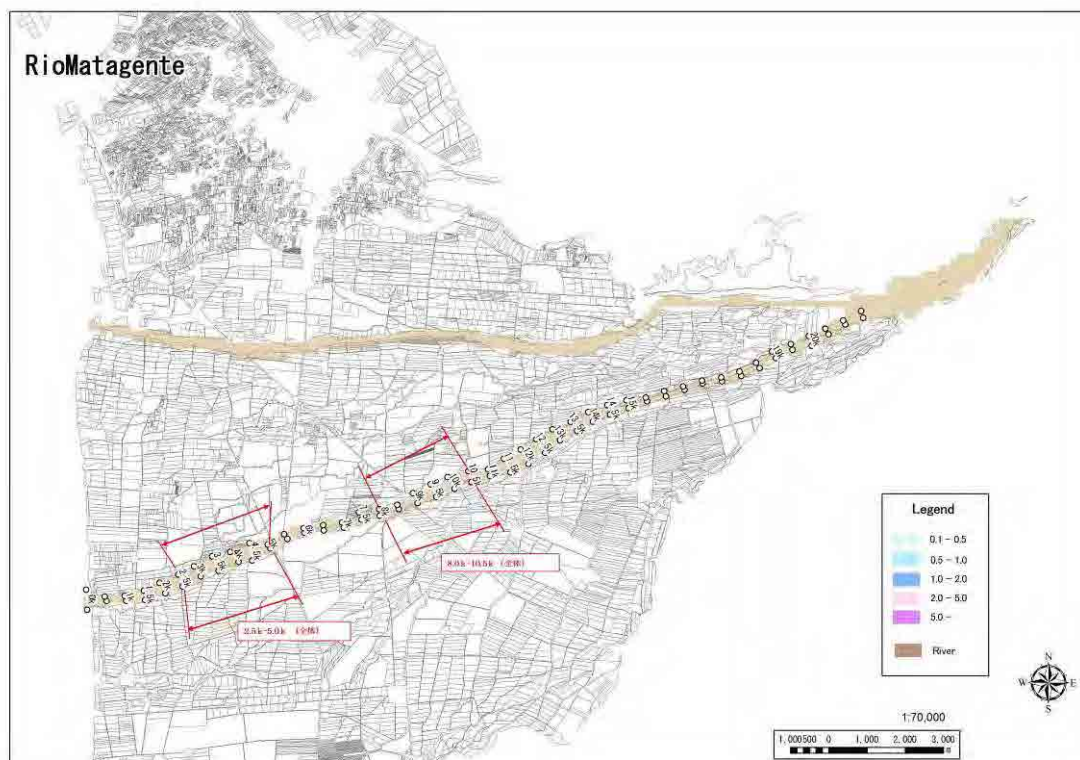
Río Chinchá (Río Matagente) (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



Río Chincha (Río Matagente) (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



Río Chincha (Río Matagente) (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



2.4 Río Pisco

1) Caudal según diferentes períodos de retorno

En la tabla 2.4-1 se indica el máximo caudal según diferentes períodos de retorno en el río Pisco, y en la figura 2.4-1 se muestran los hidrogramas correspondientes. De entre dichos períodos, los de 1/5, 1/10, 1/25 y 1/50 han sido objeto de análisis de inundaciones.

Tabla 2.4-1 Caudal pico según diferentes períodos de retorno

(Río Pisco)

Periodo de Reto. (años)	Q max
2	214
5	287
10	451
25	688
50	856
100	963

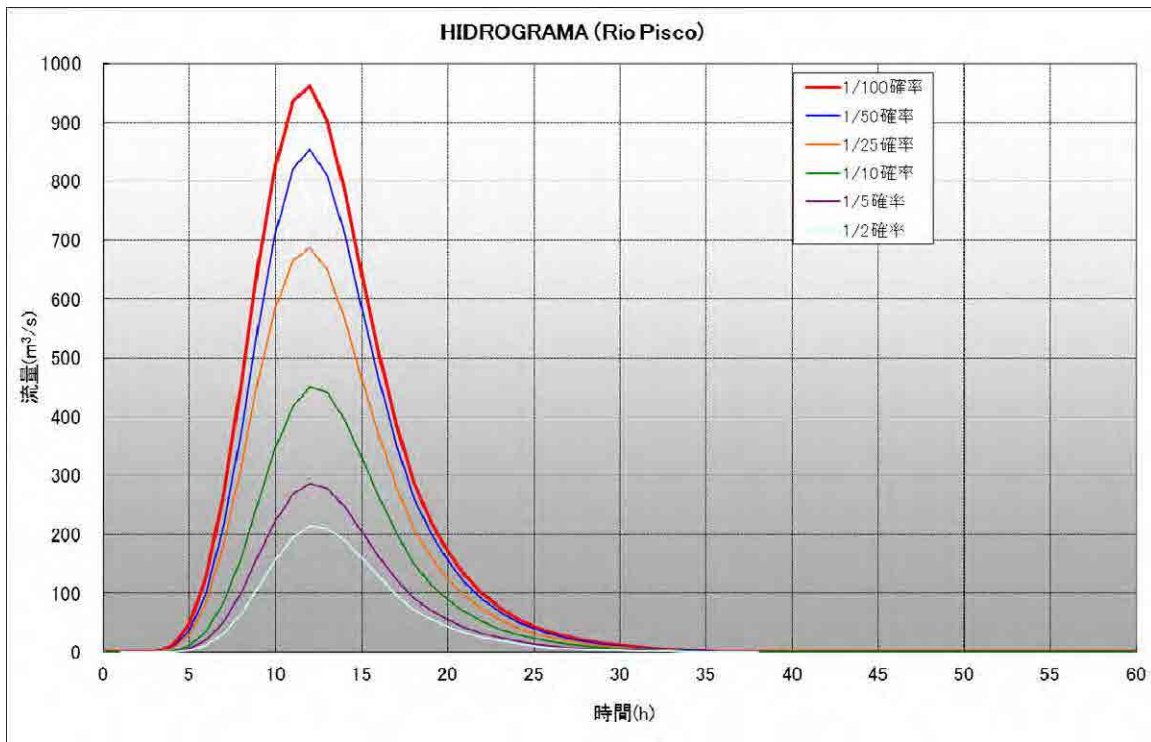


Figura 2.4-1 Hidrograma (Río Pisco)

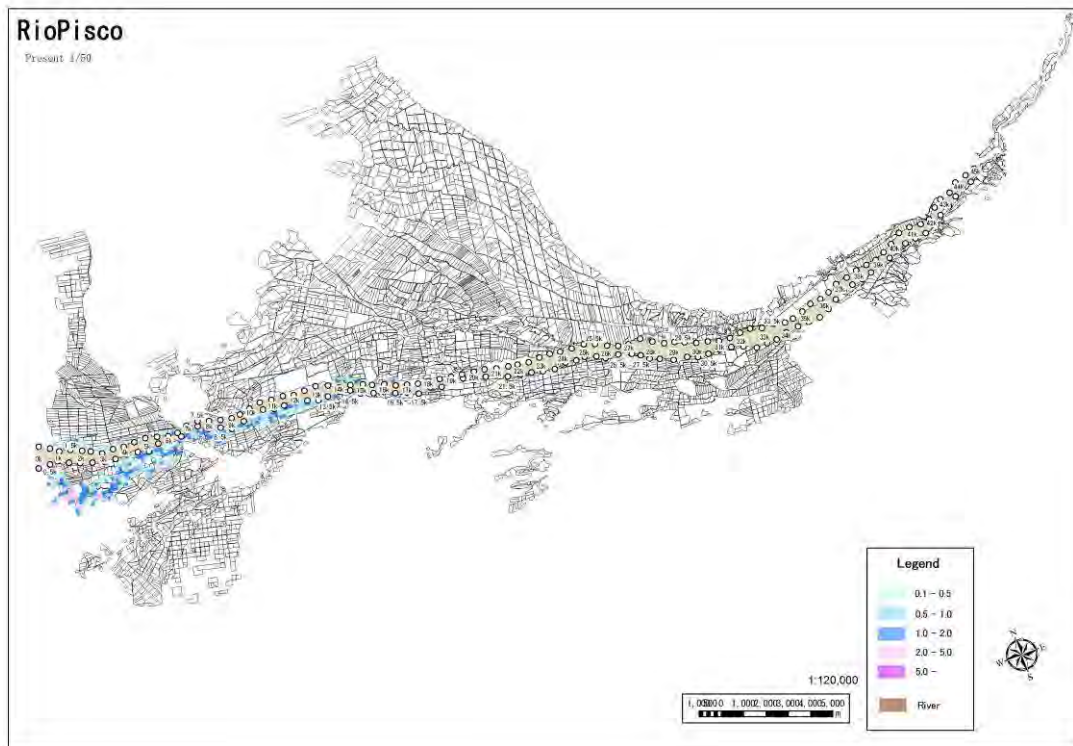
2) Resultado del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno en el curso actual del río Pisco.

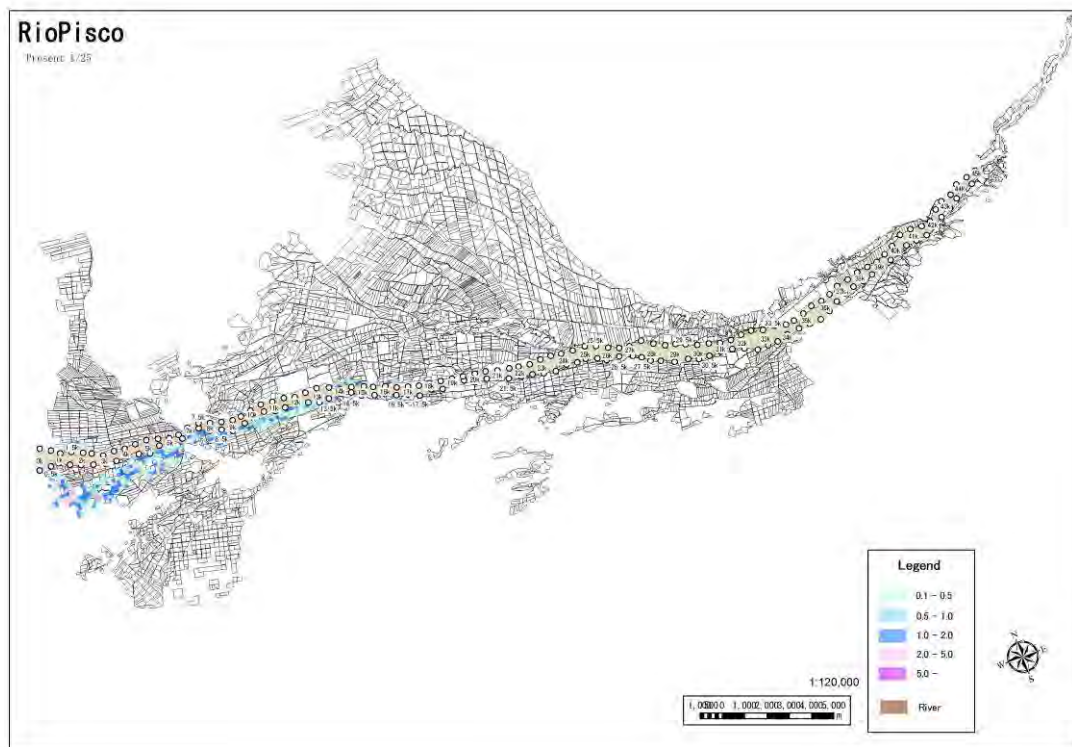
Tabla 2.4-2 Resultado de análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Pisco)

Situación actual	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Pisco	251	564.8	344	774.0	438	985.5	517	1,163.3

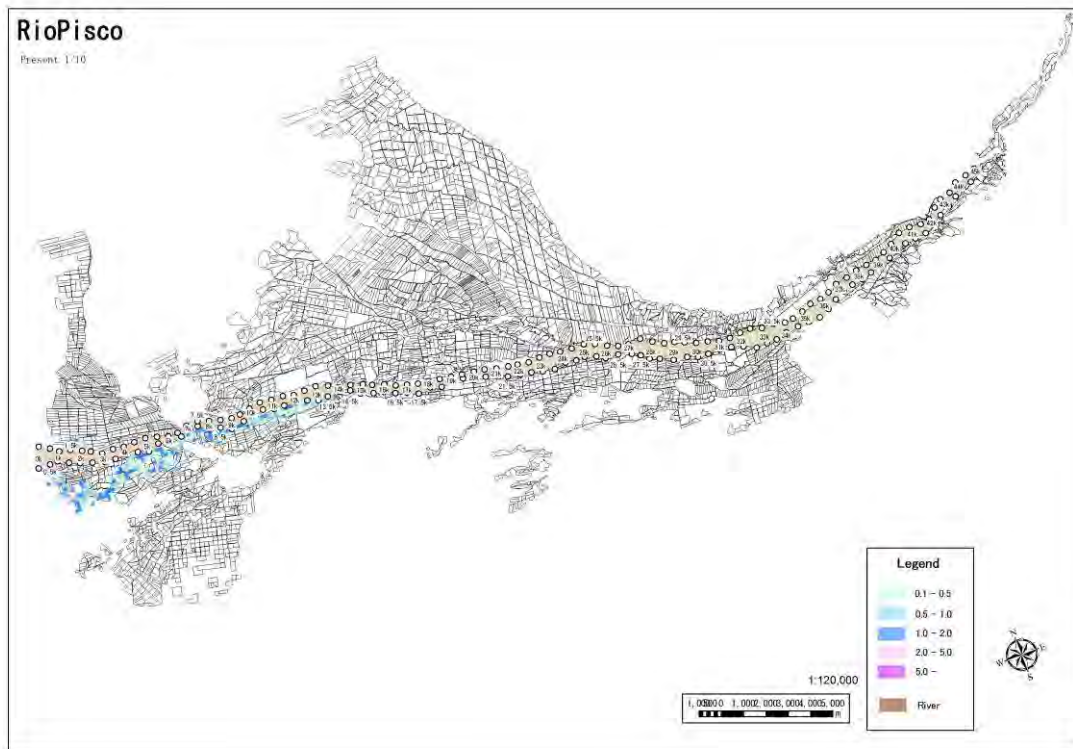
Río Pisco (período de retorno de 1/50), situación actual



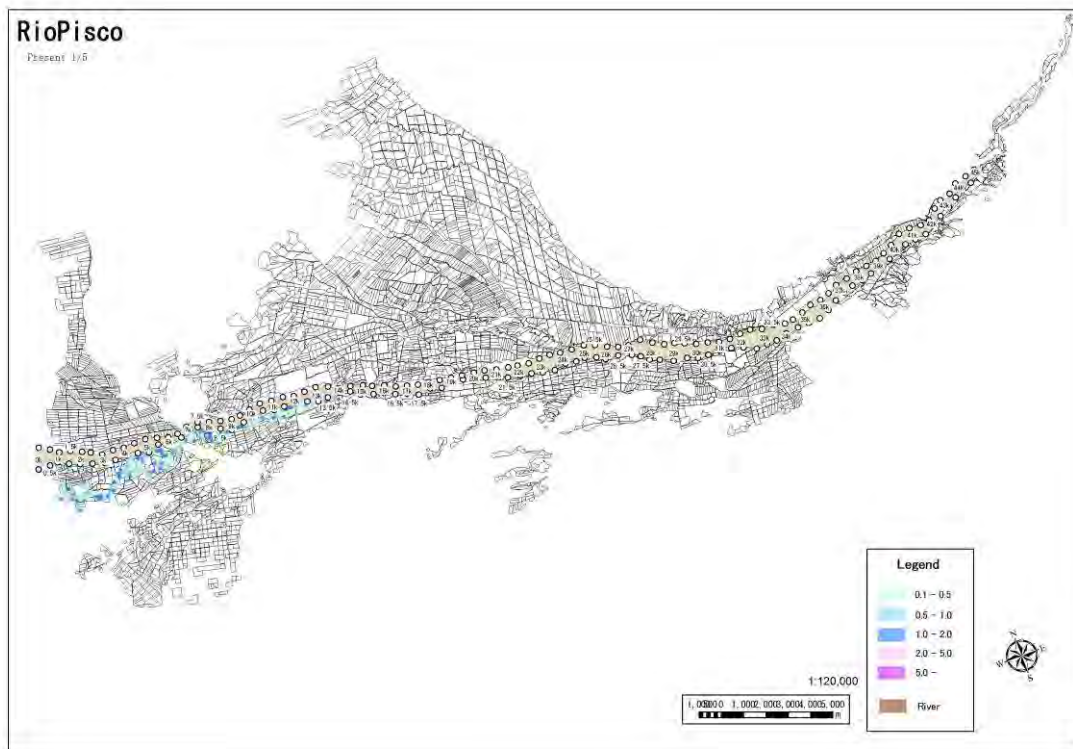
Río Pisco (período de retorno de 1/25), situación actual



Río Pisco (período de retorno de 1/10), situación actual



Río Pisco (período de retorno de 1/5), situación actual



3) Resumen de las estructuras de toma de medidas

De acuerdo con el análisis de inundaciones en la situación actual, se ha determindo la ubicación de los puntos de toma de medidas teniendo en cuenta la extensión de las inundaciones. En la figura 2.4-1 se muestran dichos puntos.

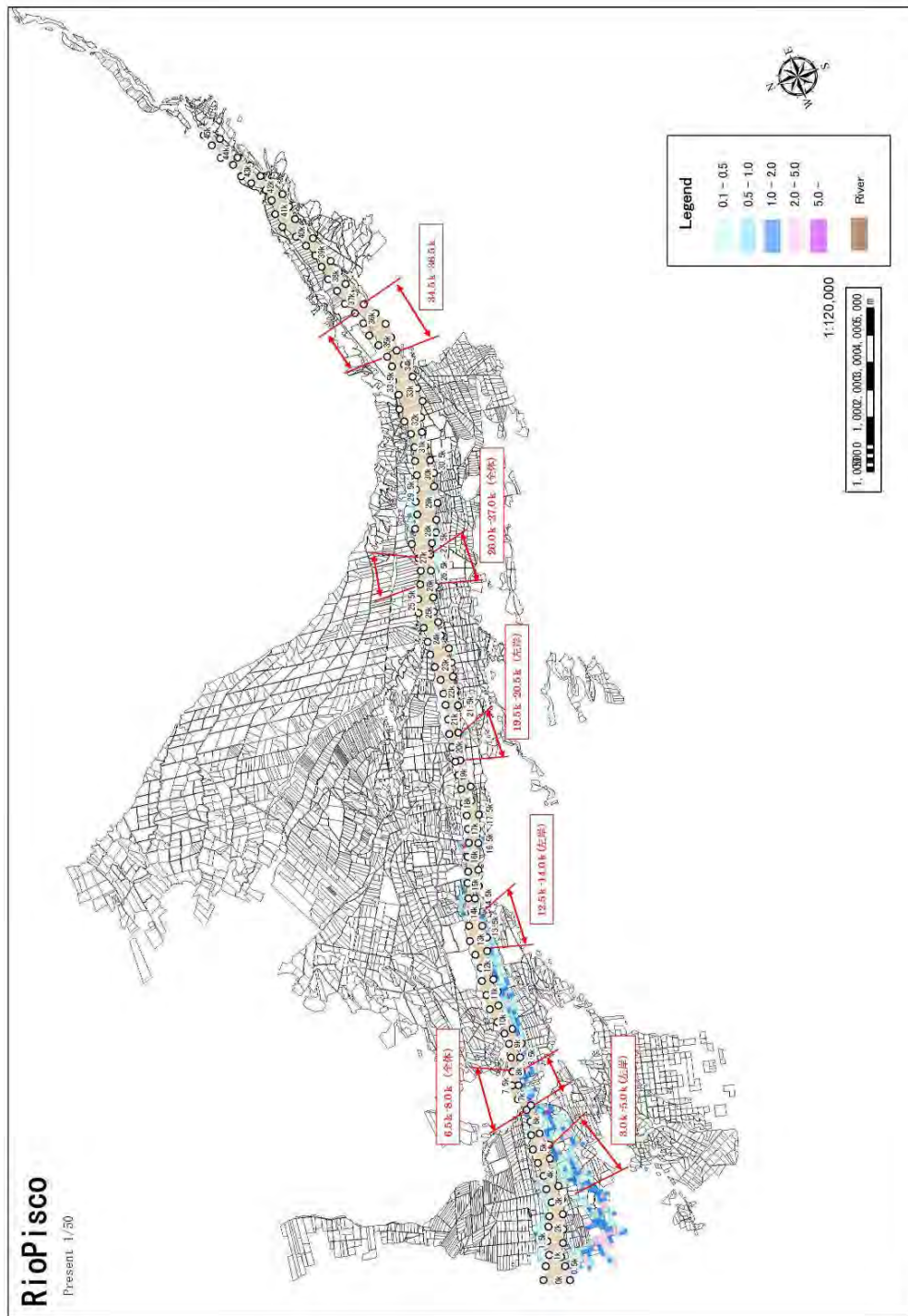


Figura 2.4-2 Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Pisco)

4) Resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas)

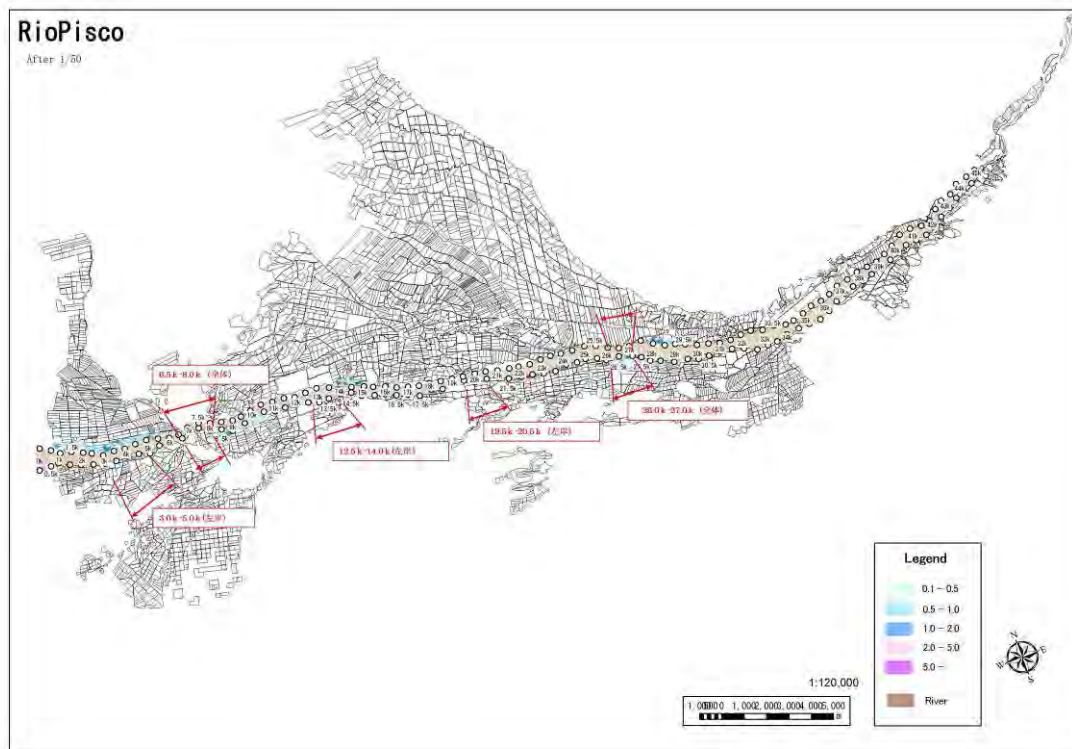
A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno, después de instalar las estructuras contra inundación.

Tabla 2.4-3 Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Pisco)

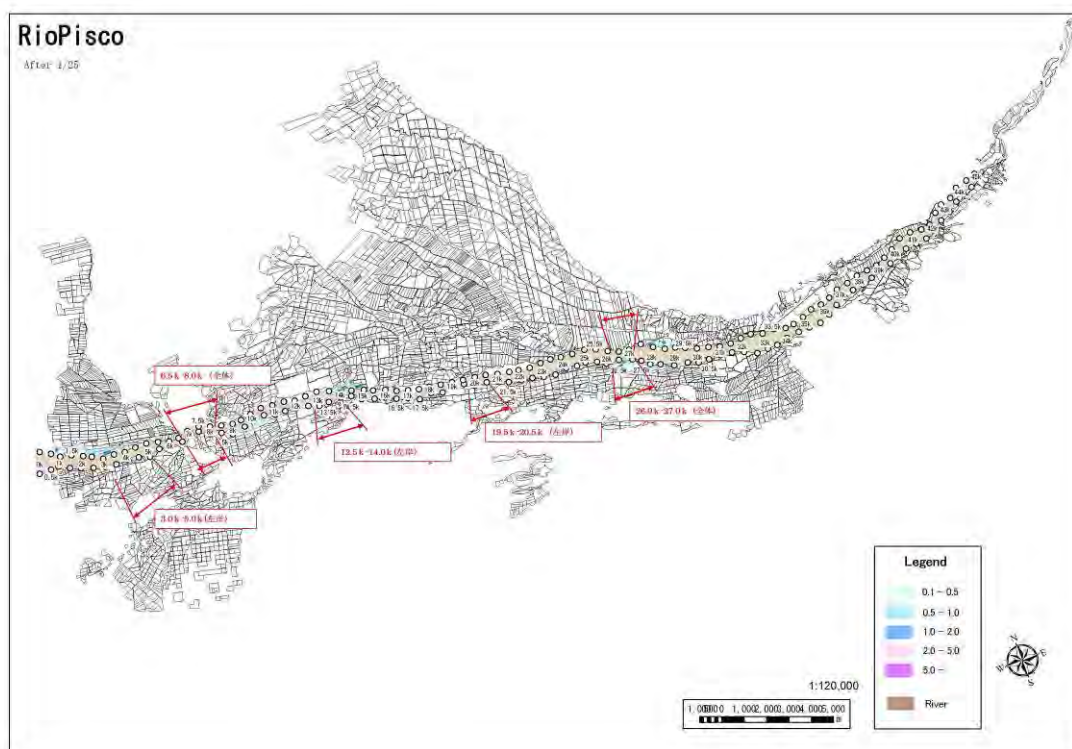
Después de la toma de medidas	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Pisco	18	40.5	69	155.3	140	315.0	193	434.3

ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

Río Pisco (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas

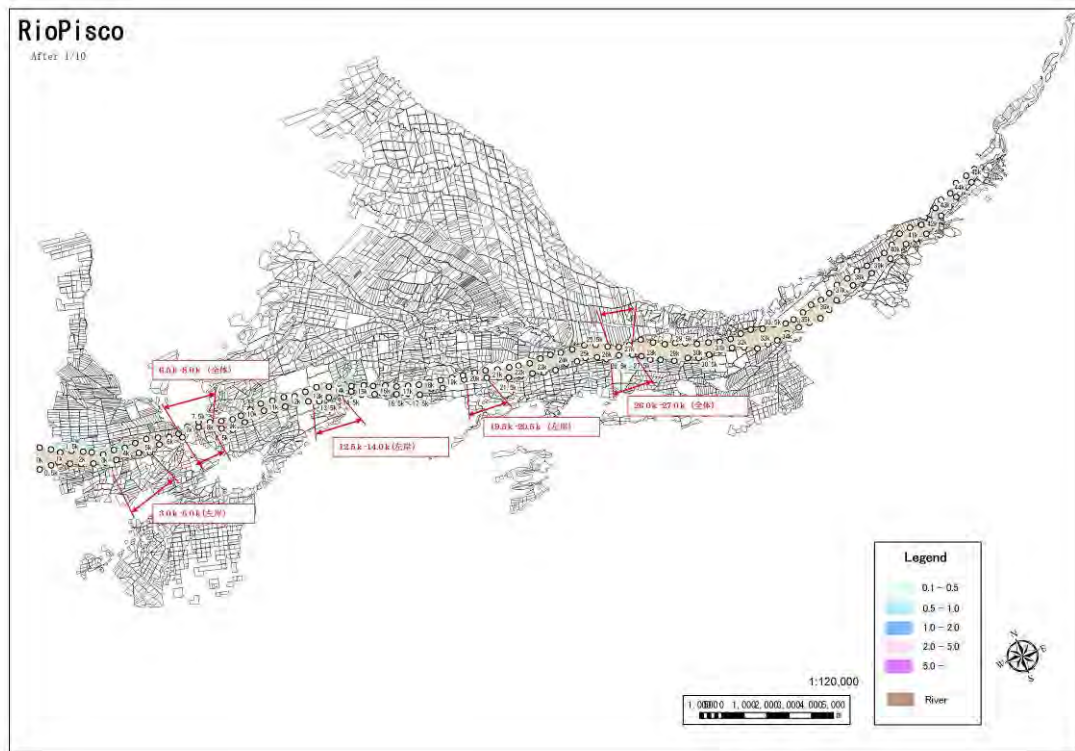


Río Pisco (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas

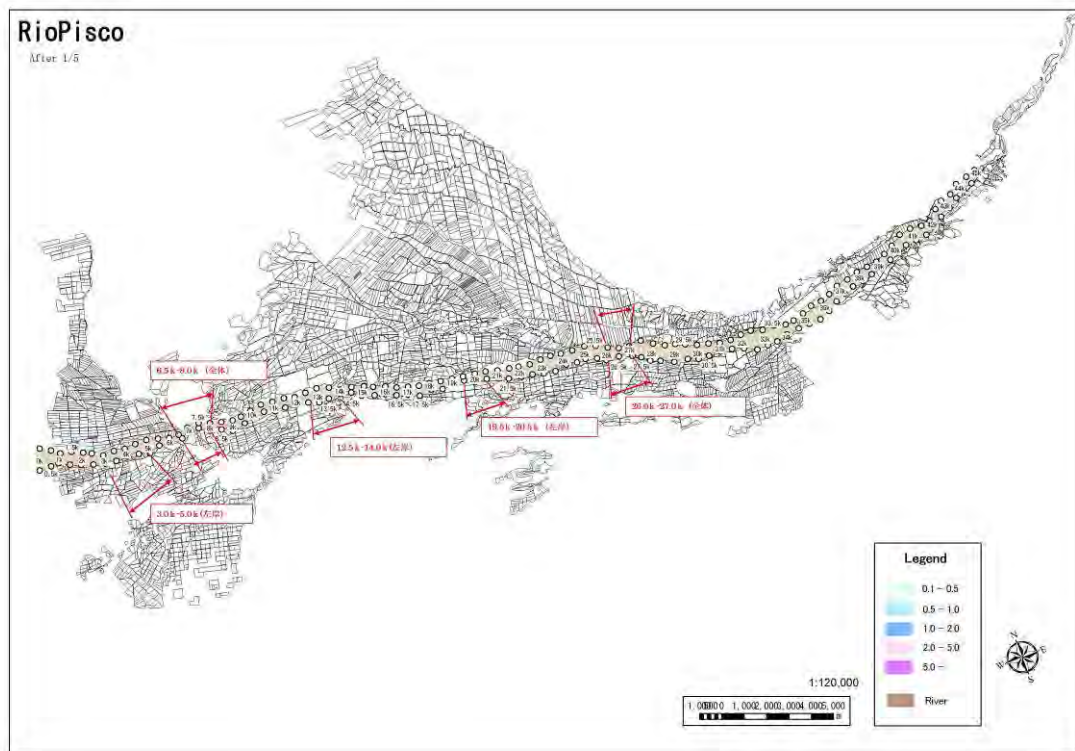


Río Pisco (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas

ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES



Río Pisco (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



2.5 Río Yauca

1) Caudal según diferentes períodos de retorno

En la tabla 2.5-1 se indica el máximo caudal según diferentes períodos de retorno en el río Yauca, y en la figura 2.5-1 se muestran los hidrogramas correspondientes. De entre dichos períodos, los de 1/5, 1/10, 1/25 y 1/50 han sido objeto de análisis de inundaciones.

Tabla 2.5-1 Caudal pico según diferentes períodos de retorno

(Río Yauca)

T (años)	Q (M3/S)
5	37
10	90
25	167
50	263
100	400

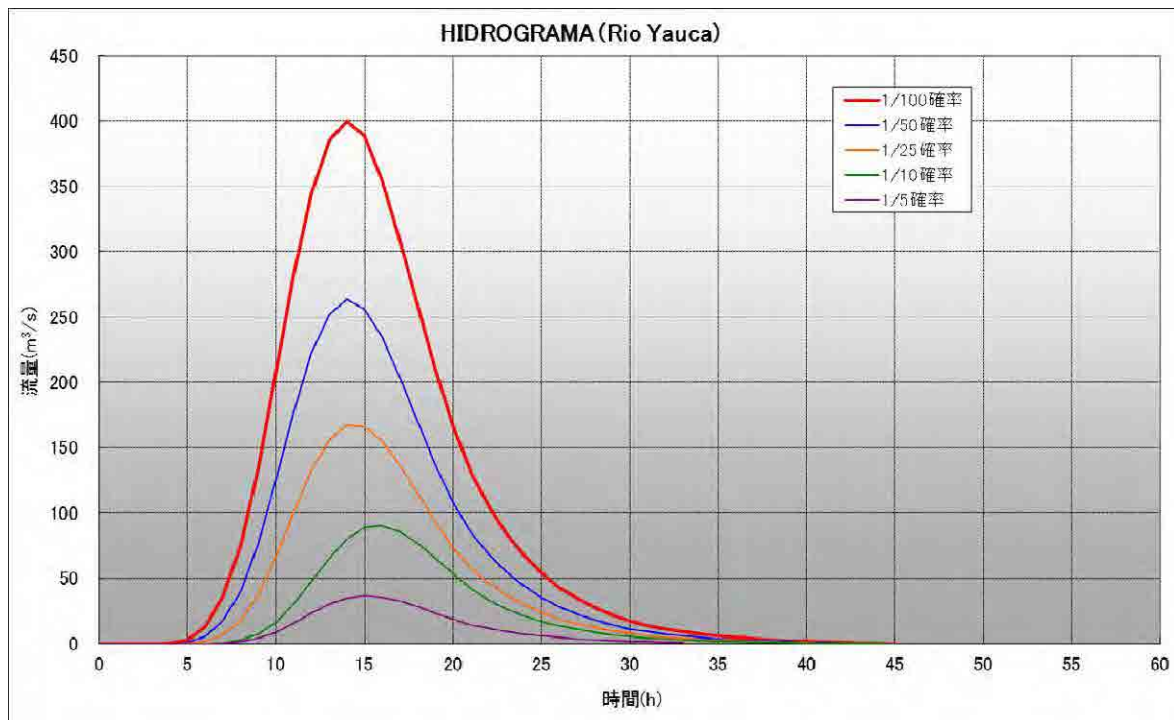


Figura 2.5-1 Hidrograma (Río Yauca)

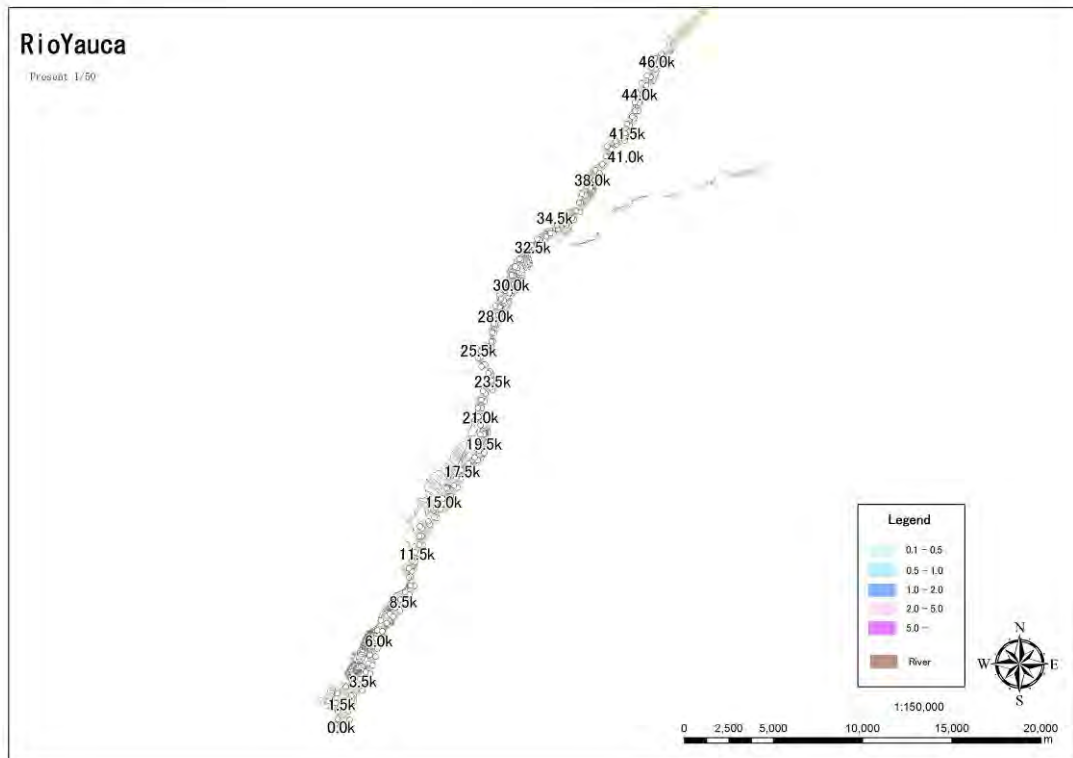
2) Resultado del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno en el curso actual del río Yauca.

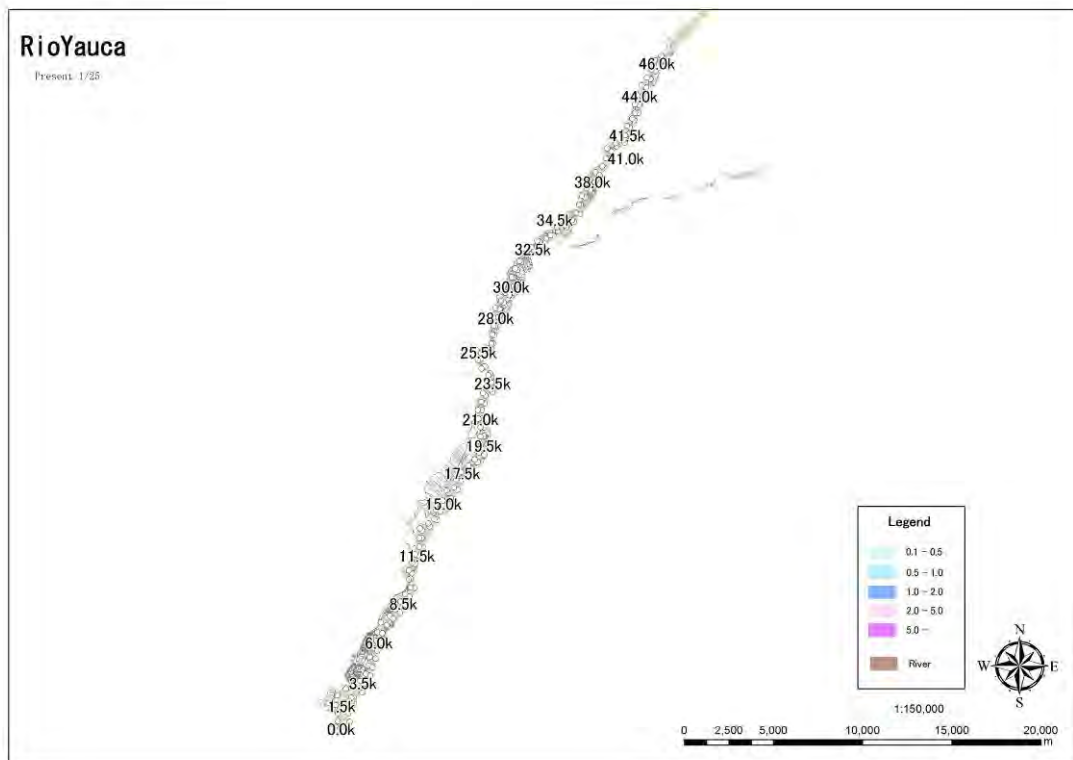
Tabla 2.5-2 Resultado del análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Yauca)

Situación actual	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Yauca	-	-	1	2.3	18	40.5	40	90.0

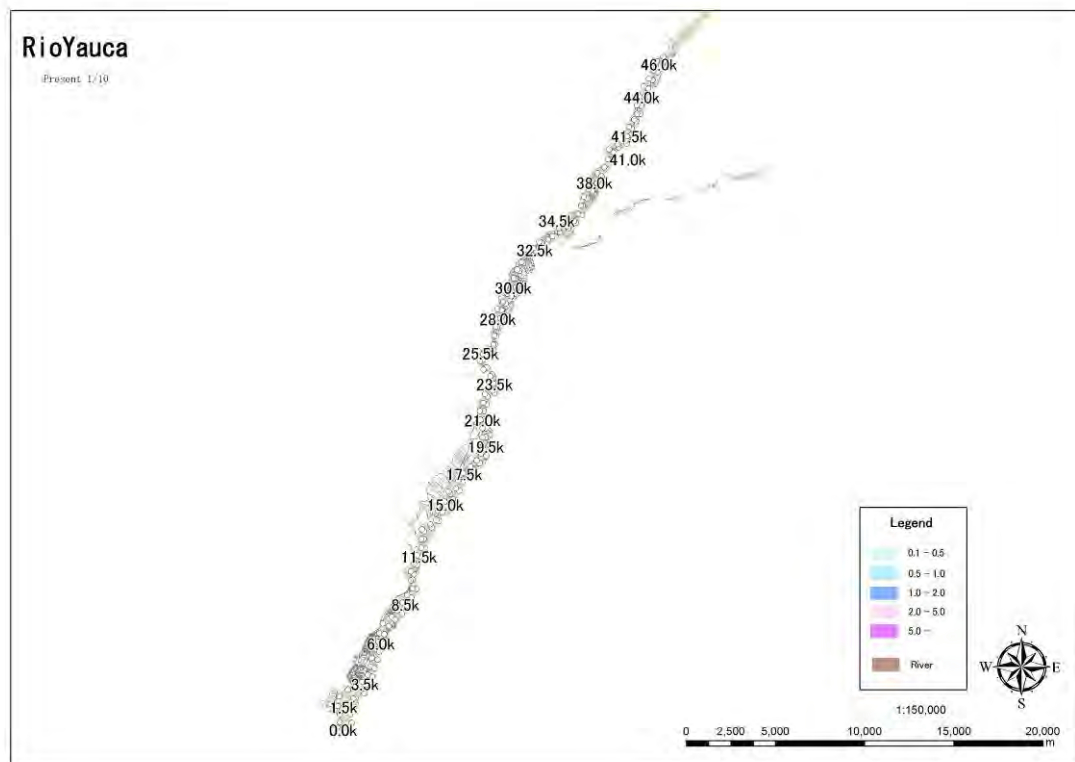
Río Yauca (período de retorno de 1/50), situación actual



Río Yauca (período de retorno de 1/25), situación actual



Río Yauca (período de retorno de 1/10), situación actual



3) Resumen de las estructuras de la toma de medidas

De acuerdo con el análisis de desbordamiento en la situación actual, se ha determinado la ubicación de los puntos de toma de medidas teniendo en cuenta la extensión de las inundaciones. En la figura 2.5-1 se muestran dichos puntos.

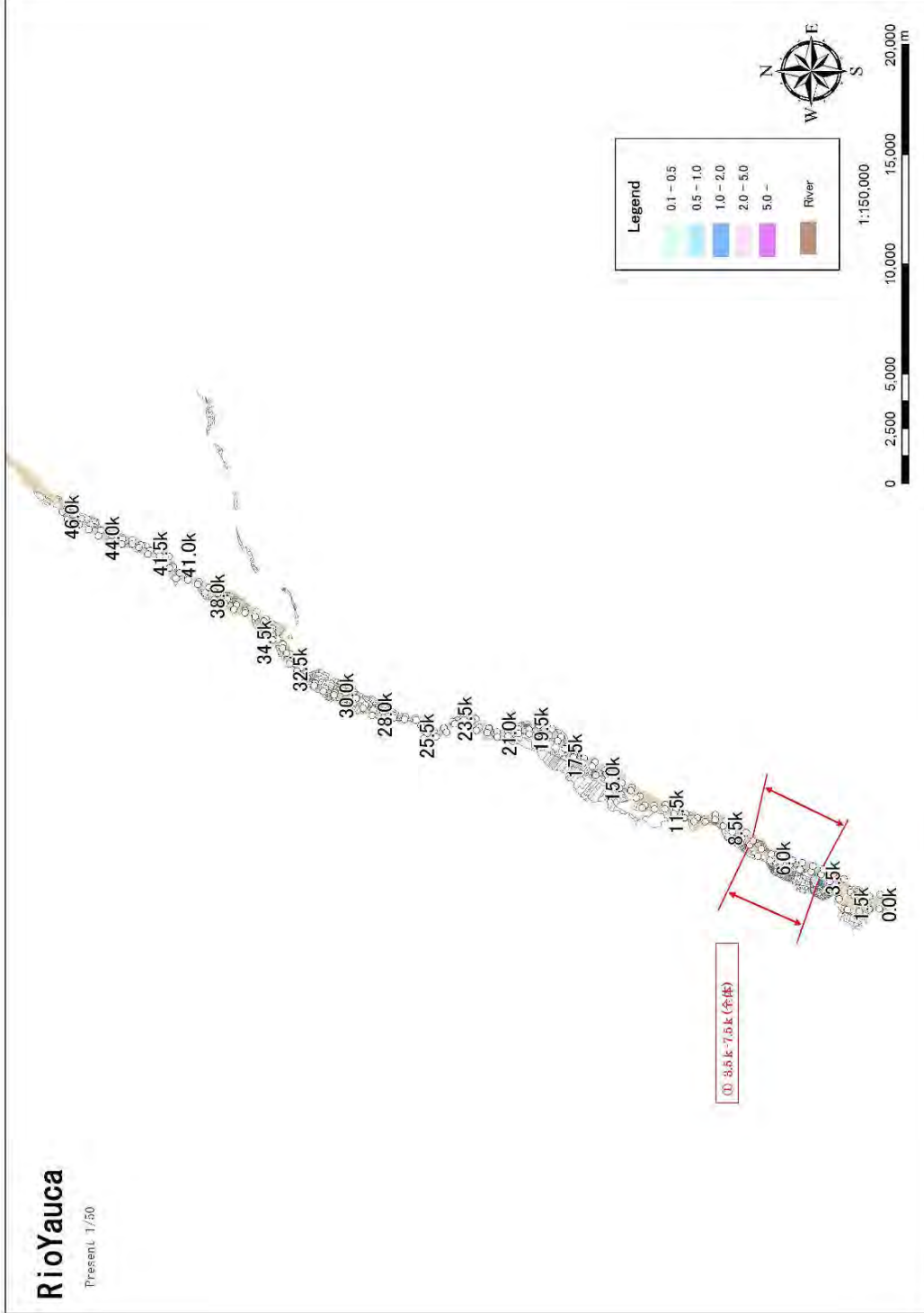


Figura 2.5-2 Ubicación de las estructuras contra inundación (Río Yauca)

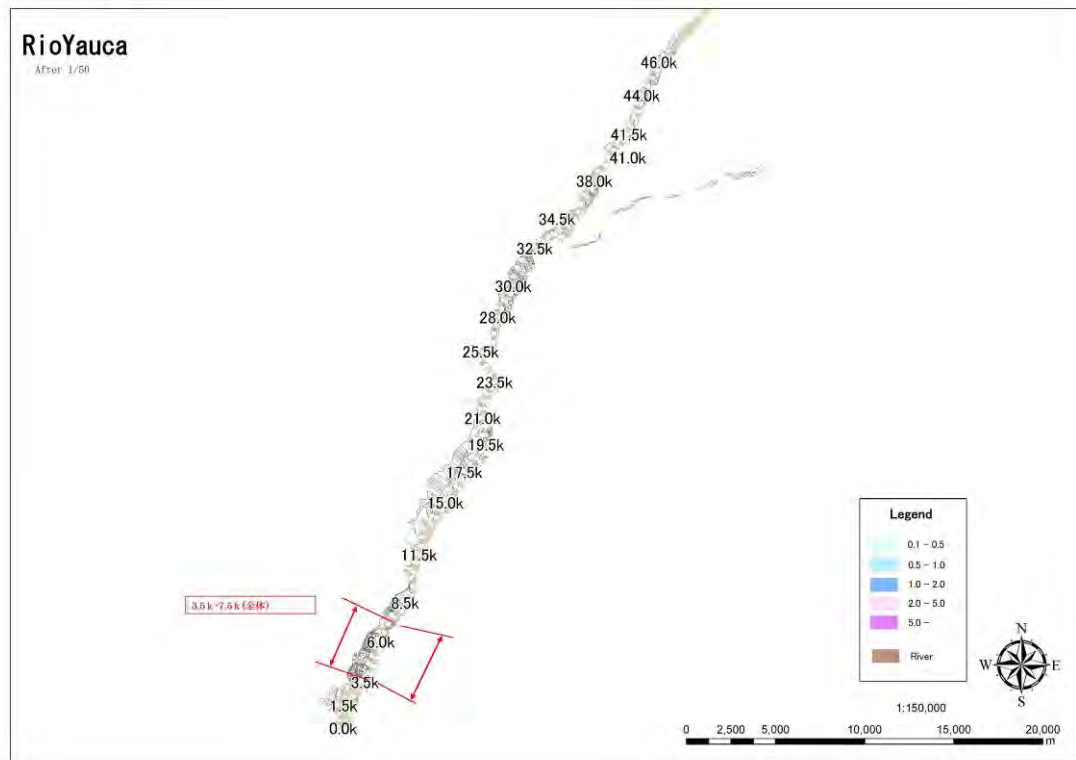
4) Resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno, después de instalar las estructuras contra inundación.

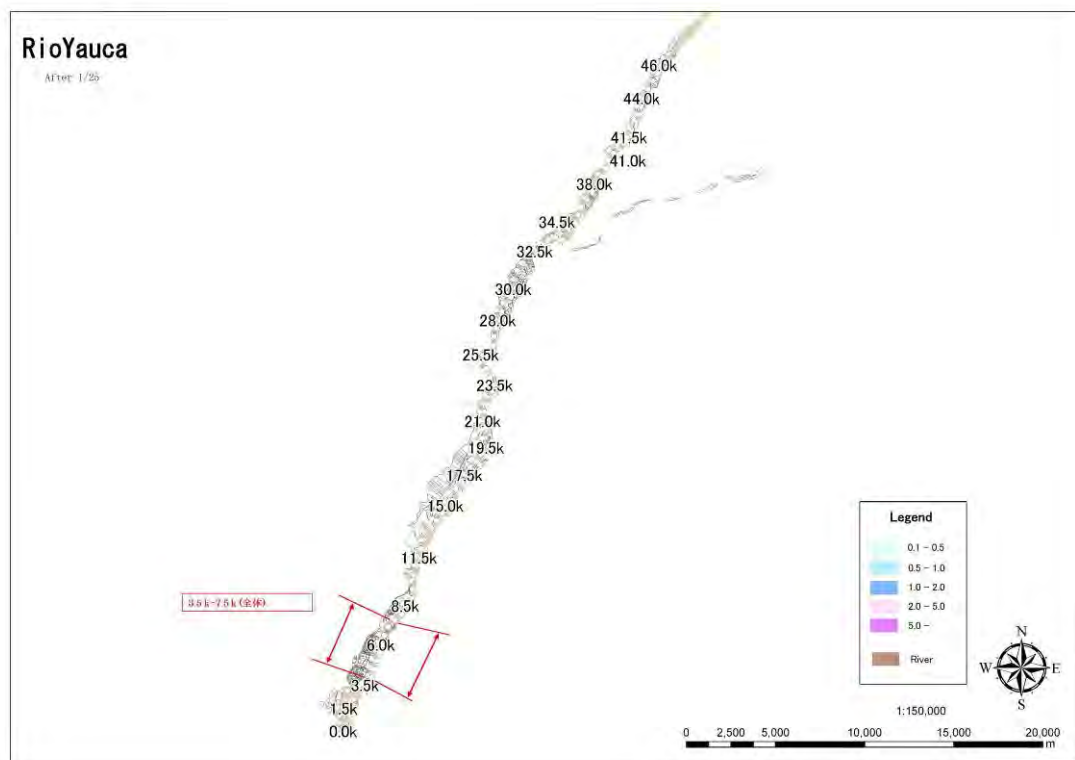
Tabla 2.5-3 Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Río Yauca)

Después de la toma de medidas	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Yauca	-	-	1	2.3	13	29.3	20	45.0

Río Yauca (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas

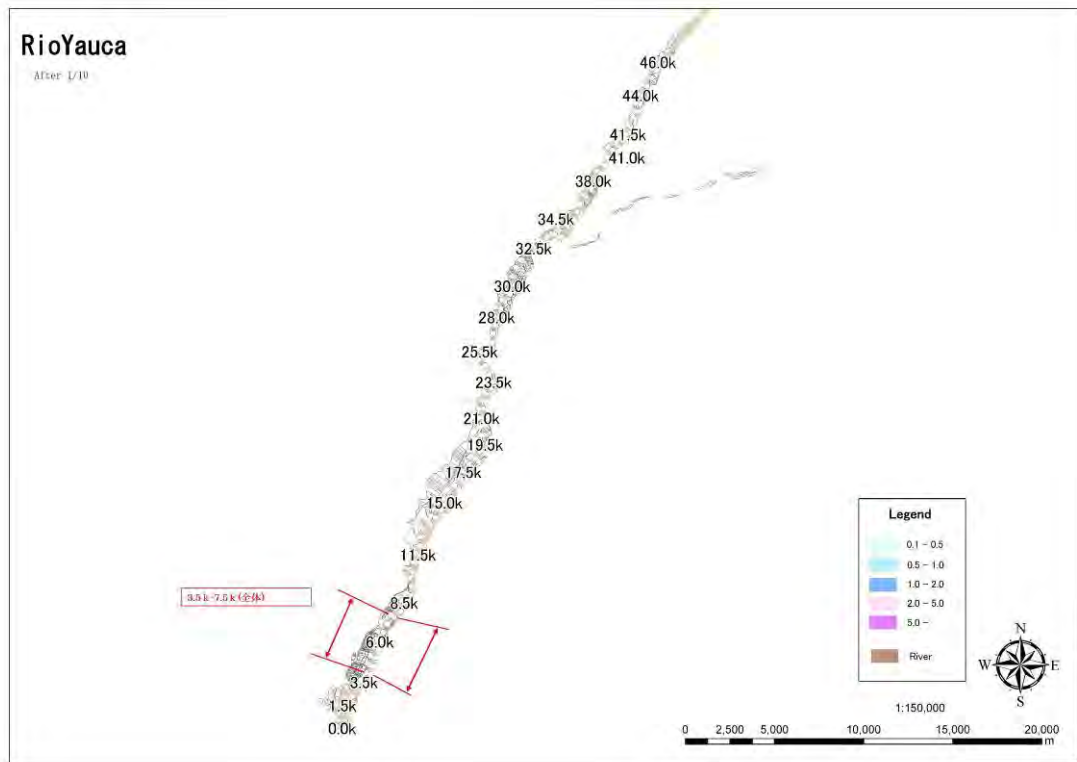


Río Yauca (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas

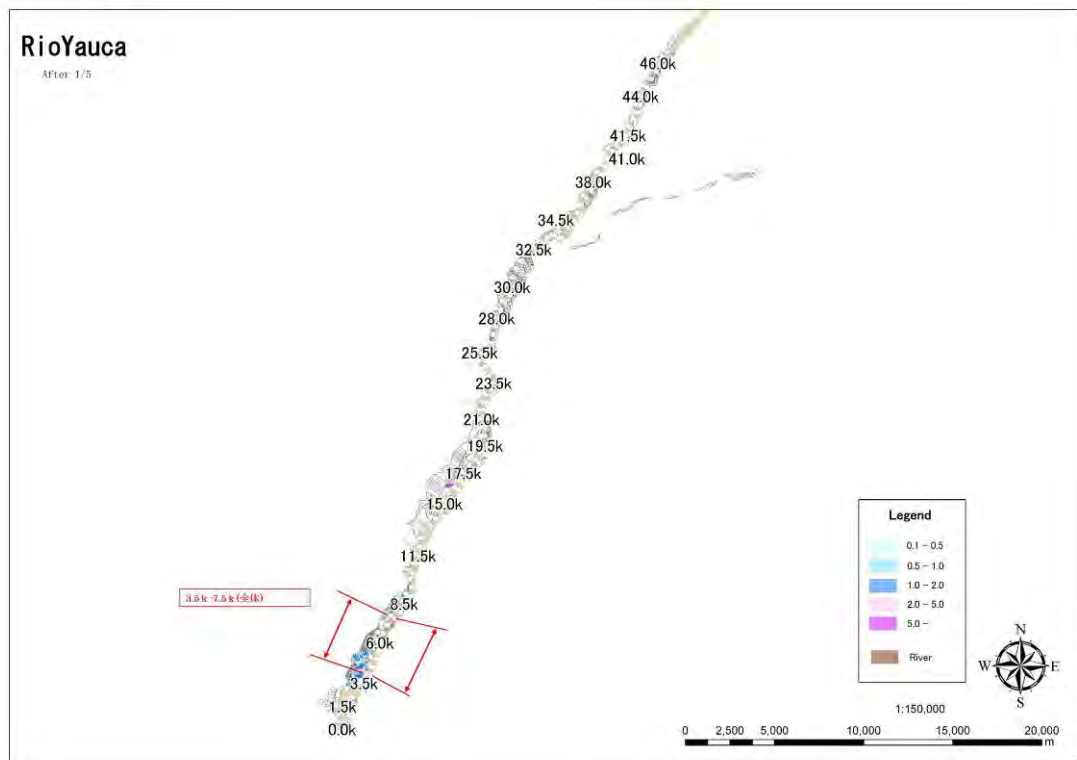


*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

Río Yauca (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



Río Yauca (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



2.6 Ríos Camana y Majes

1) Caudal según diferentes períodos de retorno

En la tabla 2.6-1 se indica el máximo caudal según diferentes períodos de retorno en los ríos Camana y Majes, y en la figura 2.6-1 se muestran los hidrogramas correspondientes. De entre dichos períodos, los de 1/5, 1/10, 1/25 y 1/50 han sido objeto de análisis de desbordamiento.

**Tabla 2.6-1 Caudal pico según diferentes períodos de retorno
(Ríos Camana y Majes)**

Periodo de Reto. (años)	Q max
2	270
5	728
10	1,167
25	1,921
50	2,659
100	3,586

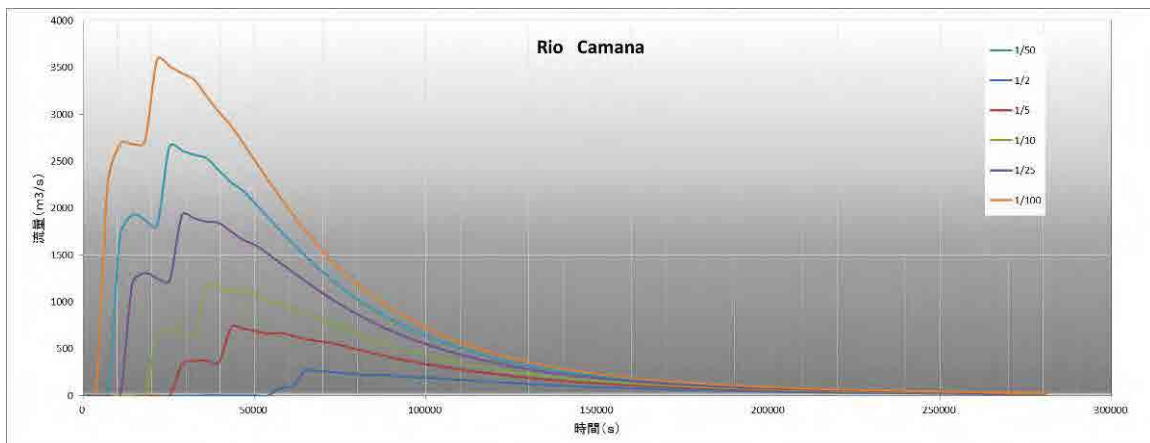


Figura 2.6-1 Hidrograma (Ríos Camana y Majes)

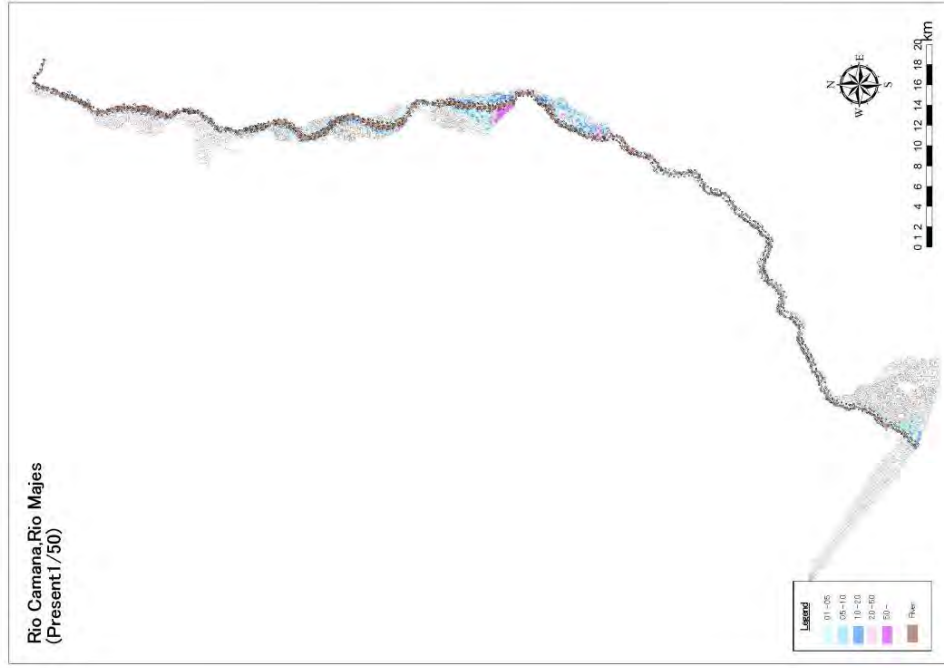
2) Resultado del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (situación actual)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno en el curso actual de los ríos Camana y Majes.

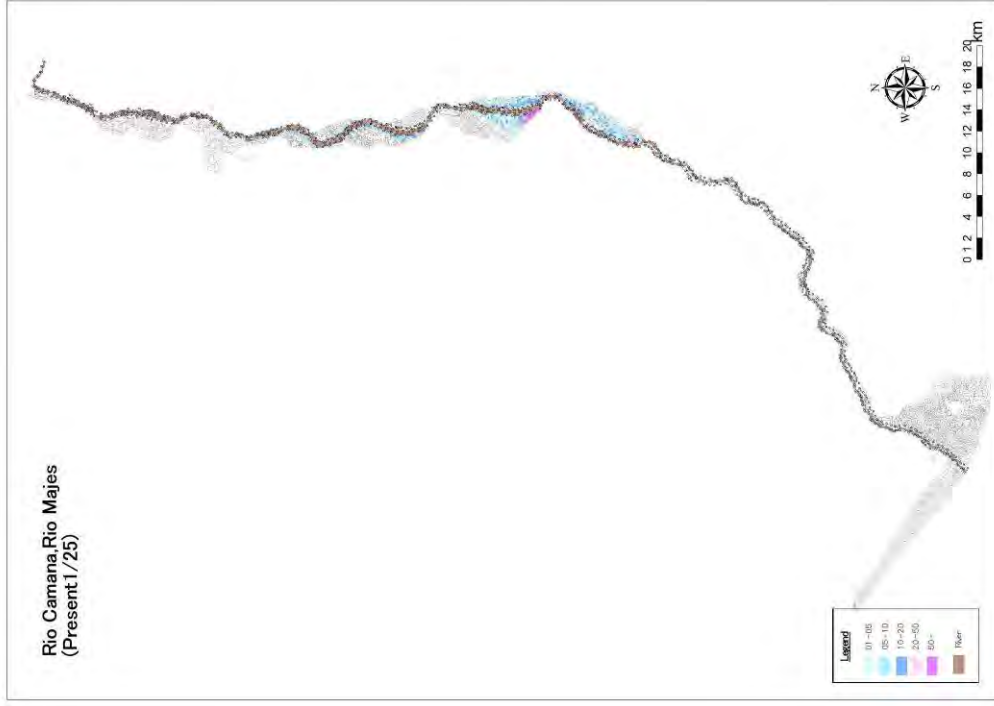
Tabla 2.6-2 Resultado del análisis de inundaciones en la situación actual (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Ríos Camana y Majes)

Situación actual	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Majes-Camaná	714	1,606.5	1,001	2,252.3	1,157	2,603.3	1,632	3,672.0

Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/50), situación actual

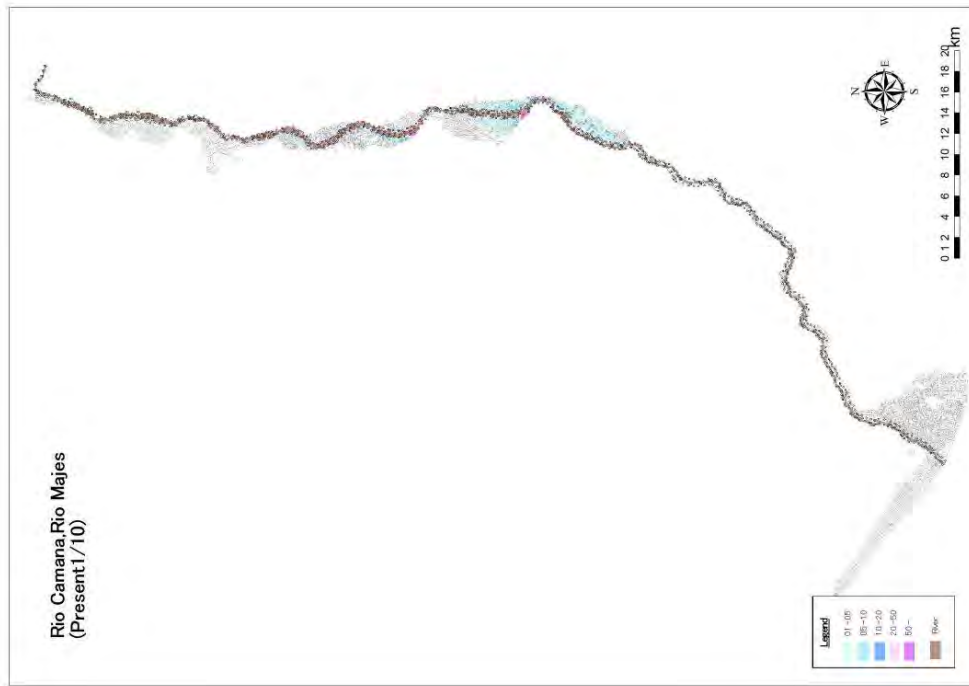


Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/25), situación actual

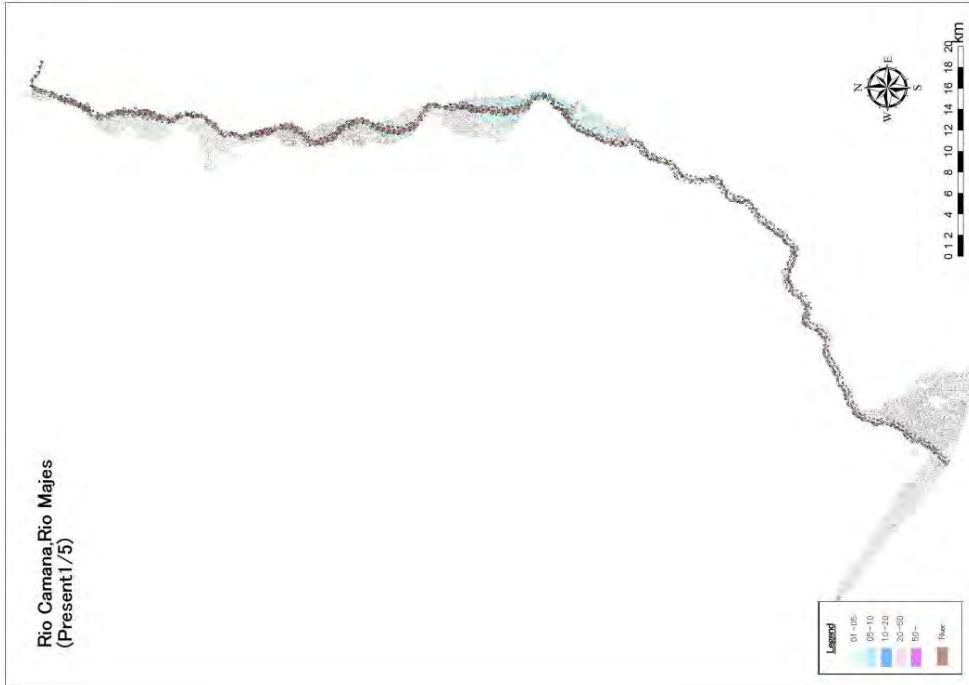


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/10), situación actual



Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/5), situación actual



3) Resumen de las estructuras de la toma de medidas

De acuerdo con el análisis de desbordamiento en la situación actual, se ha determinado la ubicación de los puntos de toma de medidas teniendo en cuenta la extensión de las inundaciones. En la figura 2.6-1 se muestran dichos puntos.

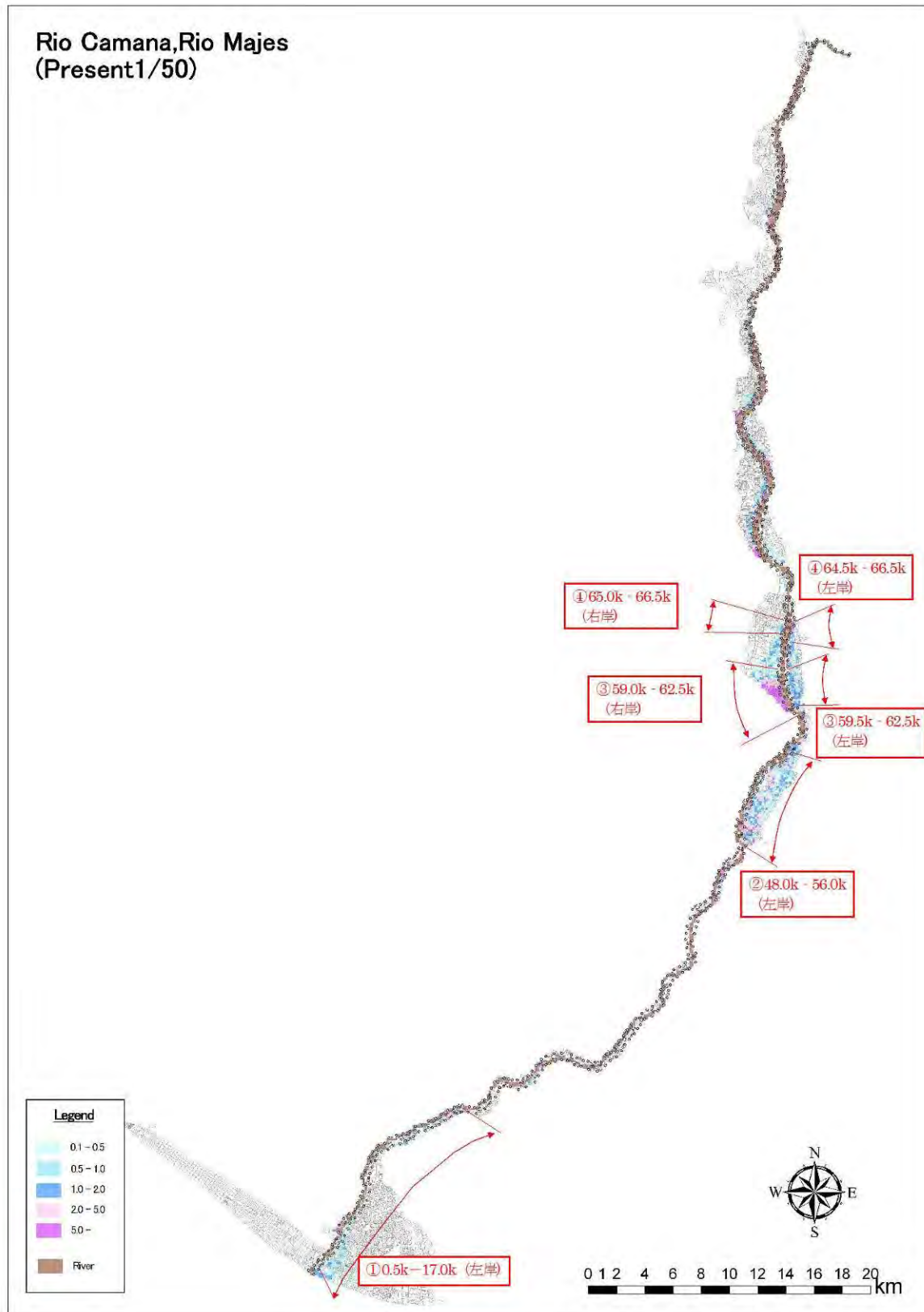


Figura 2.6-2 Ubicación de estructura contra inundación (Ríos Camana y Majes)

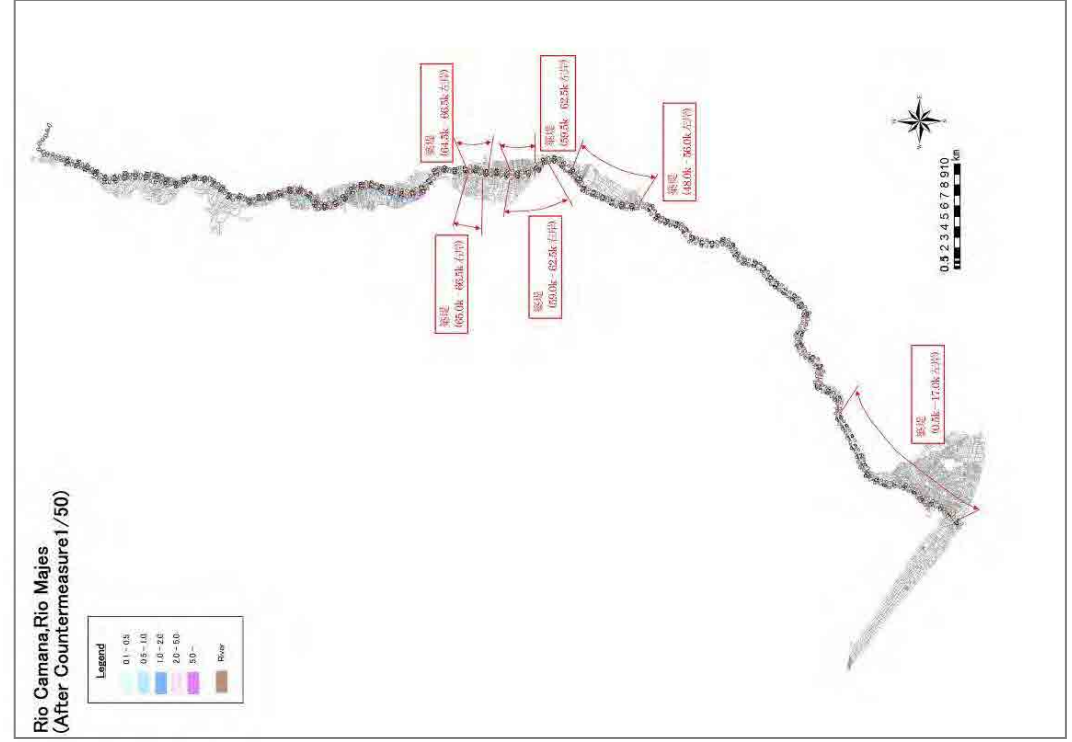
4) Resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno (después de la toma de medidas)

A continuación se muestran los resultados del análisis de inundaciones según diferentes períodos de retorno, después de instalar las estructuras contra inundación.

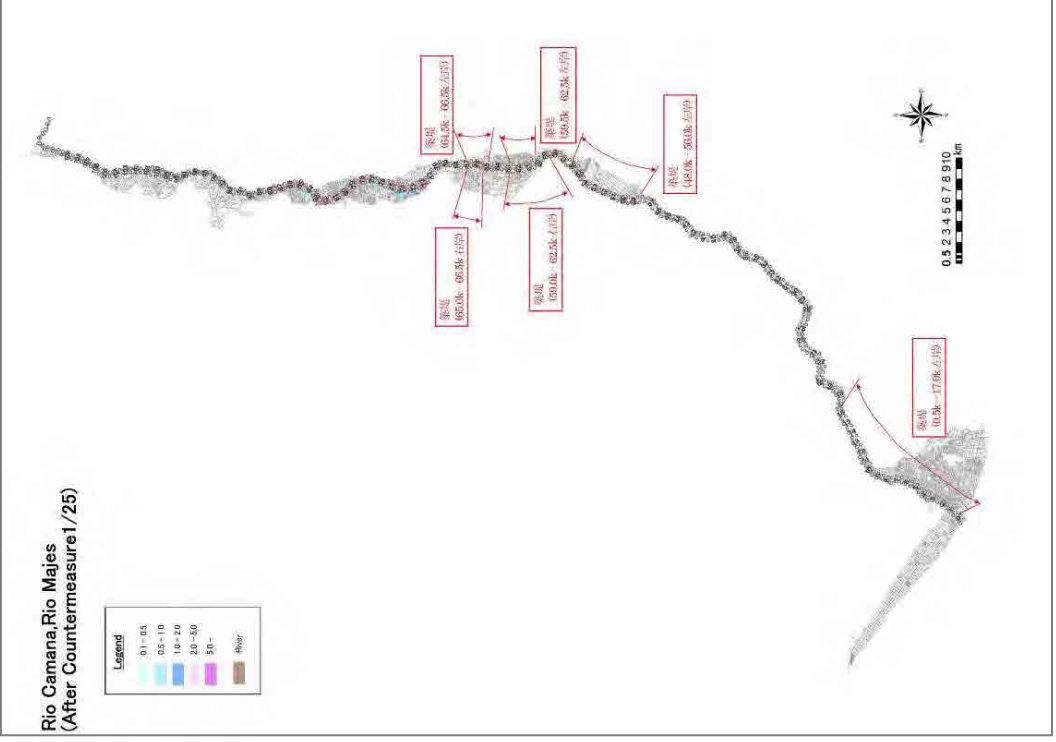
Tabla 2.6-3 Resultados del análisis de inundaciones después de la toma de medidas (número de mallas inundadas y superficie inundada) (Ríos Camana y Majes)

Después de la toma de medidas	1/5		1/10		1/25		1/50	
	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Majes-Camaná	104	234.0	196	441.0	288	648.0	523	1,176.8

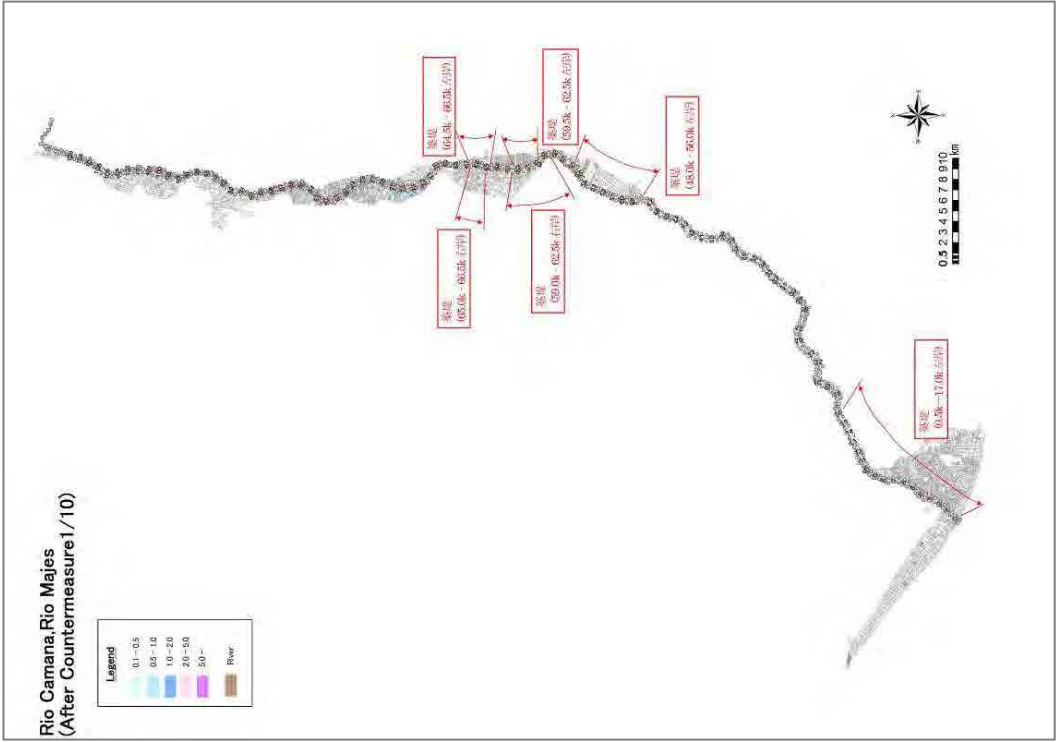
Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



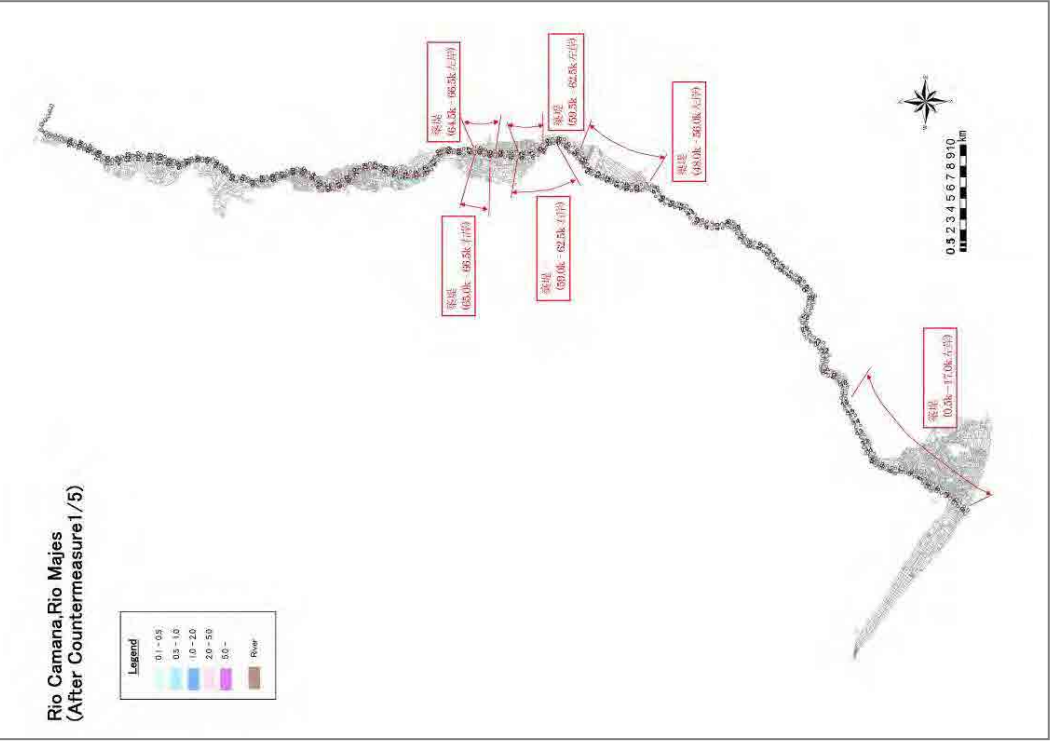
Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



Ríos Camana y Majes (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

Capítulo III Resumen

A continuación se muestra la comparación antes y después de la toma de medidas en relación con los resultados de análisis de inundaciones en los diferentes ríos.

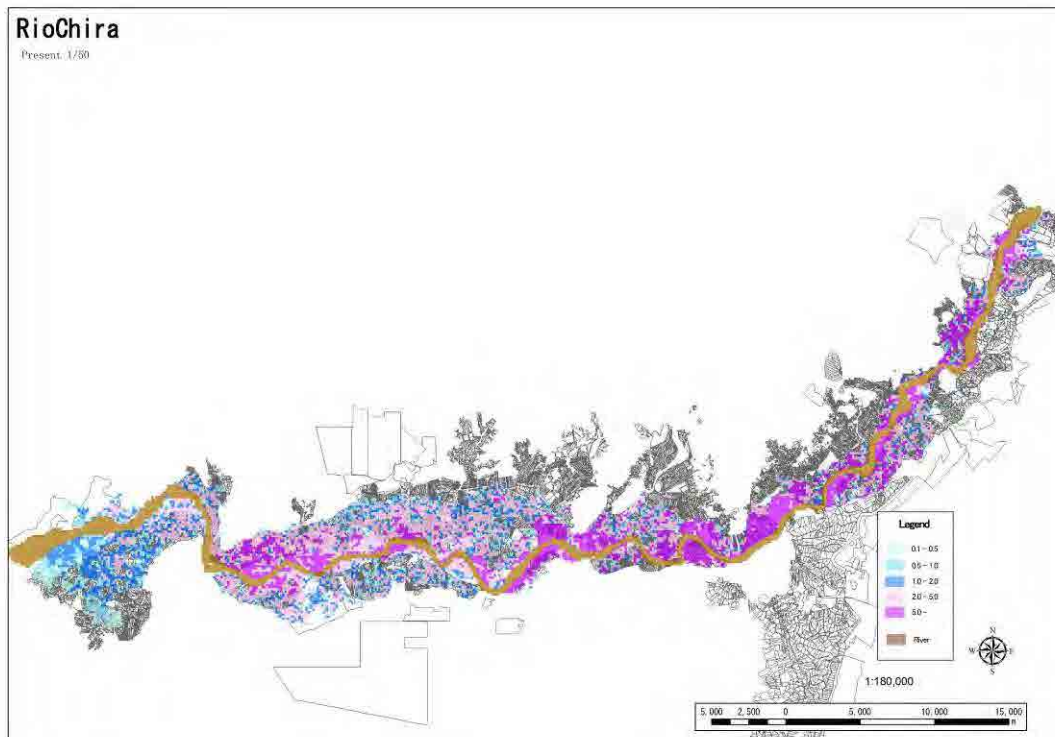
Tabla 3 Resultados de análisis de inundaciones (número de mallas inundadas y superficie inundada)

Situación actual		1/5		1/10		1/25		1/50	
		No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Chira		6,233	14,024.3	7,340	16,515.0	8,661	19,487.3	9,589	21,575.3
Cañete		73	164.3	391	879.8	552	1,242.0	678	1,525.5
Chincha	①Chico	270	607.5	293	659.3	714	1,606.5	827	1,860.8
	②Matagente	249	560.3	265	596.3	498	1,120.5	587	1,320.8
	③No. de mallas repetidas	0	0.0	0	0.0	249	560.3	256	576.0
	①+②-③	519	1,167.8	558	1,255.5	963	2,166.8	1,158	2,605.5
Pisco		251	564.8	344	774.0	438	985.5	517	1,163.3
Yauca		-	-	1	2.3	18	40.5	40	90.0
Majes-Camaná		714	1,606.5	1,001	2,252.3	1,157	2,603.3	1,632	3,672.0

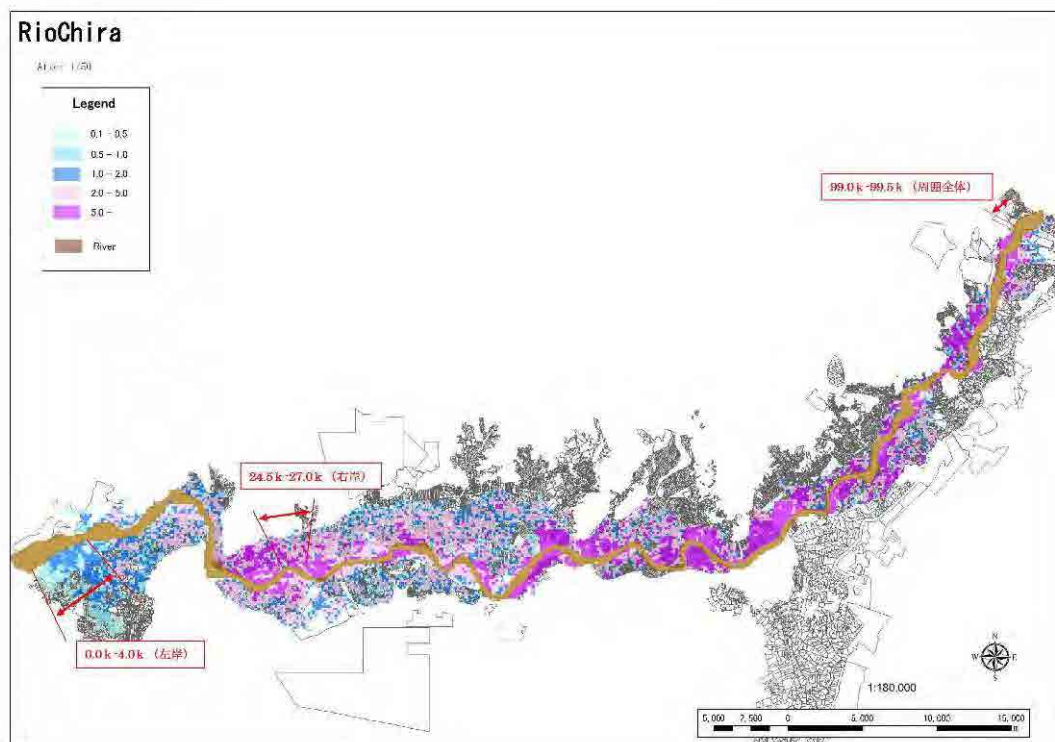
Después de la toma de medidas		1/5		1/10		1/25		1/50	
		No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha	No. de mallas	ha
Chira		6,233	14,024.3	7,340	16,515.0	8,661	19,487.3	9,586	21,568.5
Cañete		21	47.3	60	135.0	93	209.3	125	281.3
Chincha	①Chico	24	54.0	56	126.0	248	558.0	397	893.3
	②Matagente	-	-	-	-	148	333.0	245	551.3
	③No. De mallas repetidas	-	-	-	-	76	171.0	140	315.0
	①+②-③	24	54.0	56	126.0	320	720.0	502	1,129.5
Pisco		18	40.5	69	155.3	140	315.0	193	434.3
Yauca		-	-	1	2.3	13	29.3	20	45.0
Majes-Camaná		104	234.0	196	441.0	288	648.0	523	1,176.8

ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

① Río Chira (periodo de retorno de 1/50), situación actual

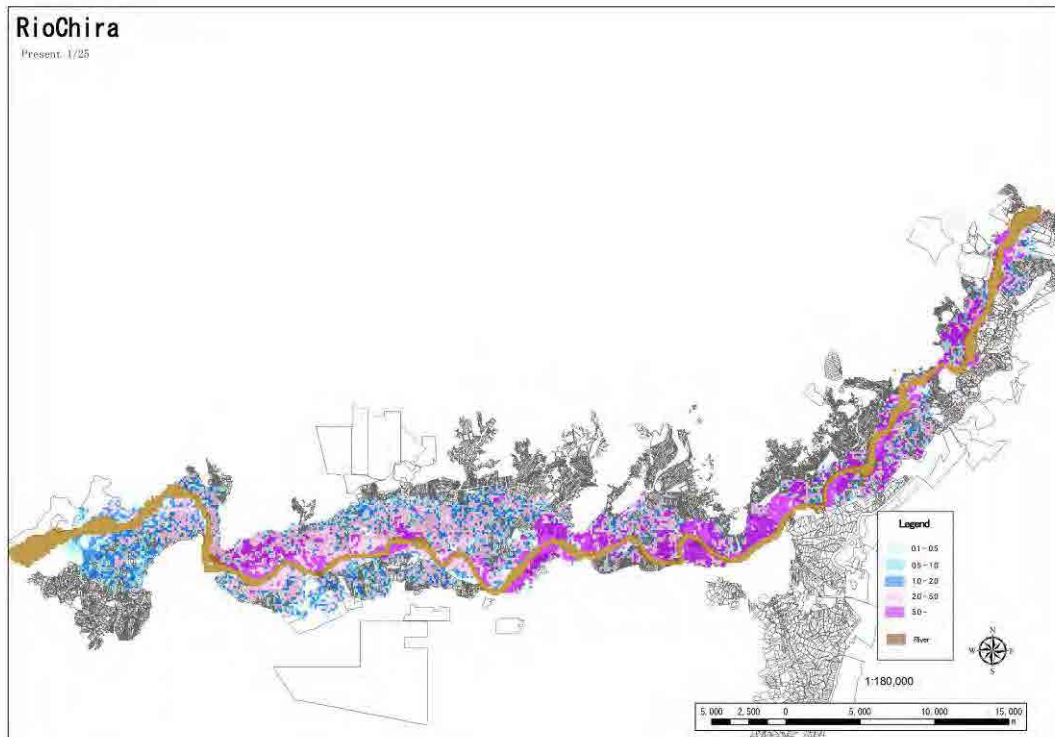


① Río Chira (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas

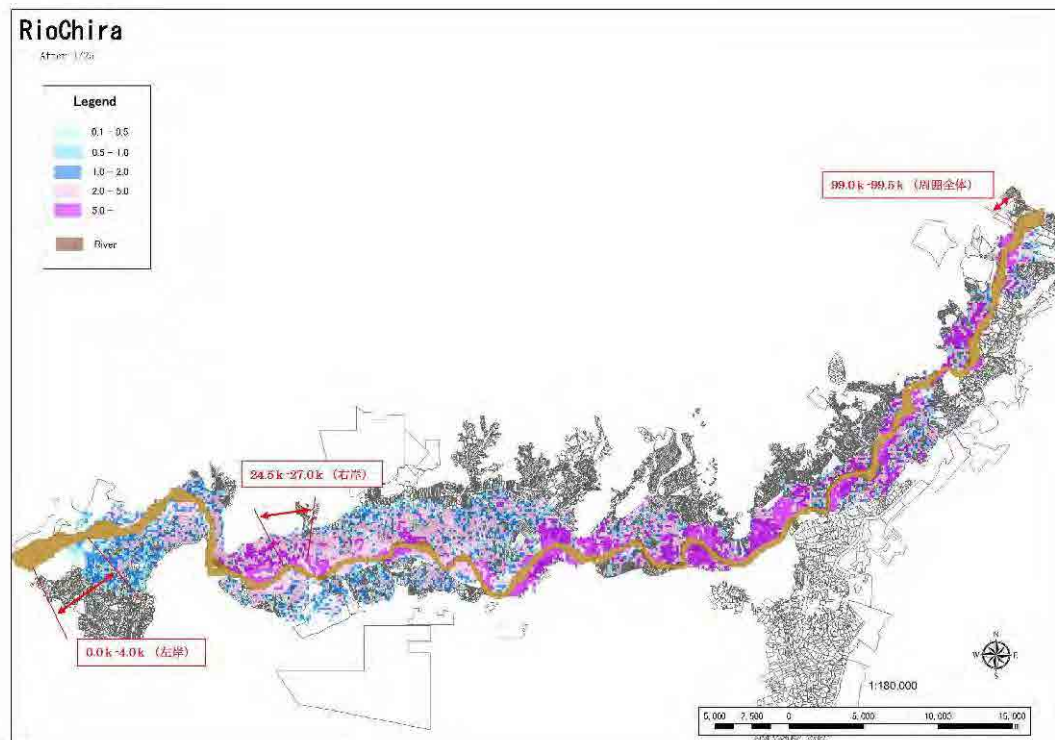


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

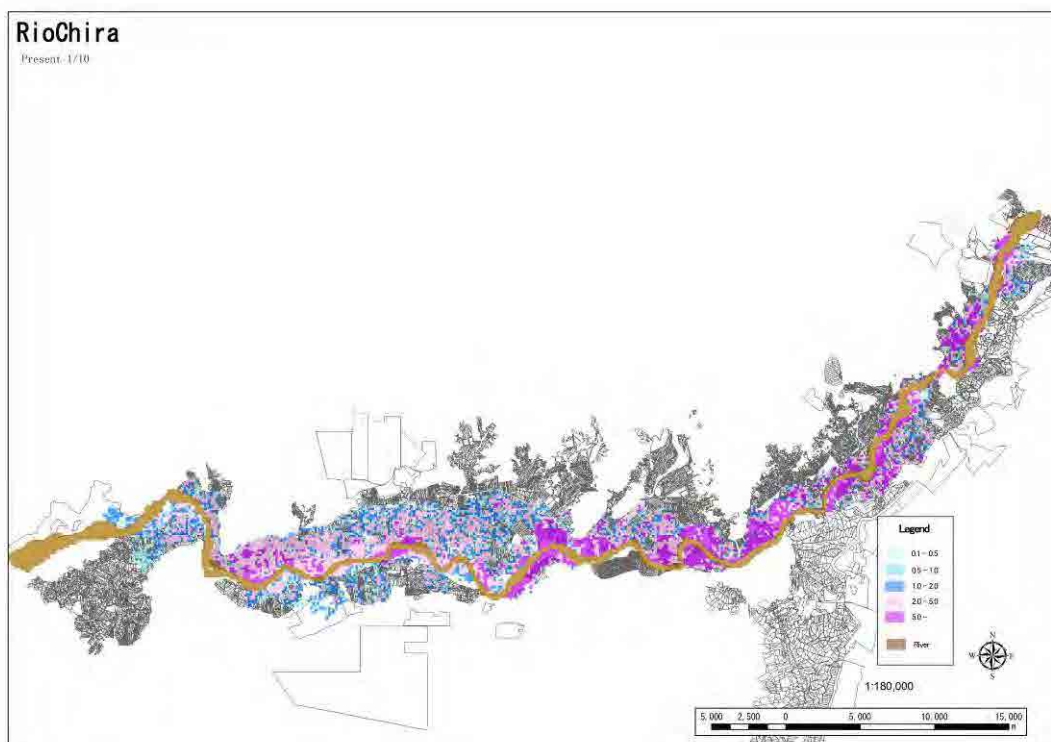
① Río Chira (periodo de retorno de 1/25), situación actual



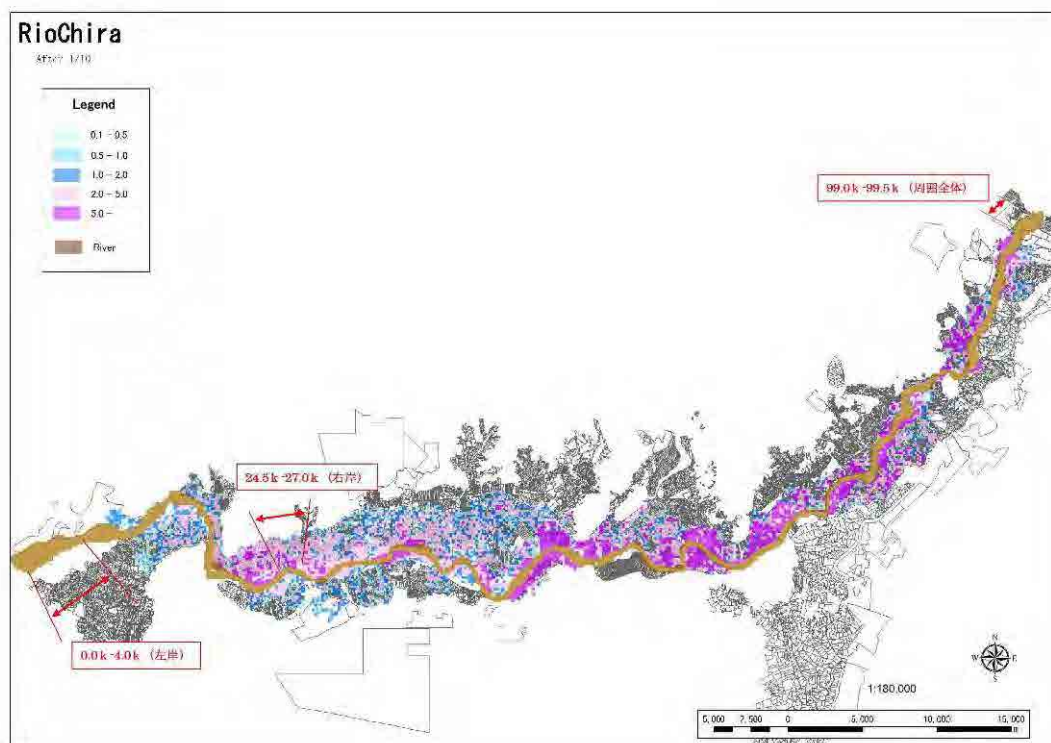
① Río Chira (periodo de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



① Río Chira (periodo de retorno de 1/10), situación actual

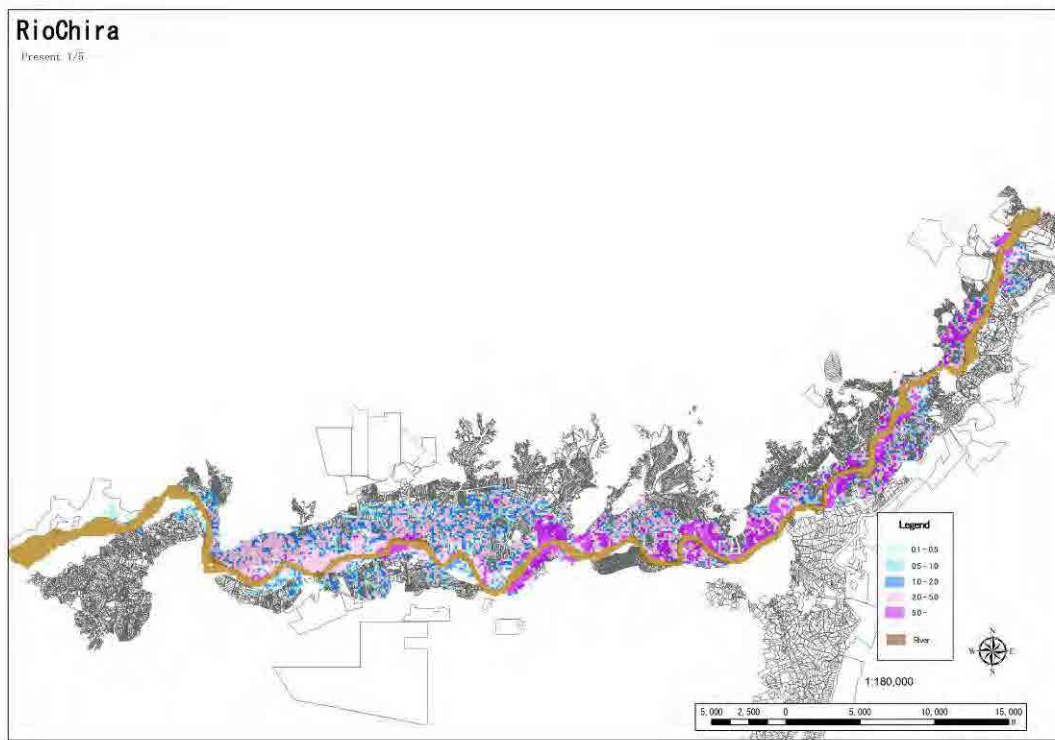


① Río Chira (periodo de retorno de 1/10), después de la toma de medidas

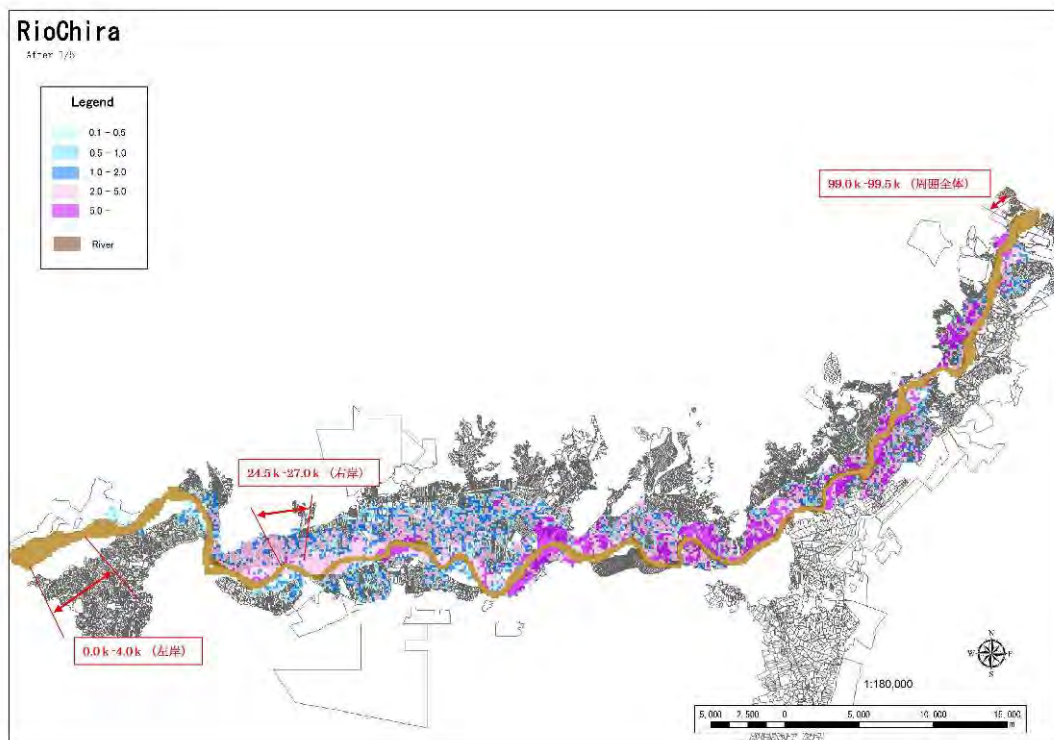


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

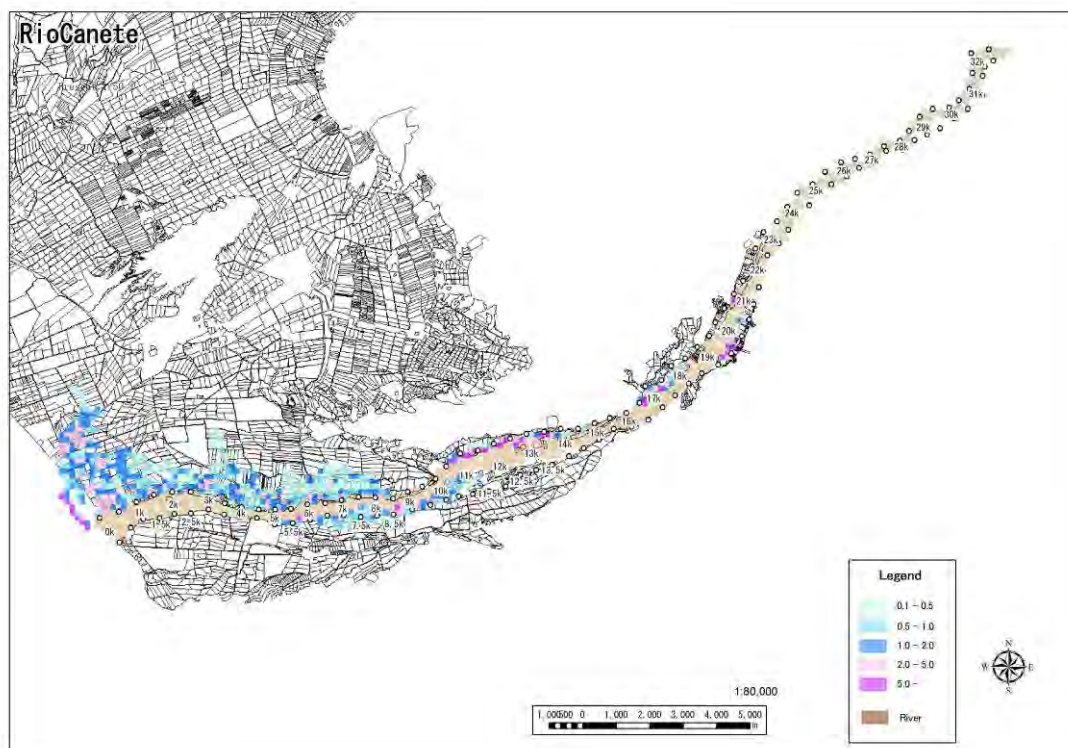
① Río Chira (periodo de retorno de 1/5), situación actual



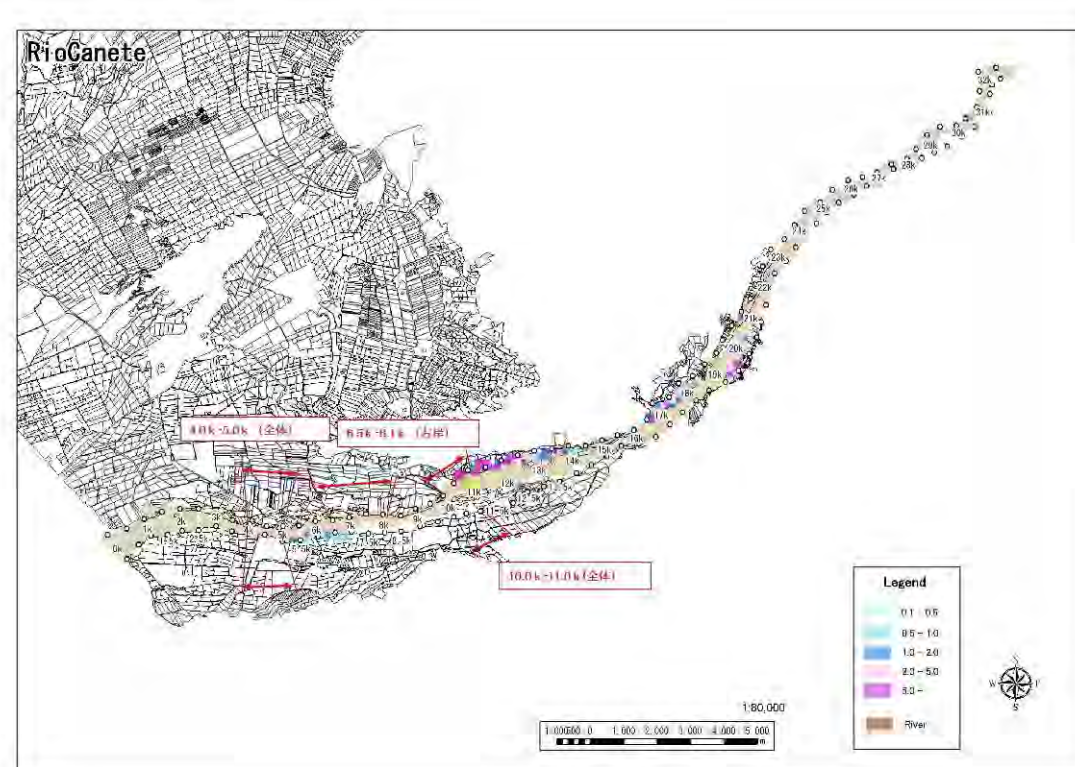
① Río Chira (periodo de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



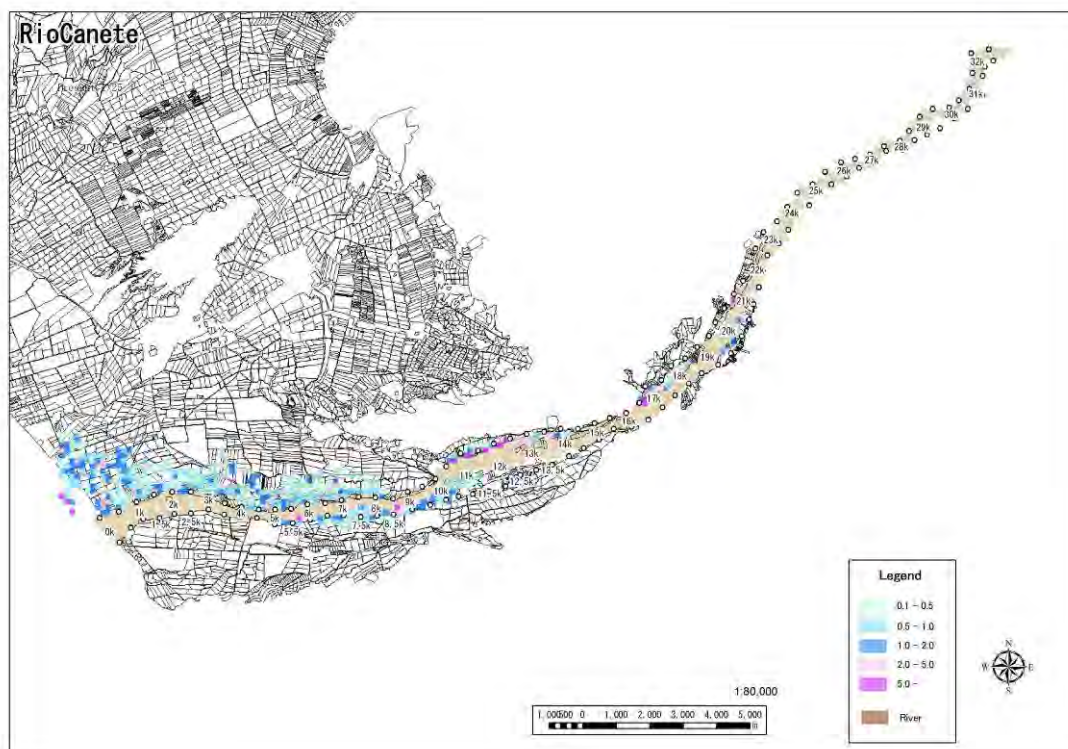
② Río Cañete (periodo de retorno de 1/50), situación actual



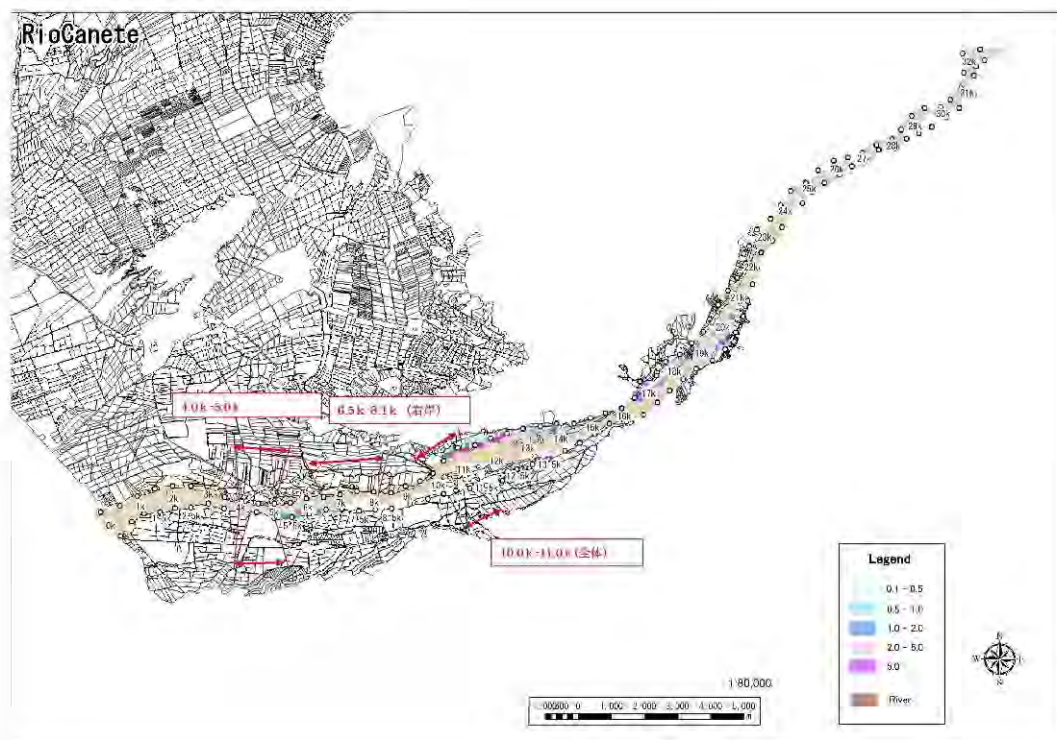
② Río Cañete (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



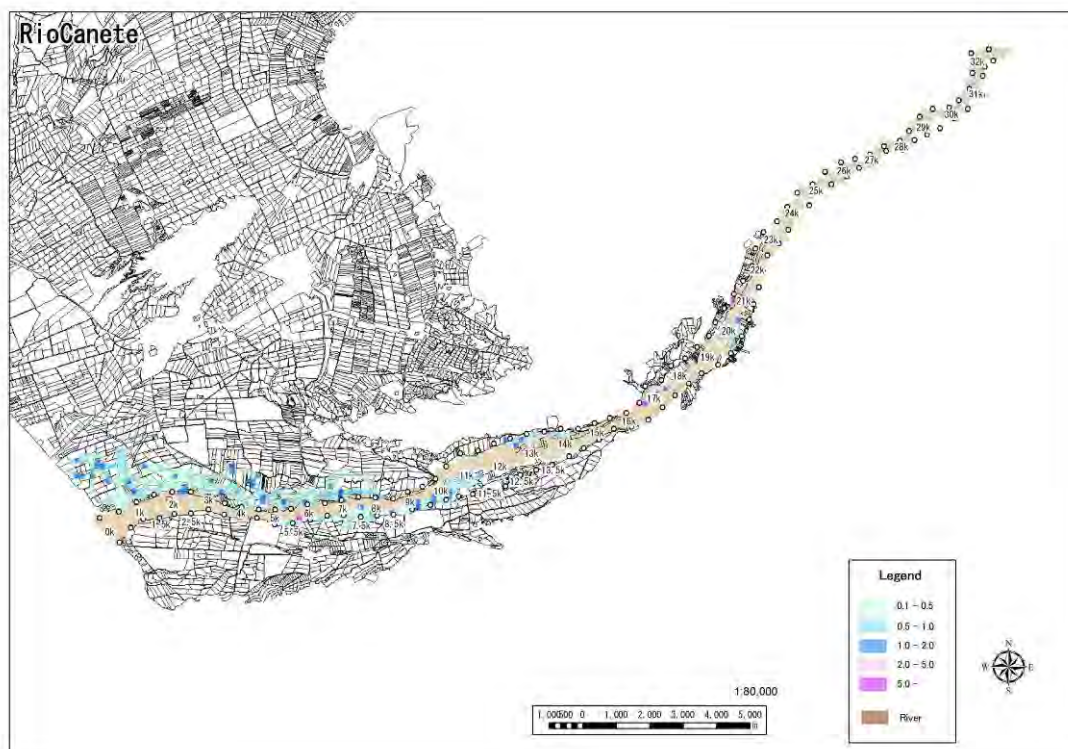
② Río Cañete (periodo de retorno de 1/25), situación actual



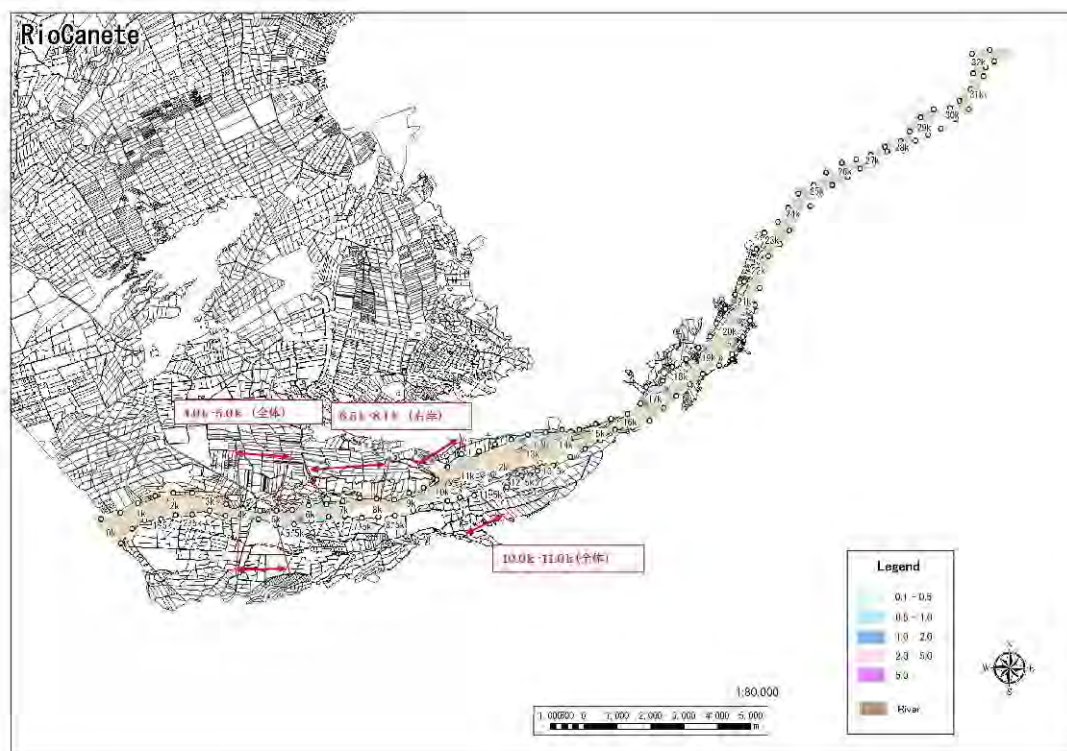
② Río Cañete (periodo de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



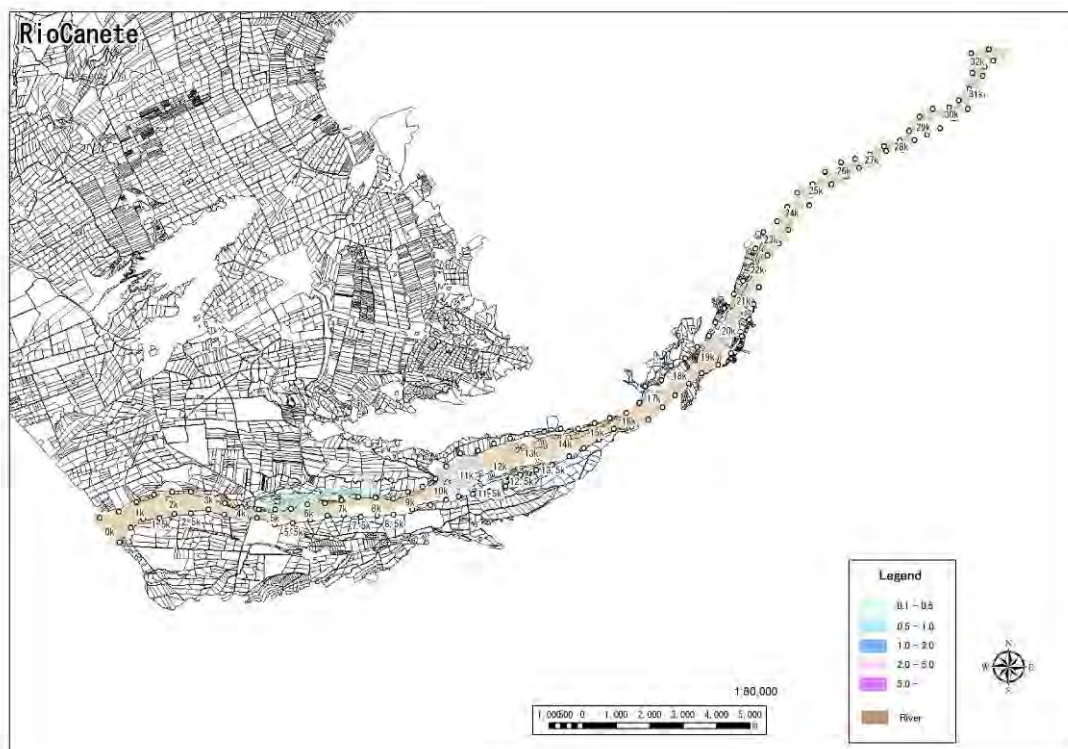
② Río Cañete (periodo de retorno de 1/10), situación actual



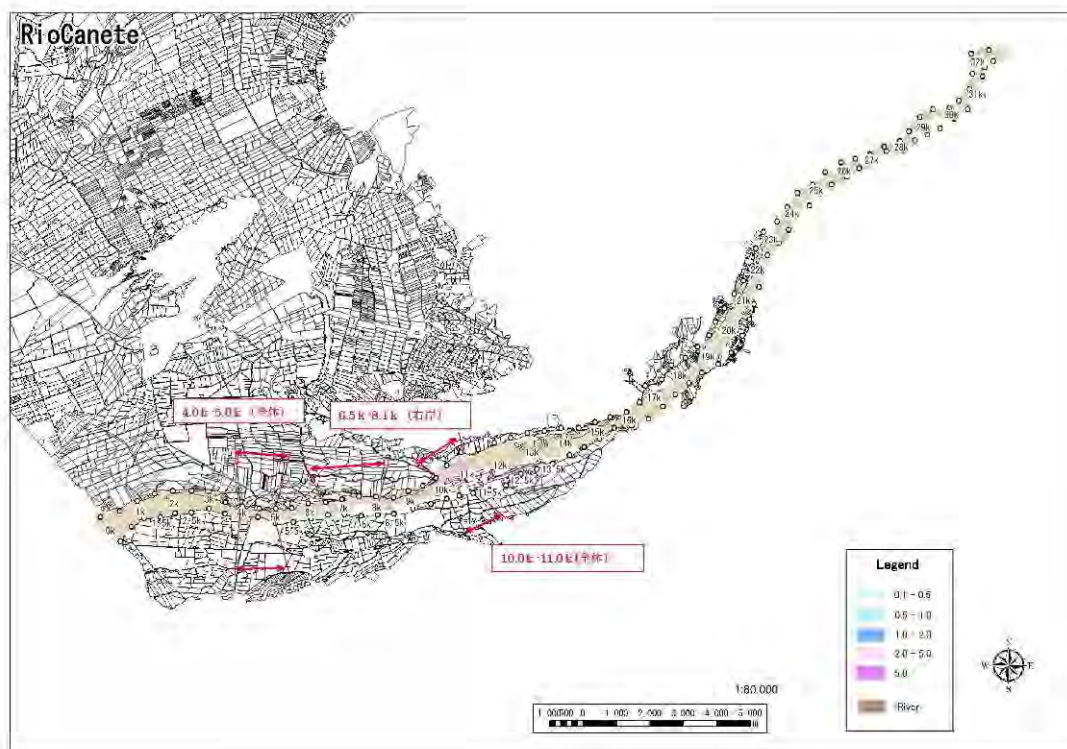
② Río Cañete (periodo de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



② Río Cañete (periodo de retorno de 1/5), situación actual

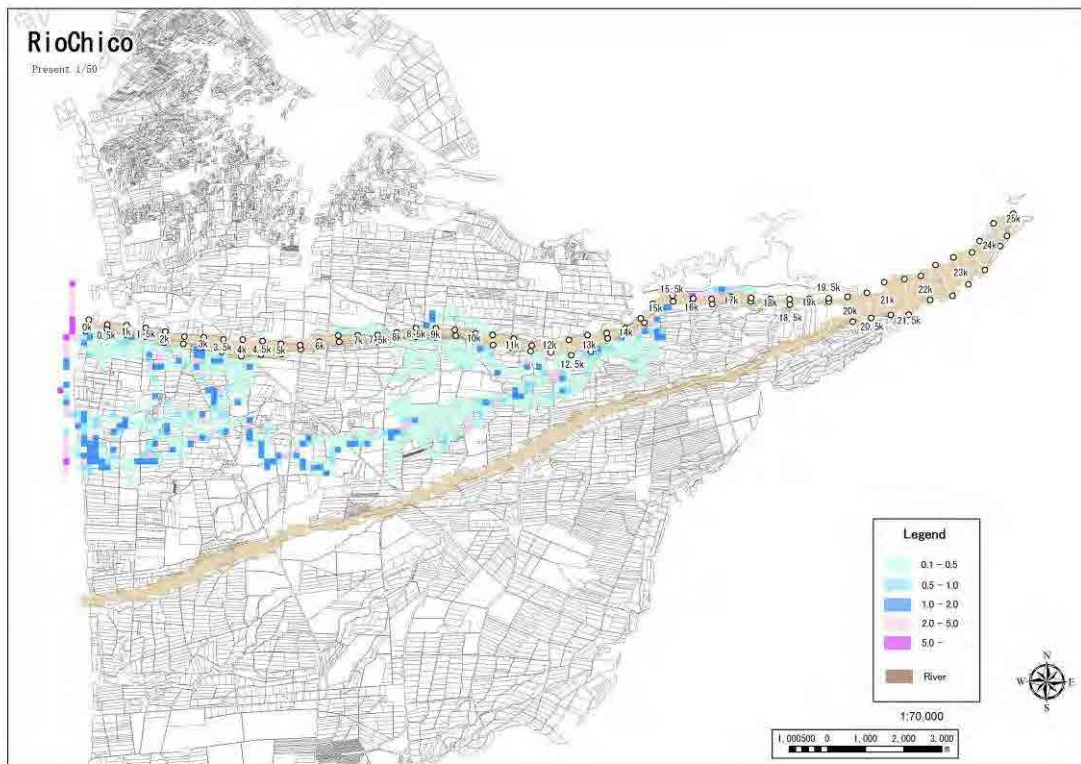


② Río Cañete (periodo de retorno de 1/5), después de la toma de medidas

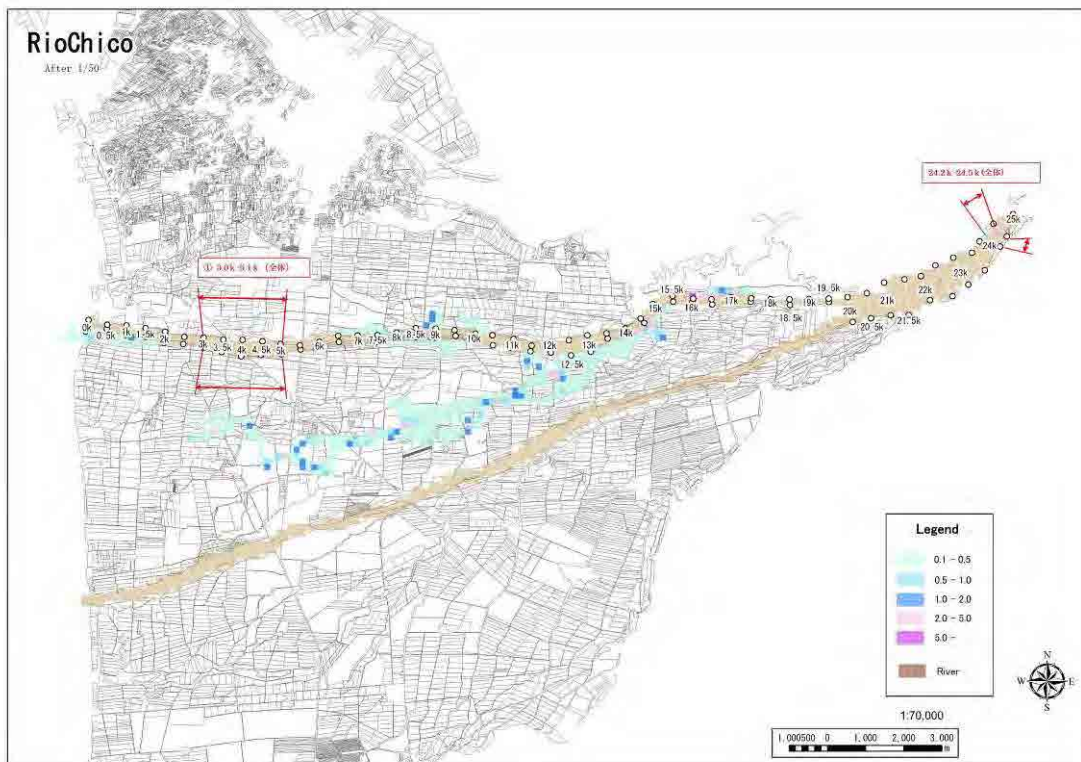


*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

③ Río Chíncha (Río Chico) (periodo de retorno de 1/50), situación actual

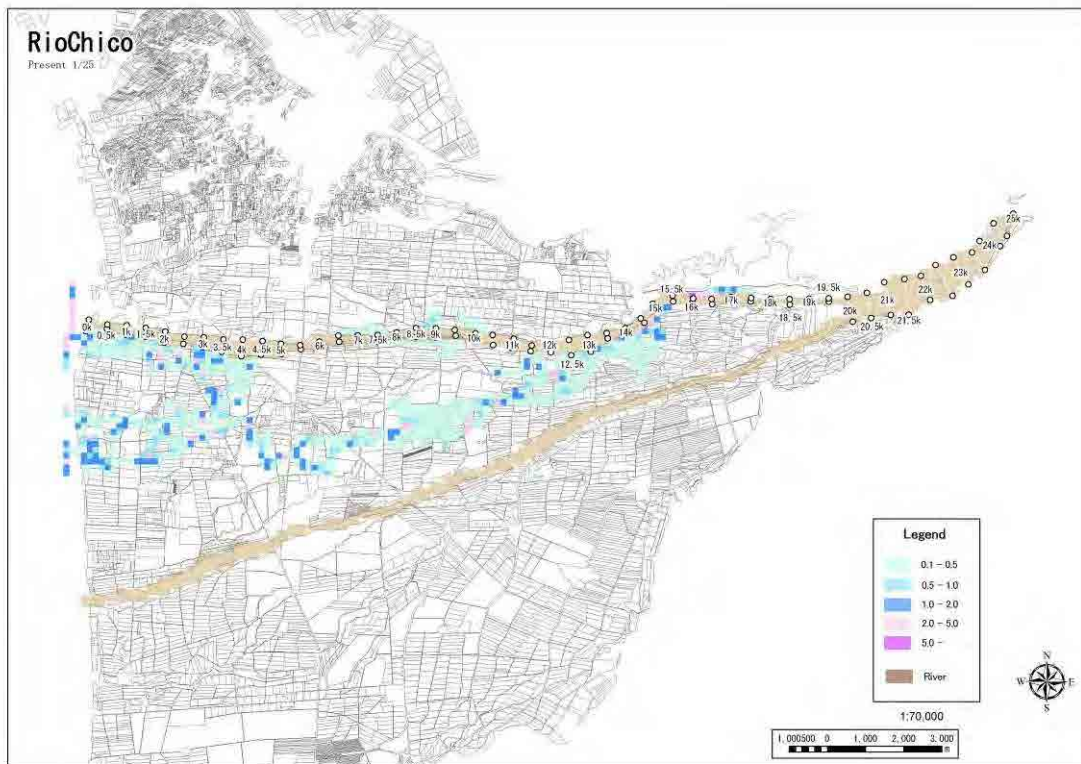


③ Río Chíncha (Río Chico) (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas

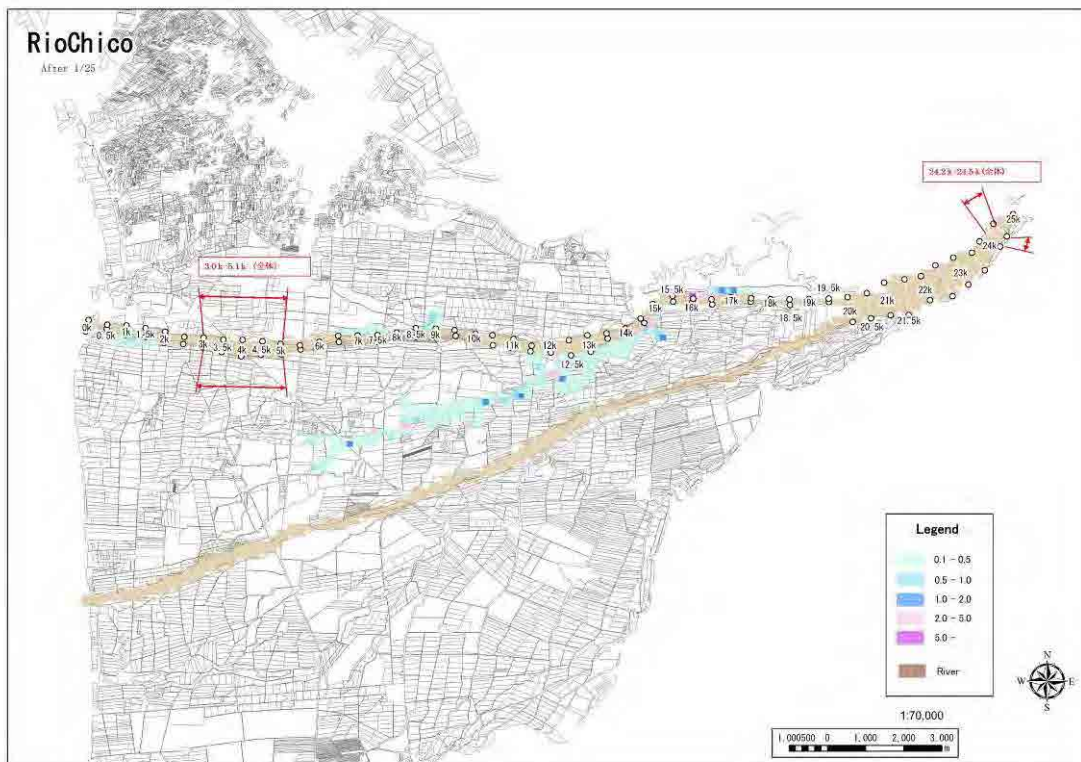


*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

③ Río Chinchá (Río Chico) (periodo de retorno de 1/25), situación actual

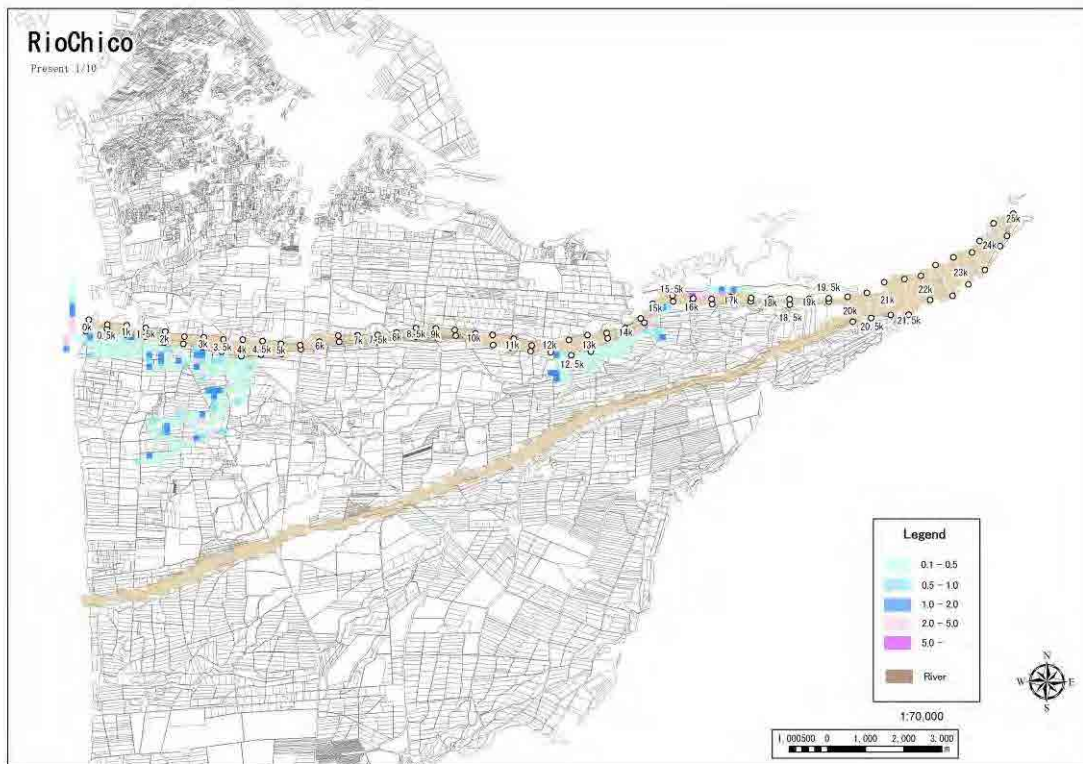


③ Río Chinchá (Río Chico) (periodo de retorno de 1/25), después de la toma de medidas

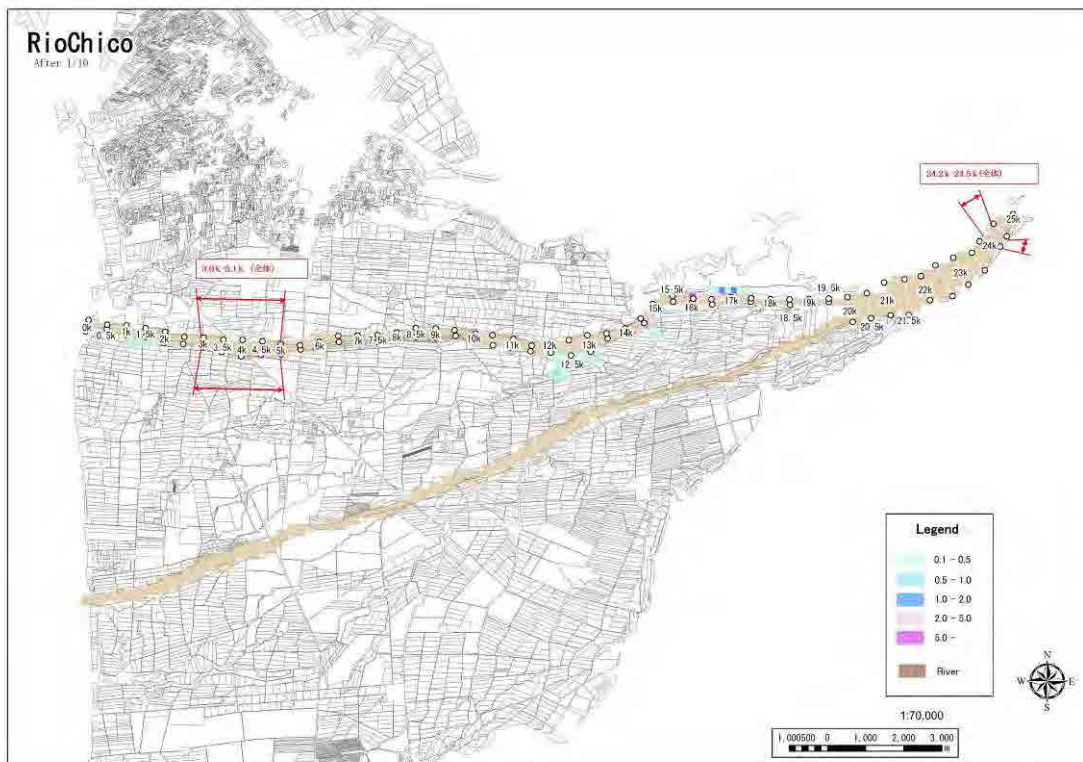


*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

③ Río Chíncha (Río Chico) (periodo de retorno de 1/10), situación actual

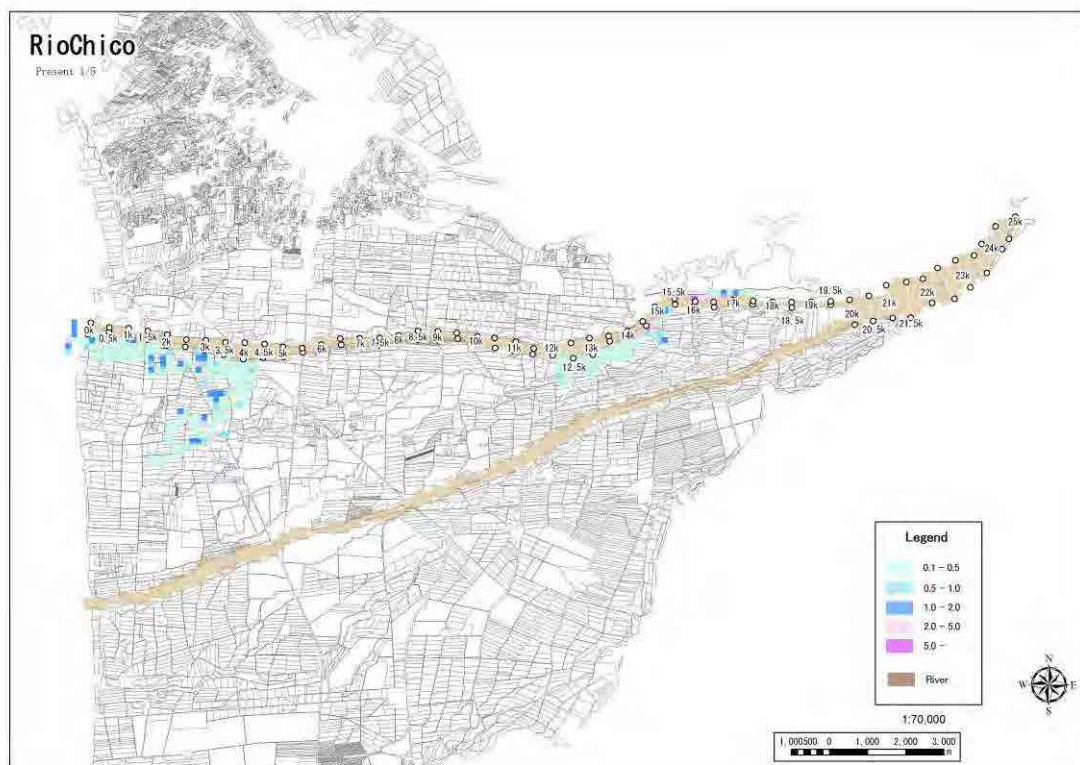


③ Río Chíncha (Río Chico) (periodo de retorno de 1/10), después de la toma de medidas

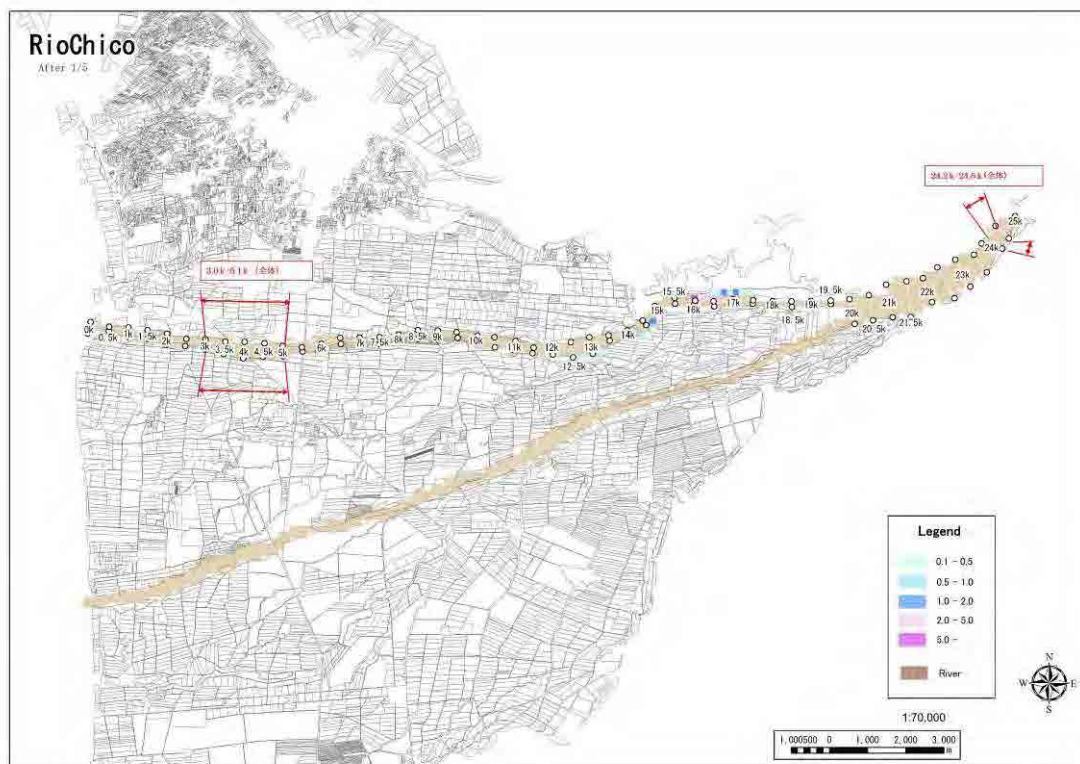


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

③ Río Chíncha (Río Chico) (periodo de retorno de 1/5), situación actual

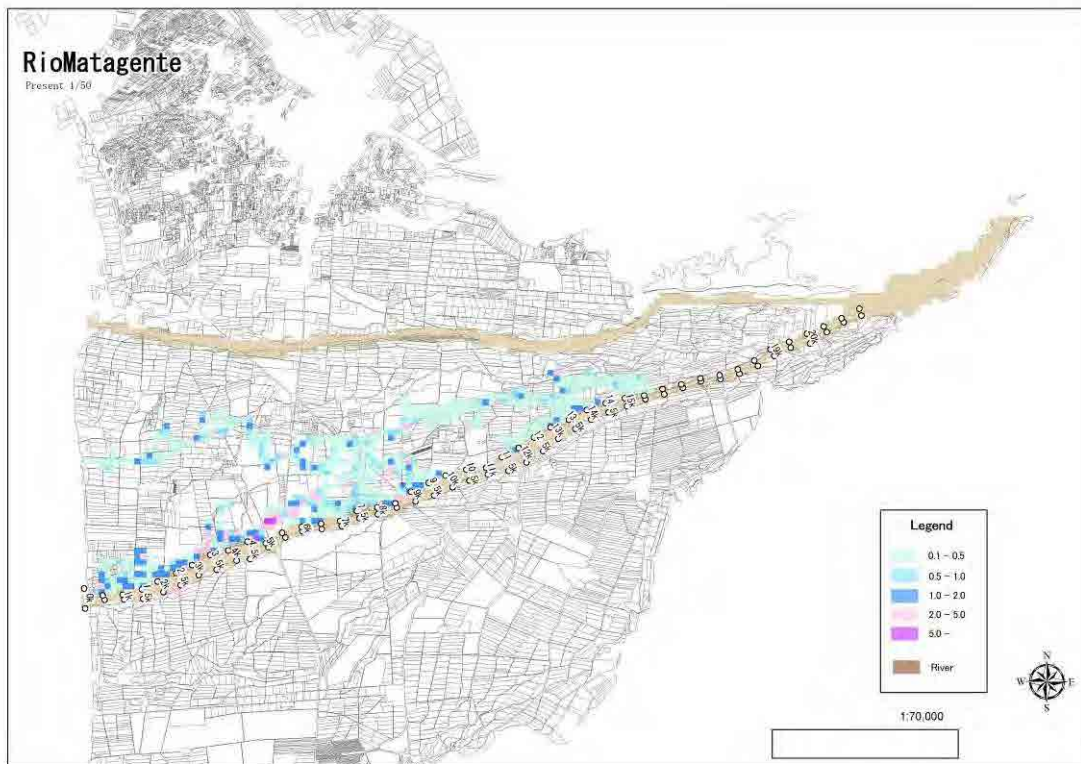


③ Río Chíncha (Río Chico) (periodo de retorno de 1/5), después de la toma de medidas

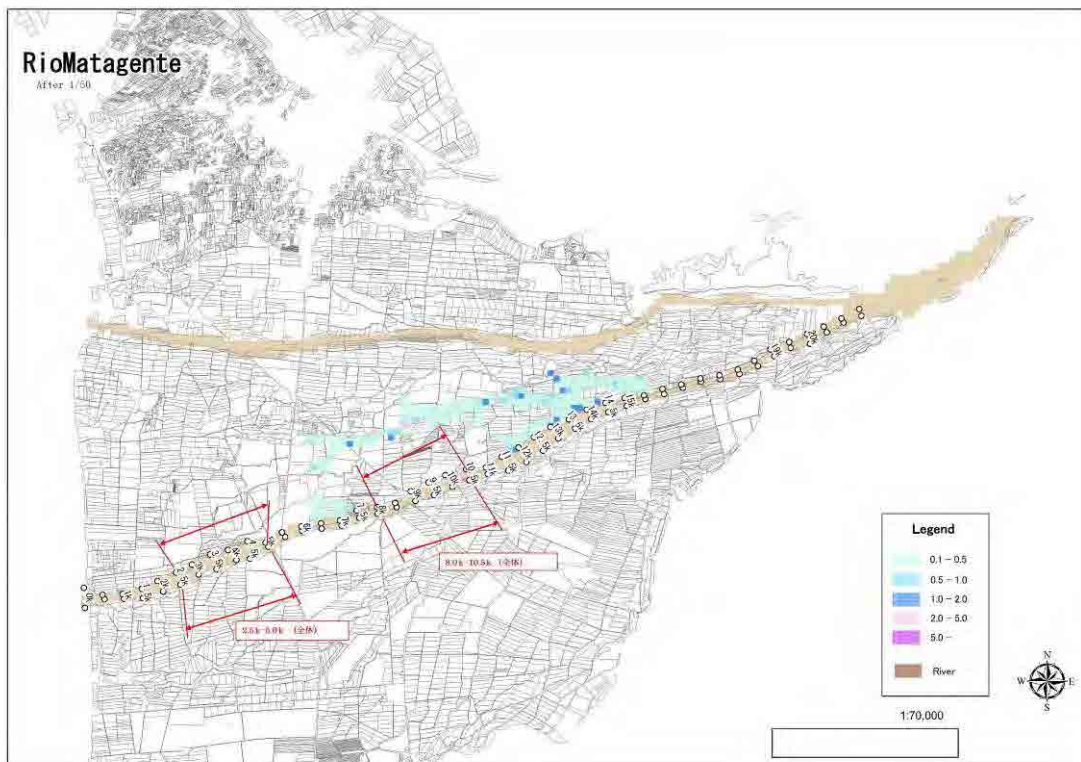


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/50), situación actual

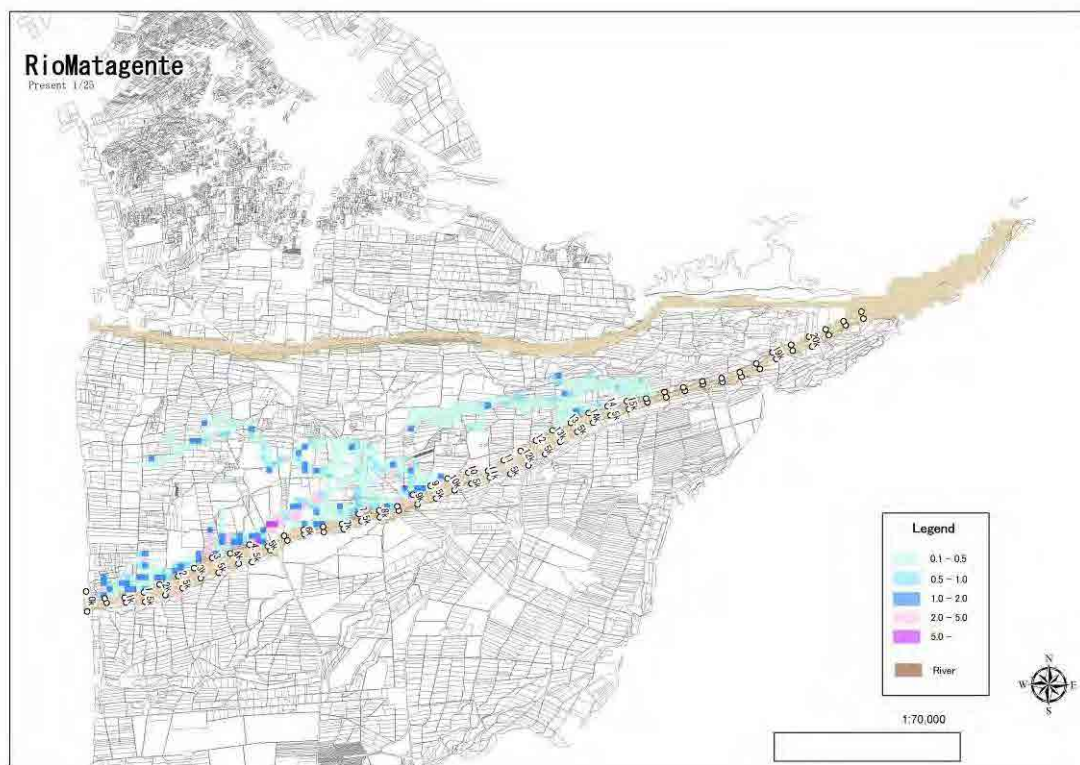


③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas

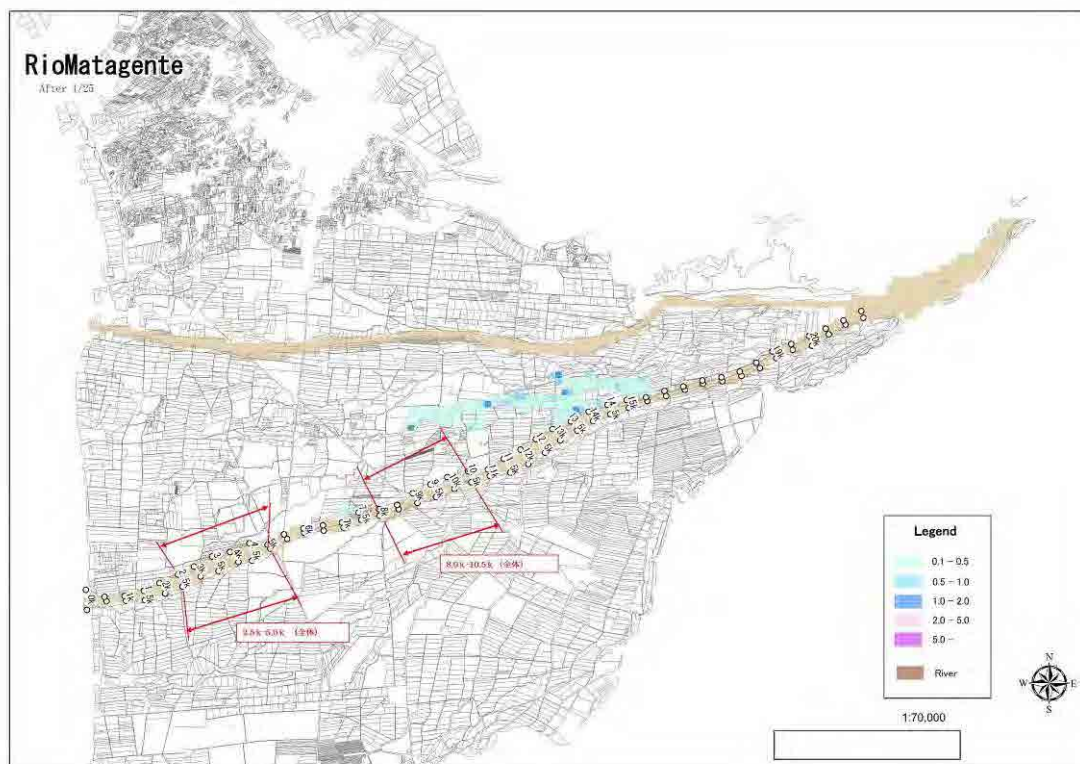


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

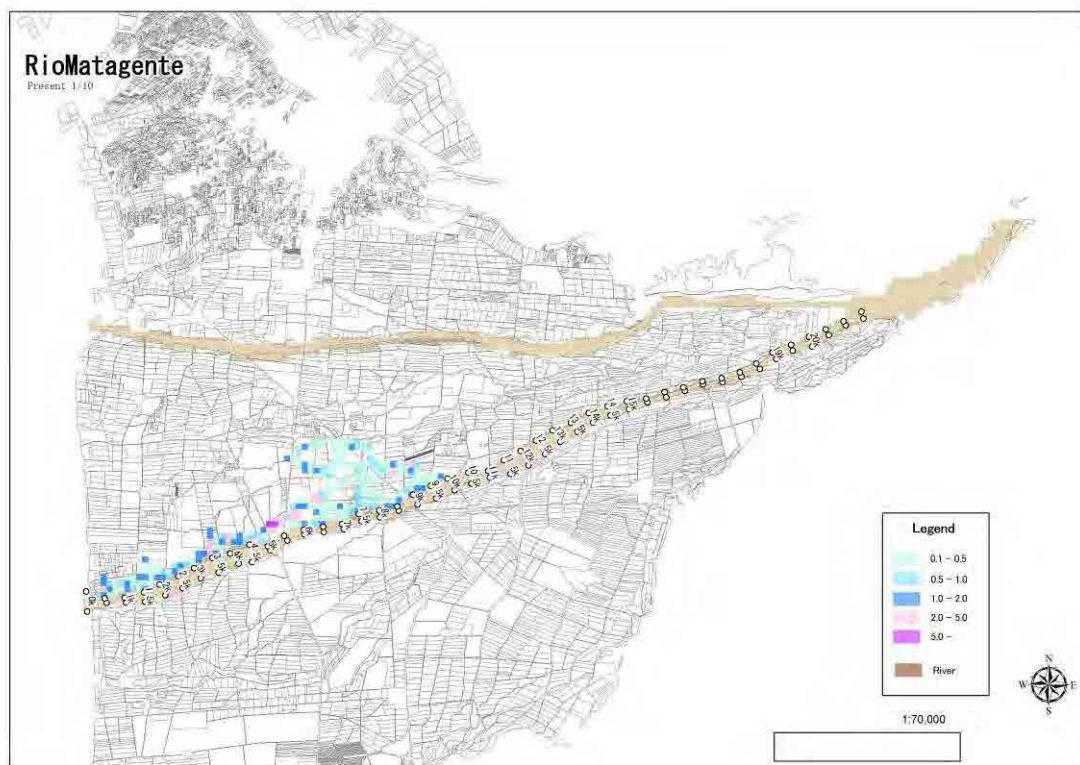
③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/25), situación actual



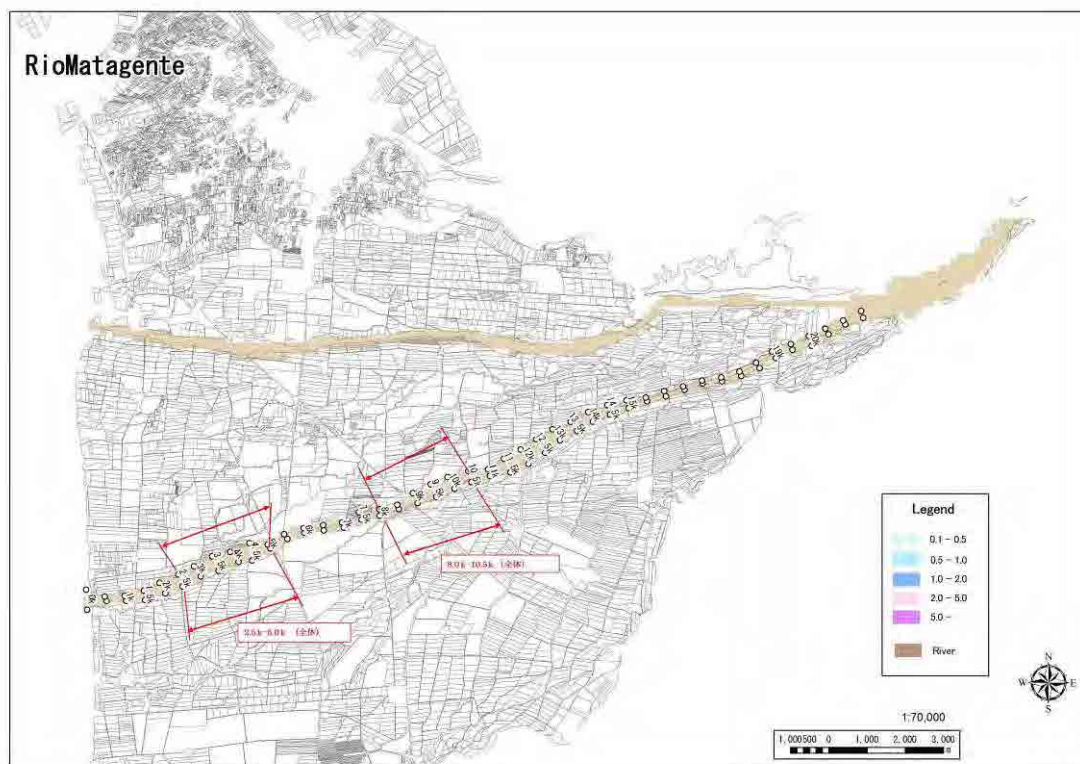
③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/10), situación actual

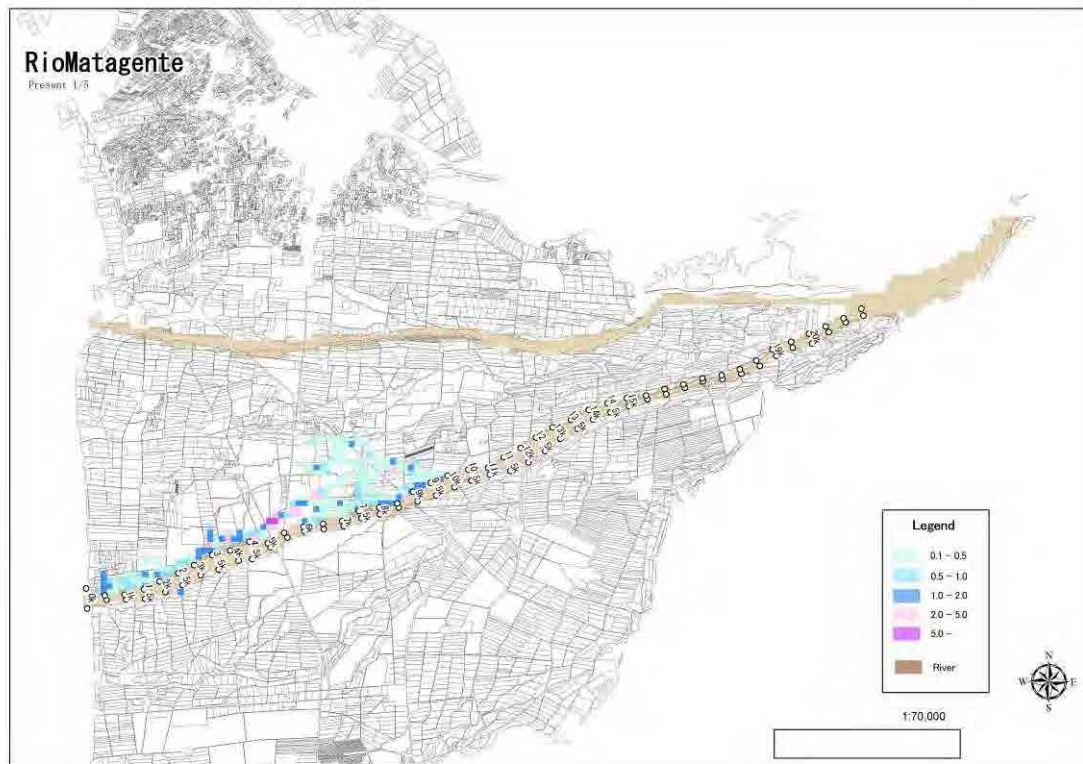


③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/10), después de la toma de medidas

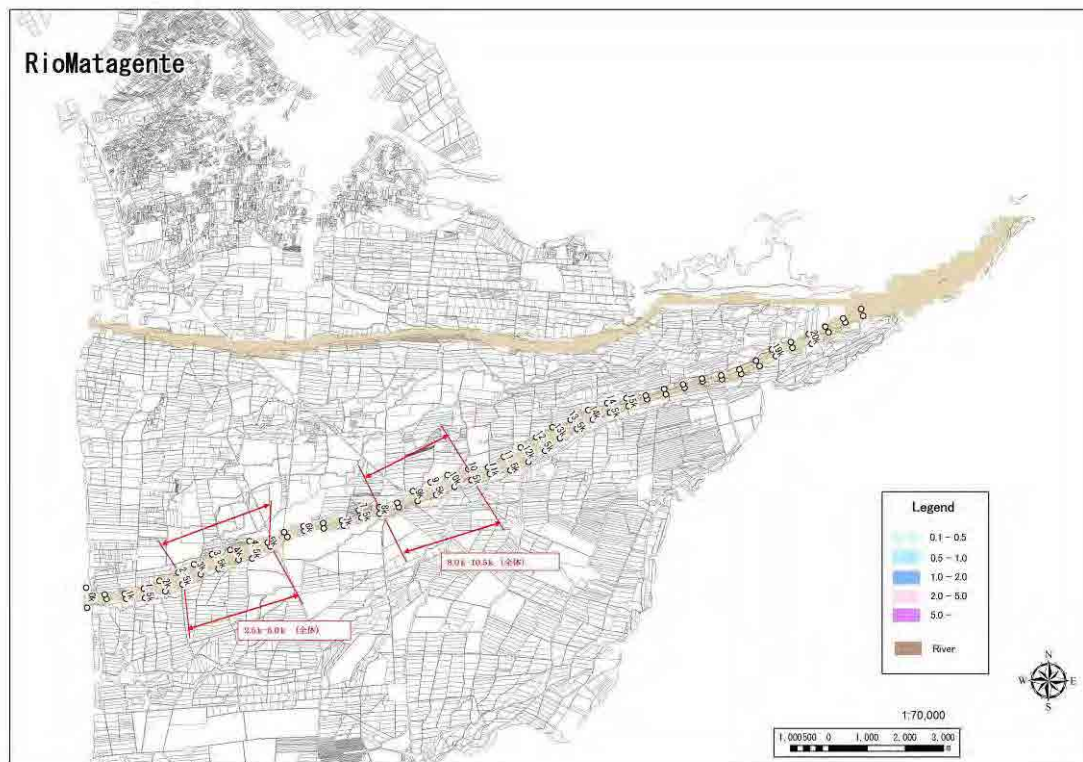


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

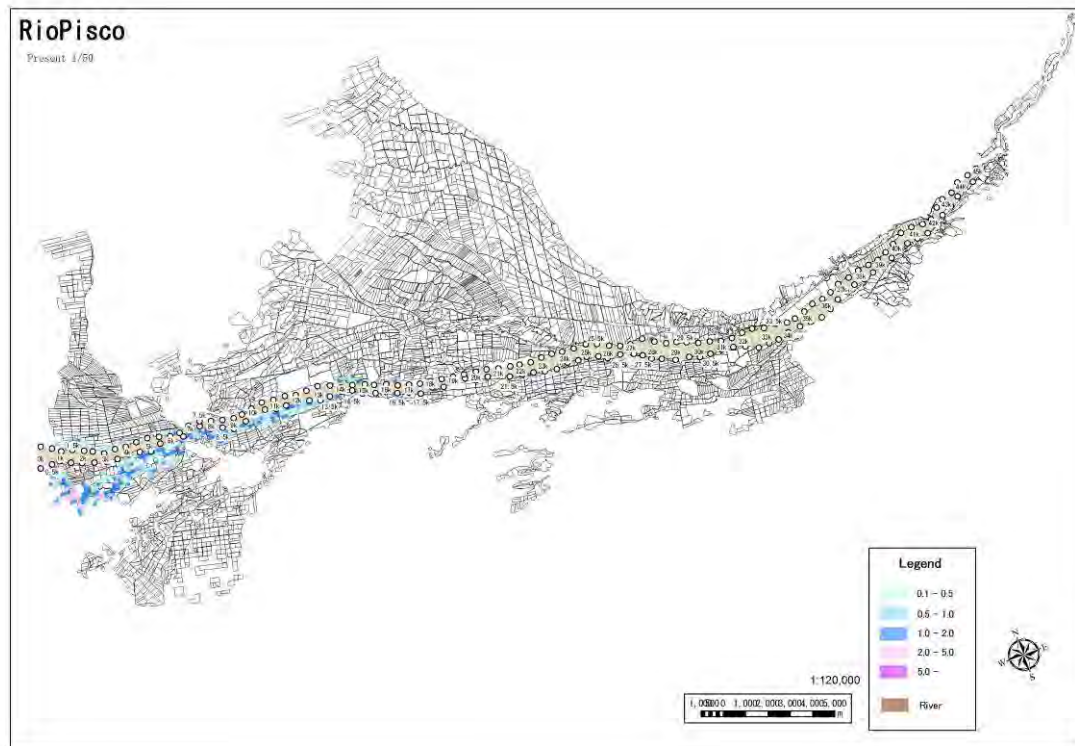
③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/5), situación actual



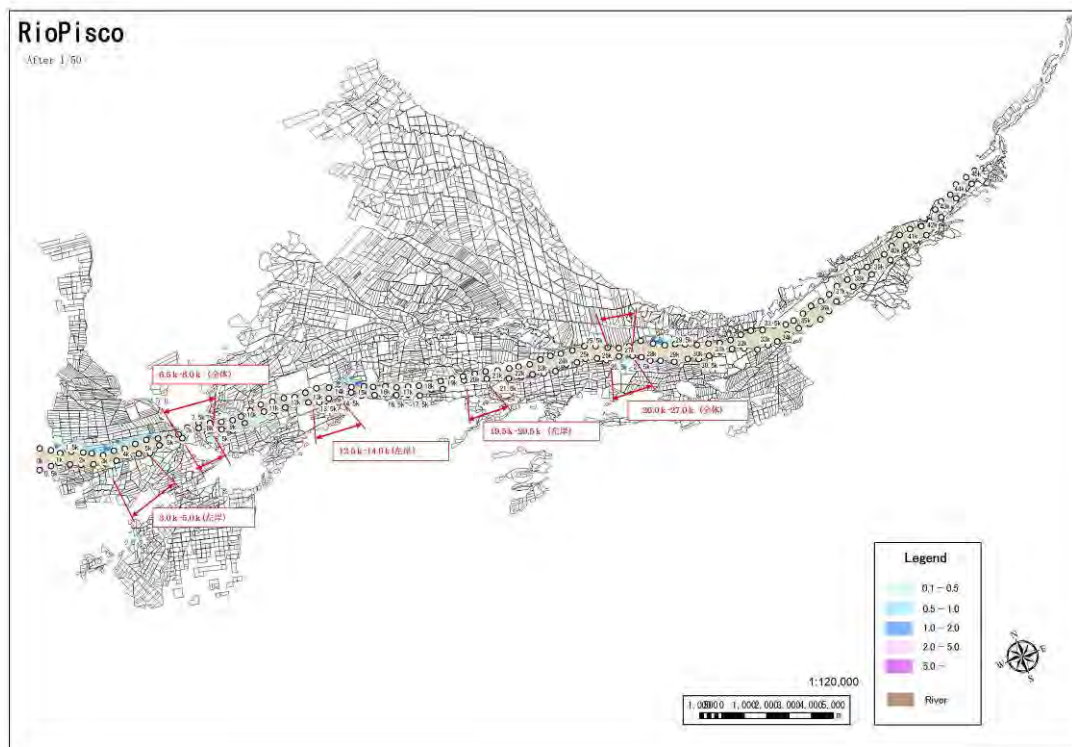
③ Río Chinchá (Río Matagente) (periodo de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



④ Río Pisco (periodo de retorno de 1/50), situación actual

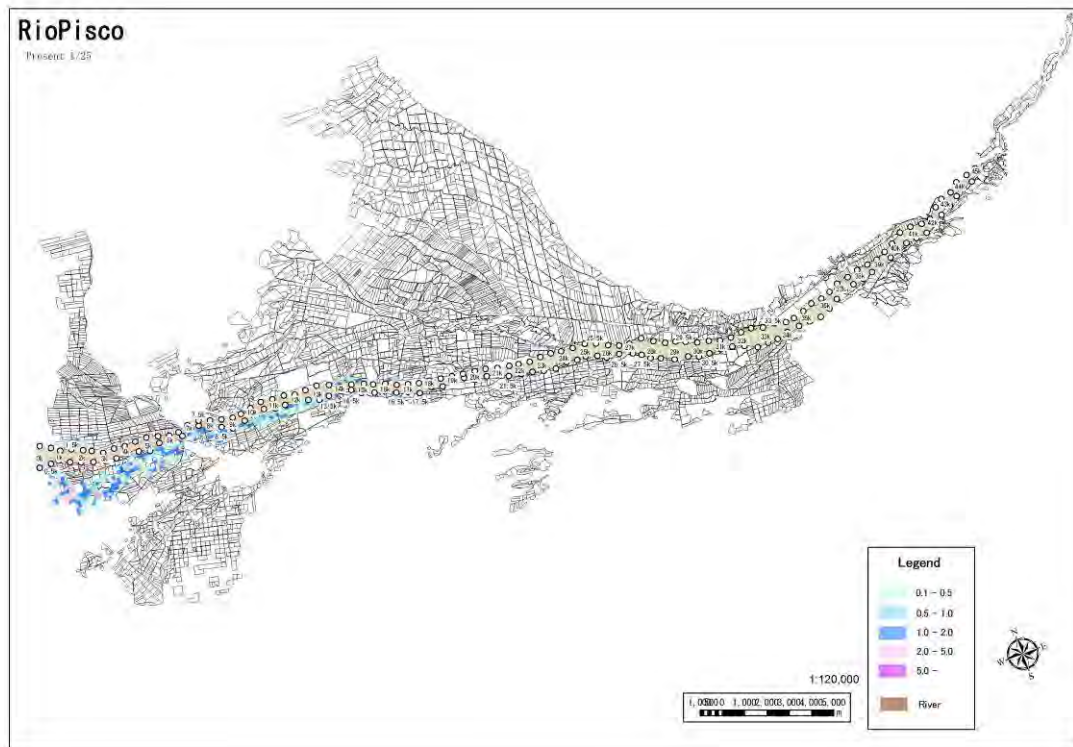


④ Río Pisco (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas

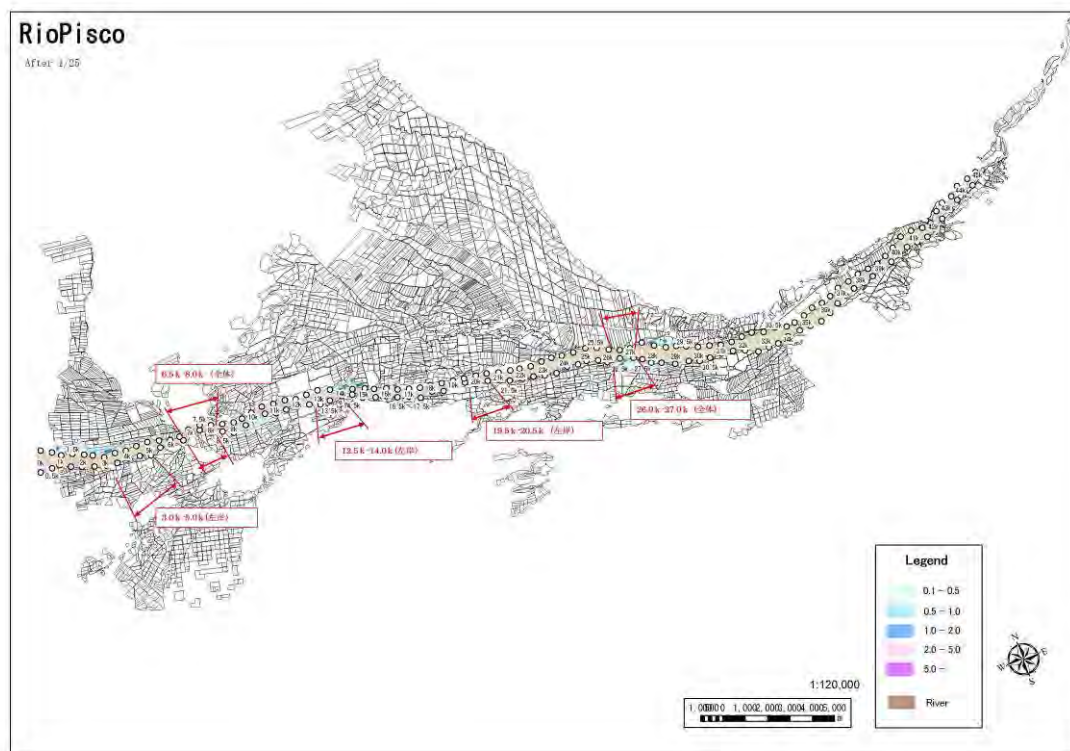


*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

④ **Río Pisco (periodo de retorno de 1/25), situación actual**

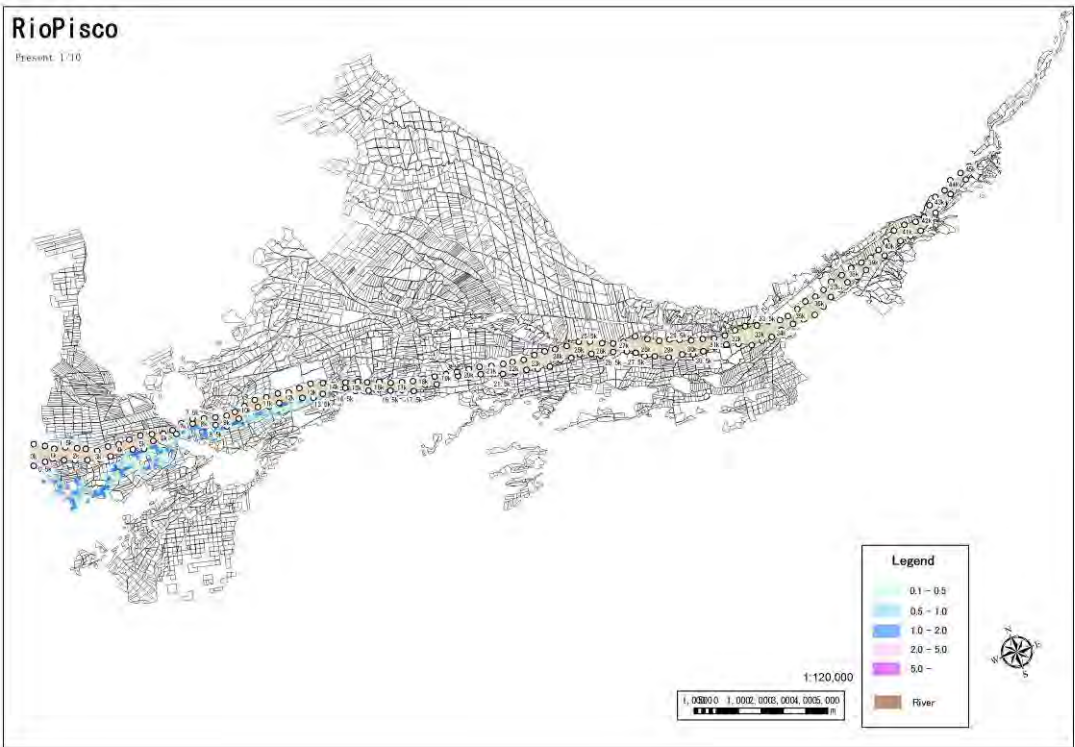


④ **Río Pisco (periodo de retorno de 1/25), después de la toma de medidas**

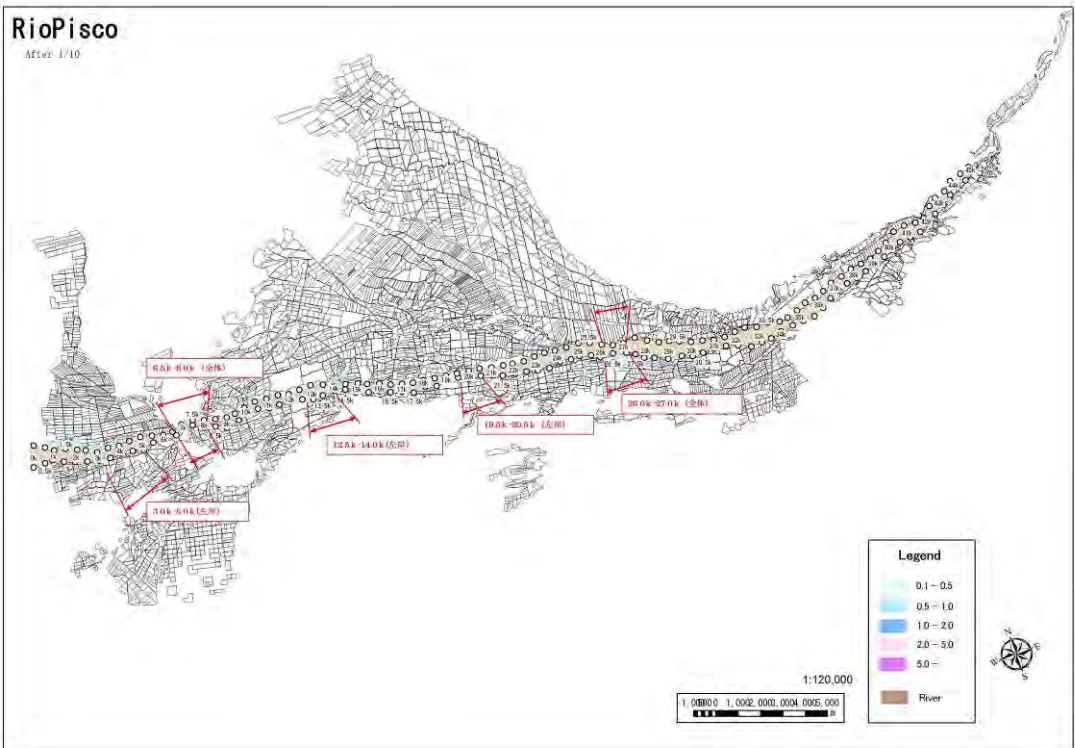


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

④ Río Pisco (periodo de retorno de 1/25), situación actual

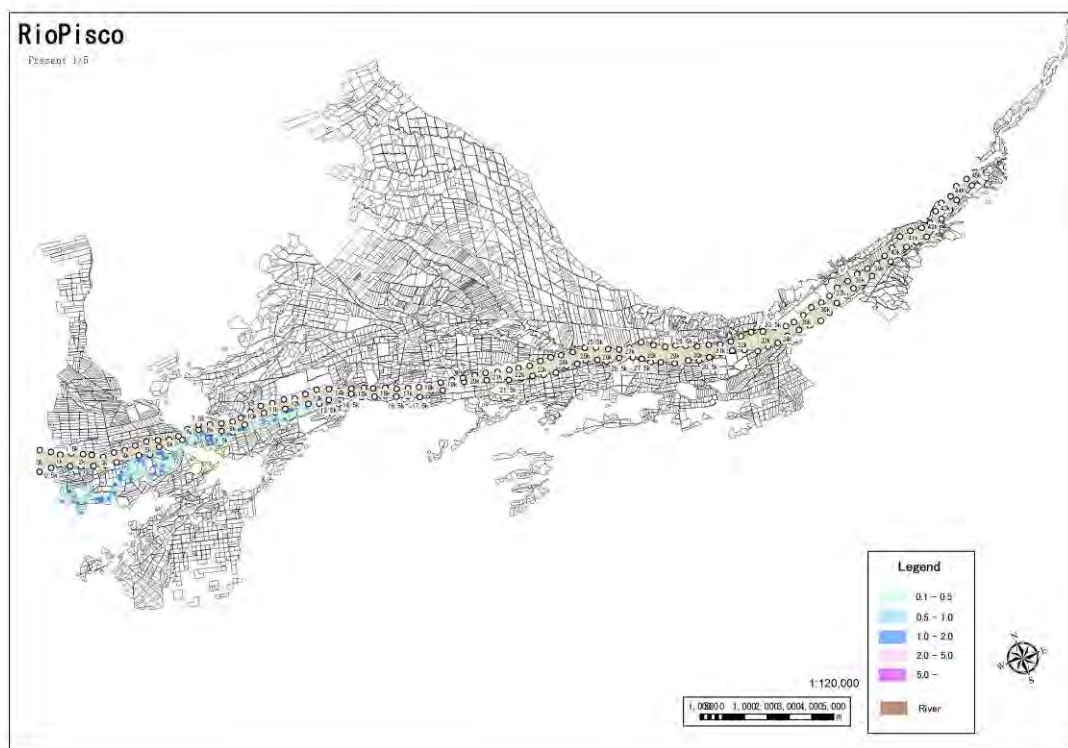


④ Río Pisco (periodo de retorno de 1/10), después de la toma de medidas

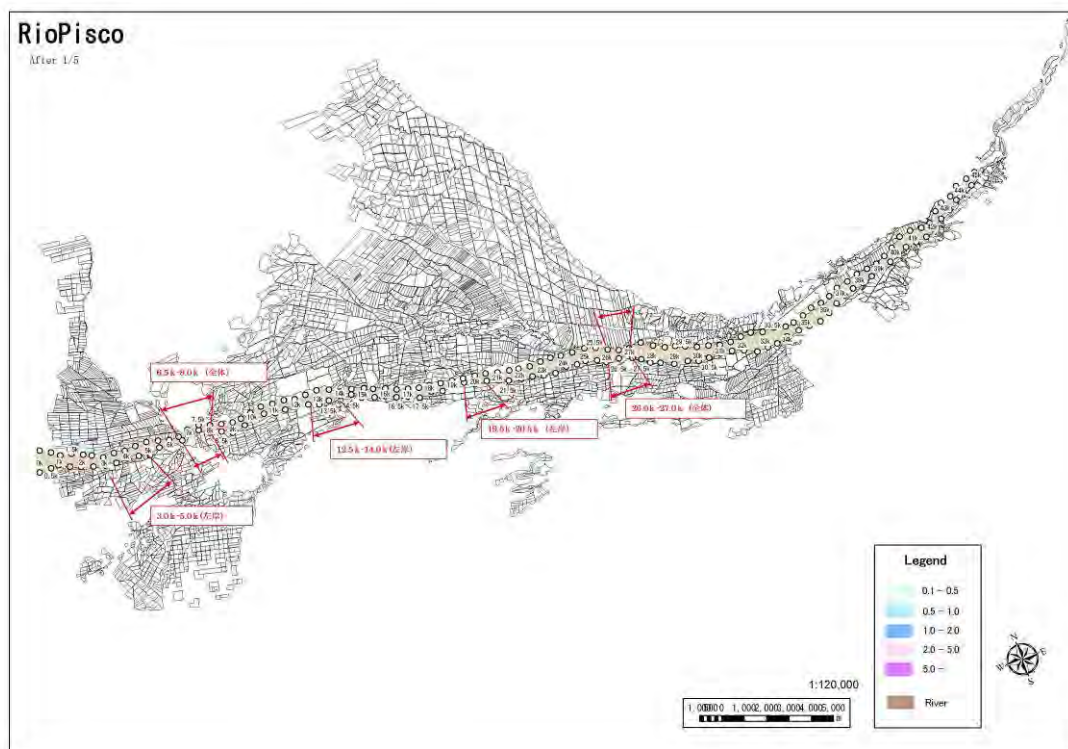


ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES

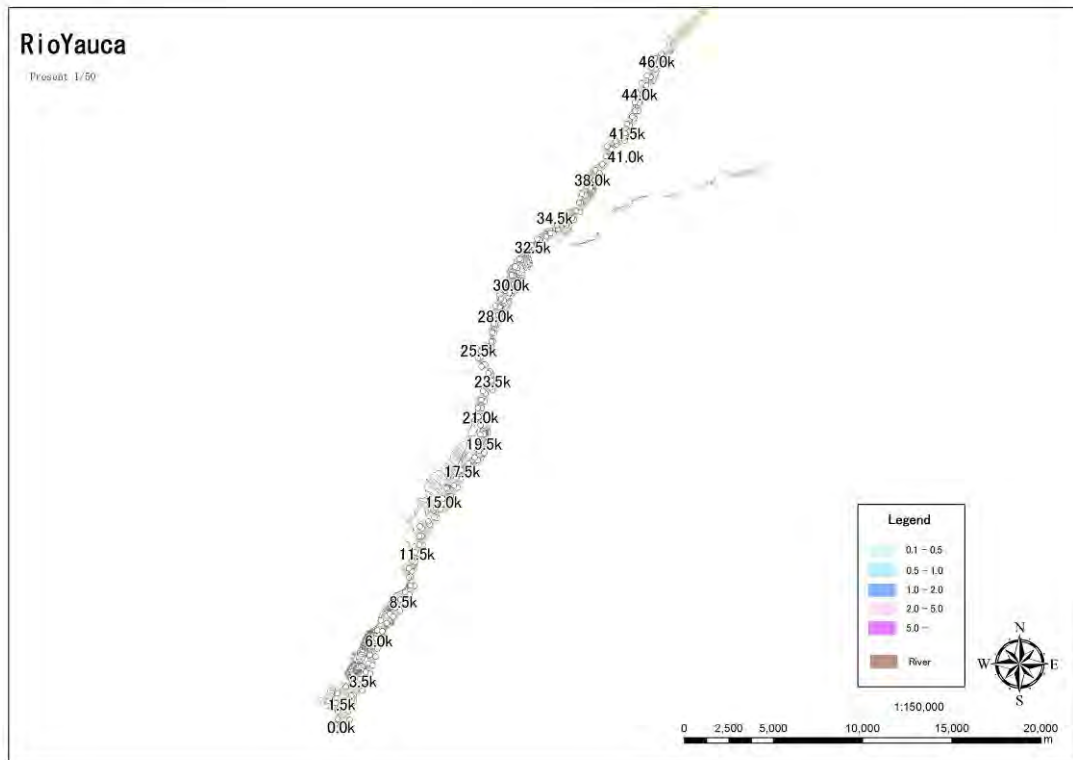
④ Río Pisco (periodo de retorno de 1/5), situación actual



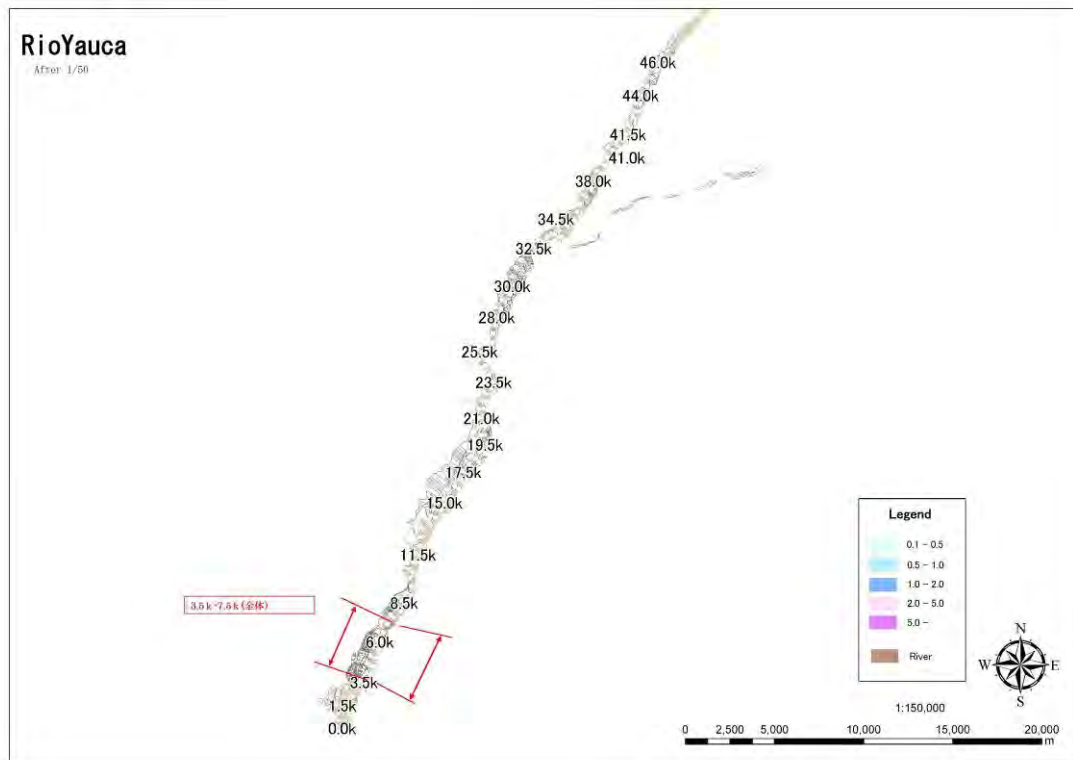
④ Río Pisco (periodo de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



⑤ **Río Yauca (periodo de retorno de 1/50), situación actual**

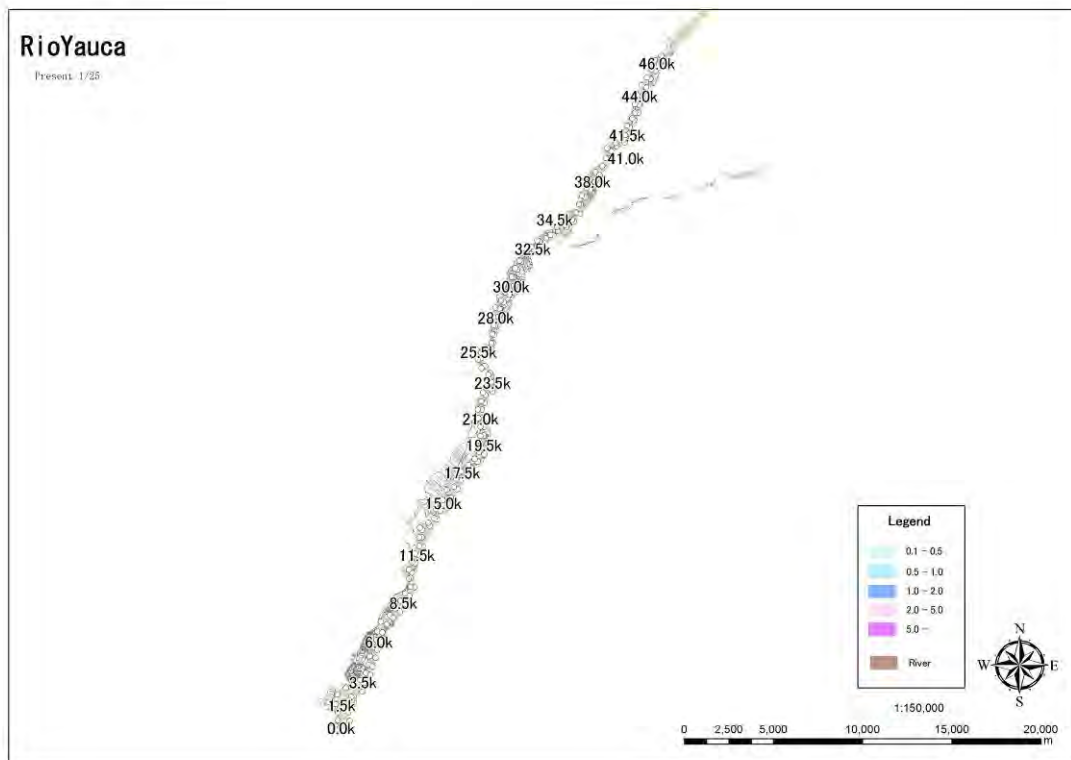


⑤ **Río Yauca (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas**

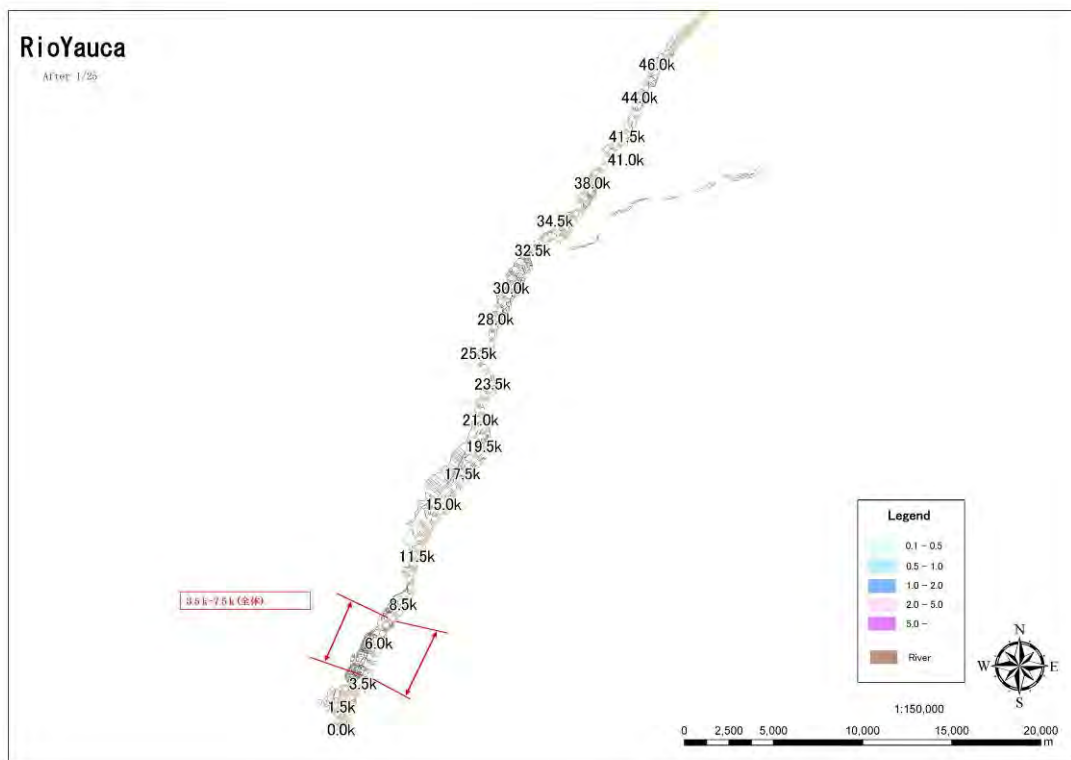


*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y
POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO-2 ANÁLISIS DE INUNDACIONES*

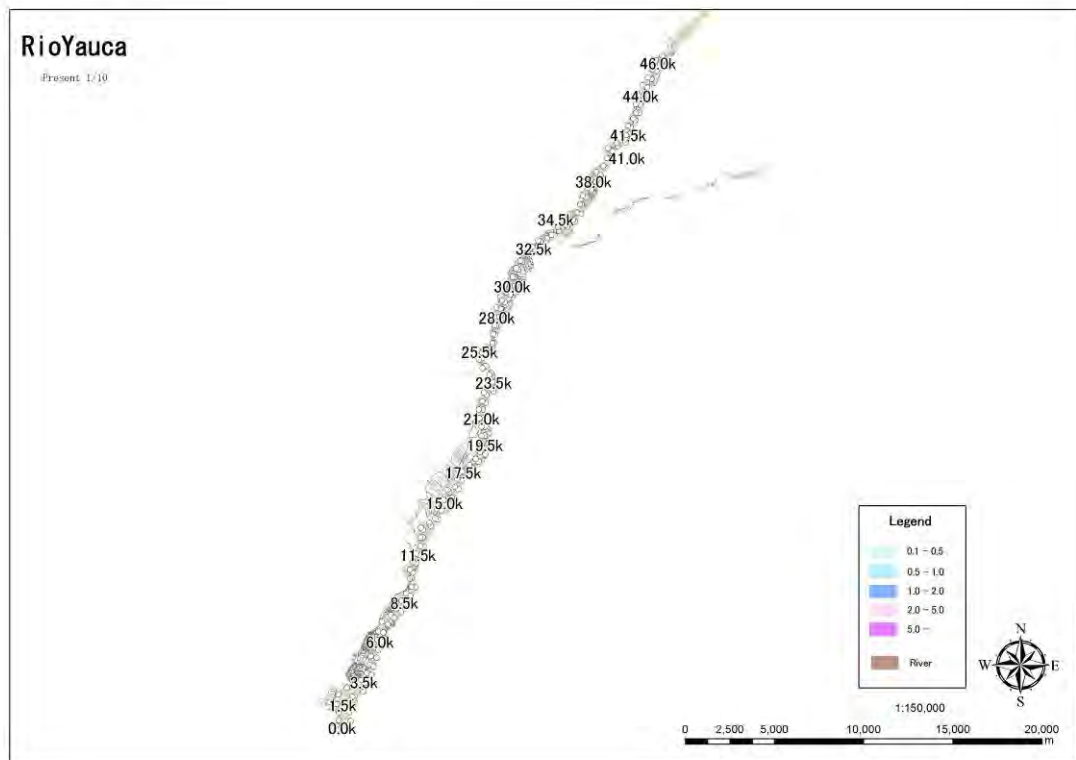
⑤ **Río Yauca (periodo de retorno de 1/25), situación actual**



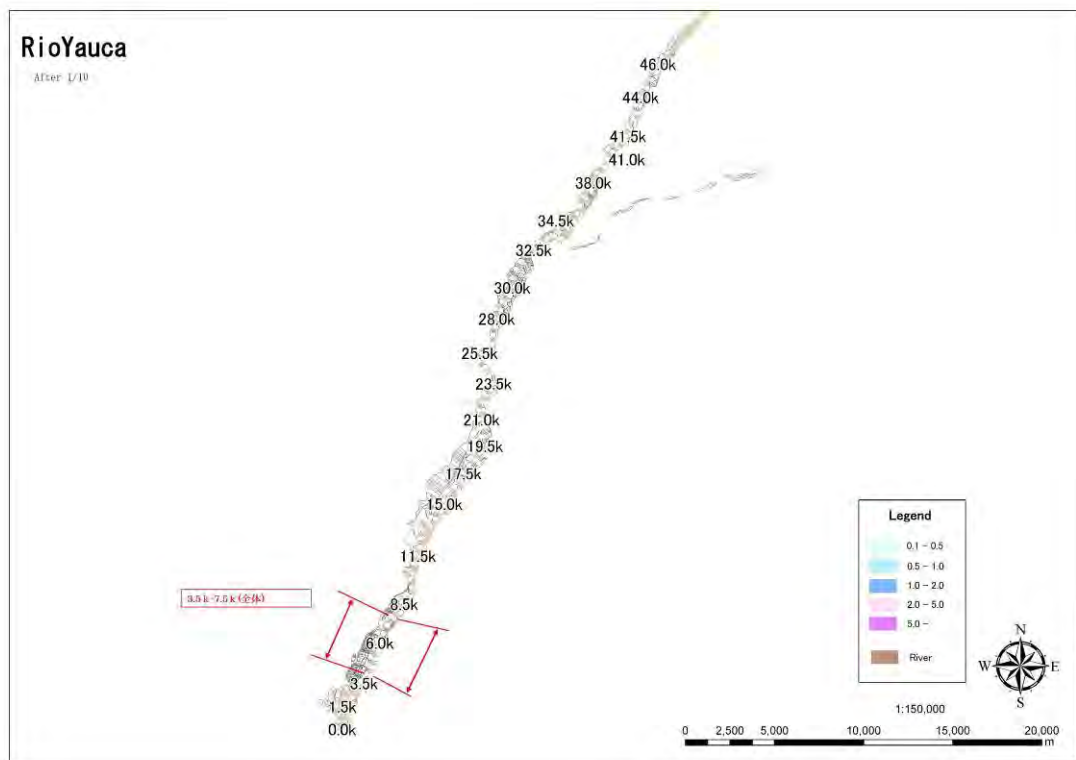
⑤ **Río Yauca (periodo de retorno de 1/25), después de la toma de medidas**



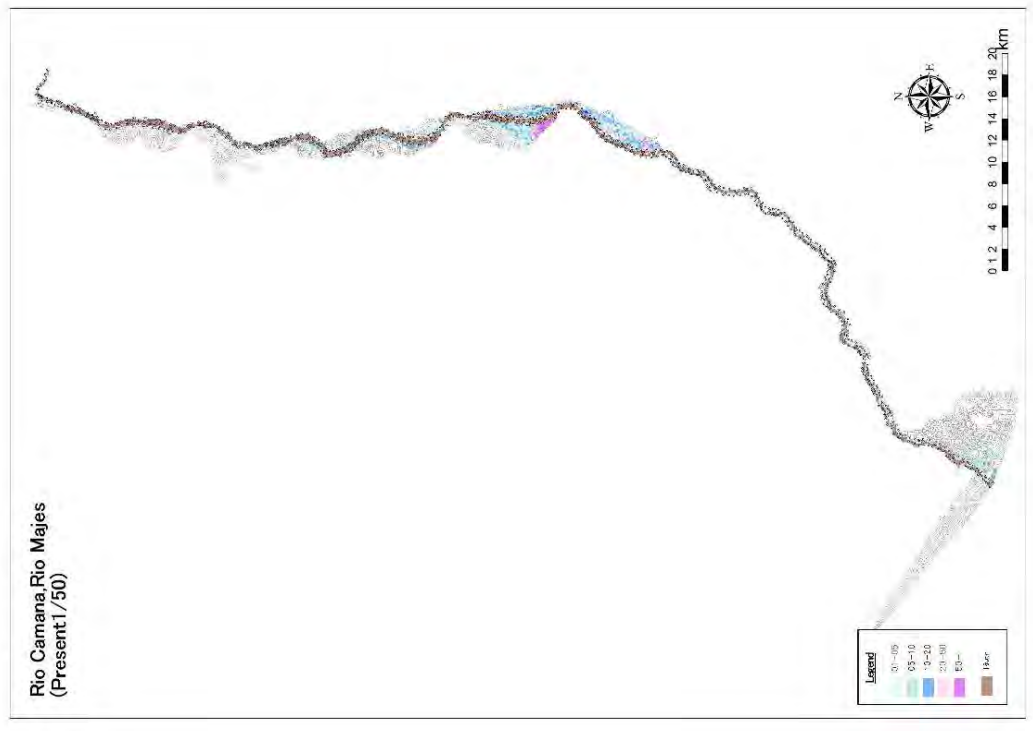
⑤ Río Yauca (periodo de retorno de 1/10), situación actual



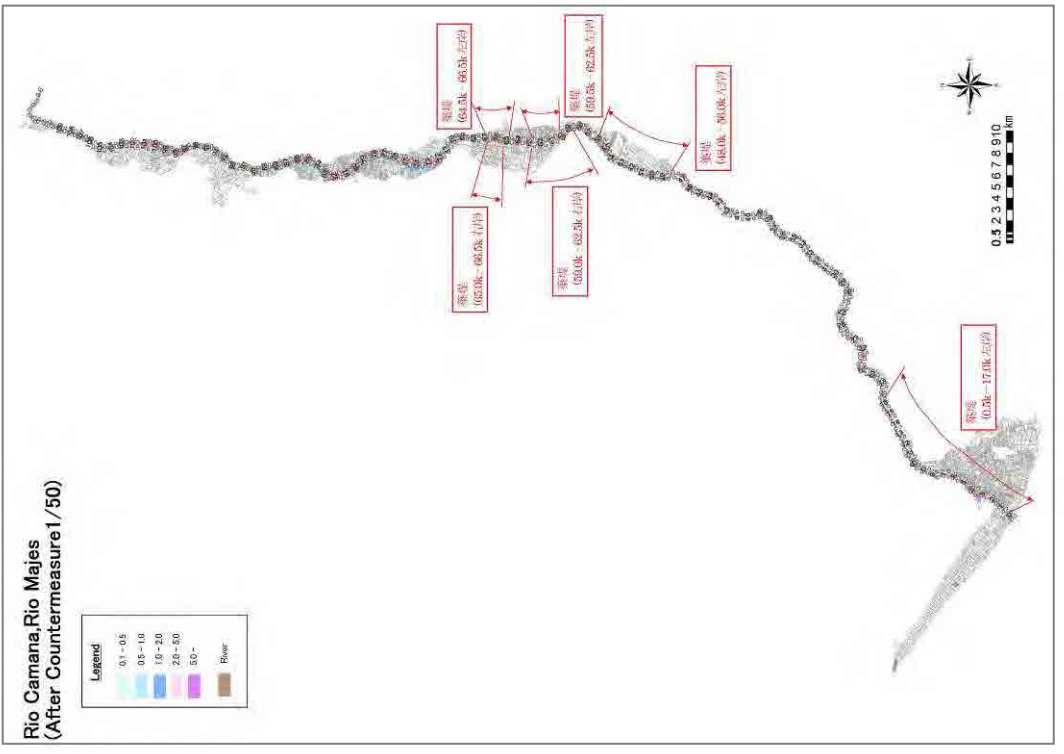
⑤ Río Yauca (periodo de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



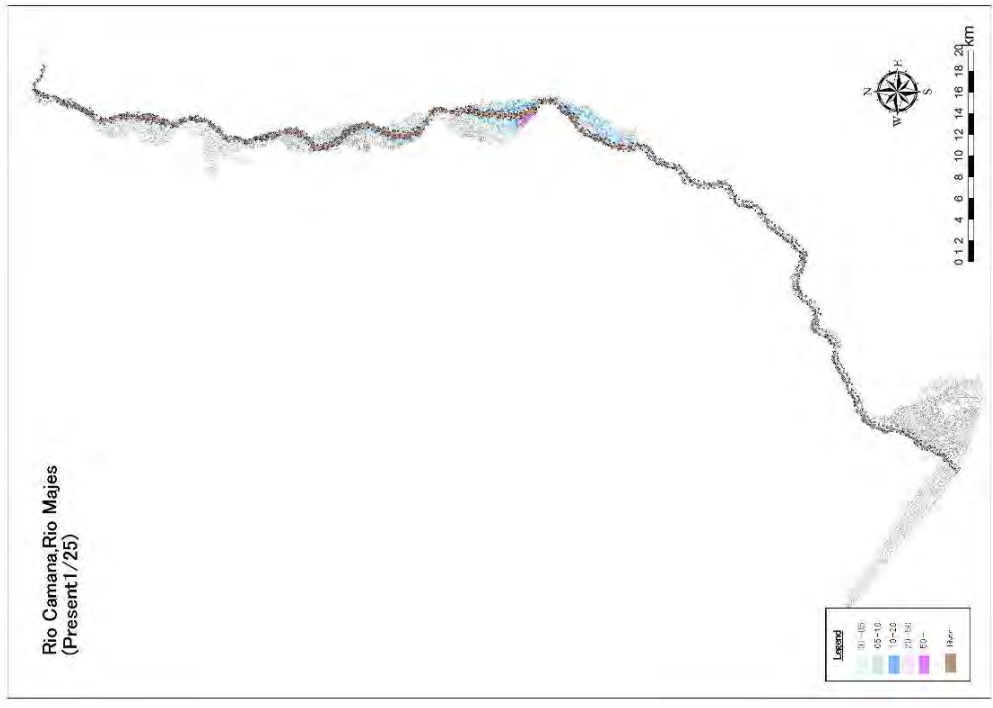
⑥ Ríos Camaná y Majes (periodo de retorno de 1/50), situación actual



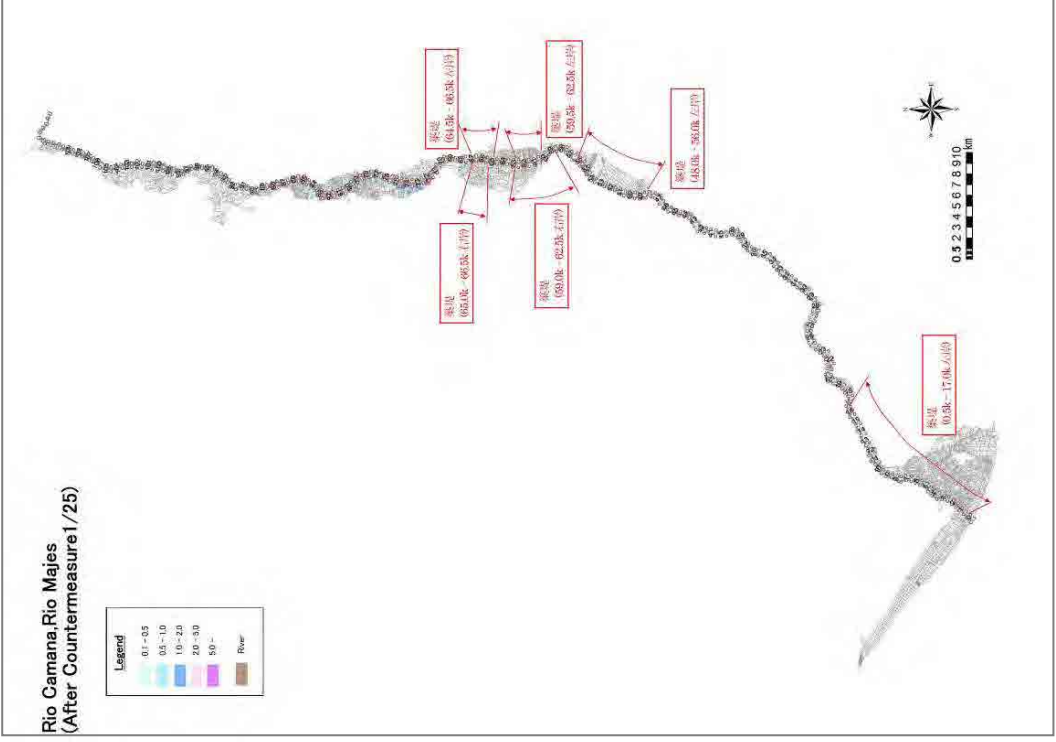
⑥ Ríos Camaná y Majes (periodo de retorno de 1/50), después de la toma de medidas



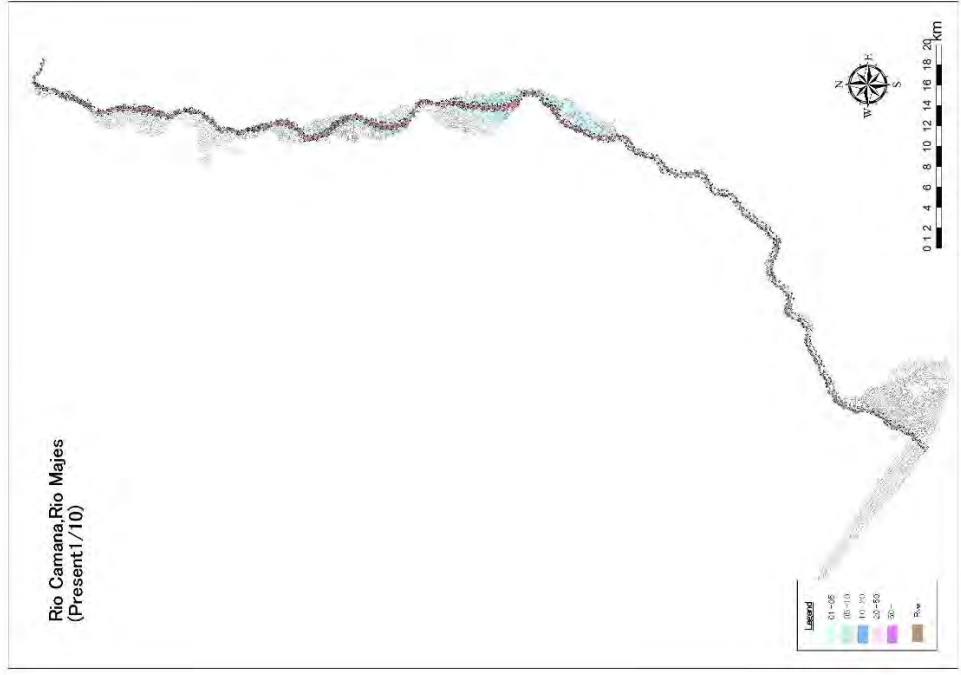
⑥ Ríos Camaná y Majes (período de retorno de 1/25), situación actual



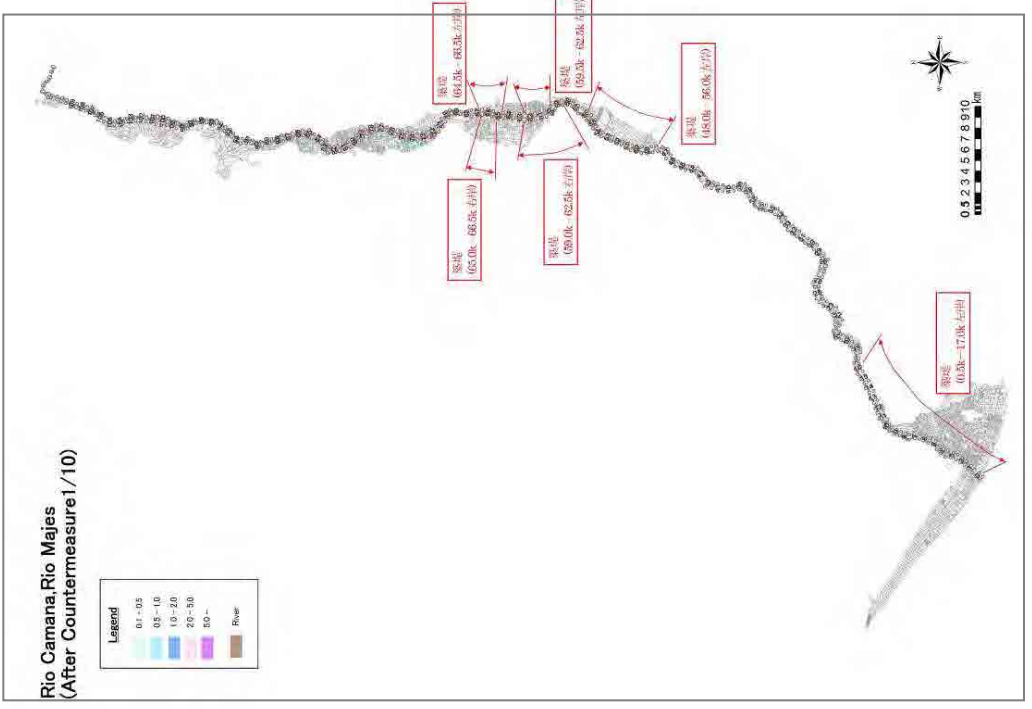
⑥ Ríos Camaná y Majes (período de retorno de 1/25), después de la toma de medidas



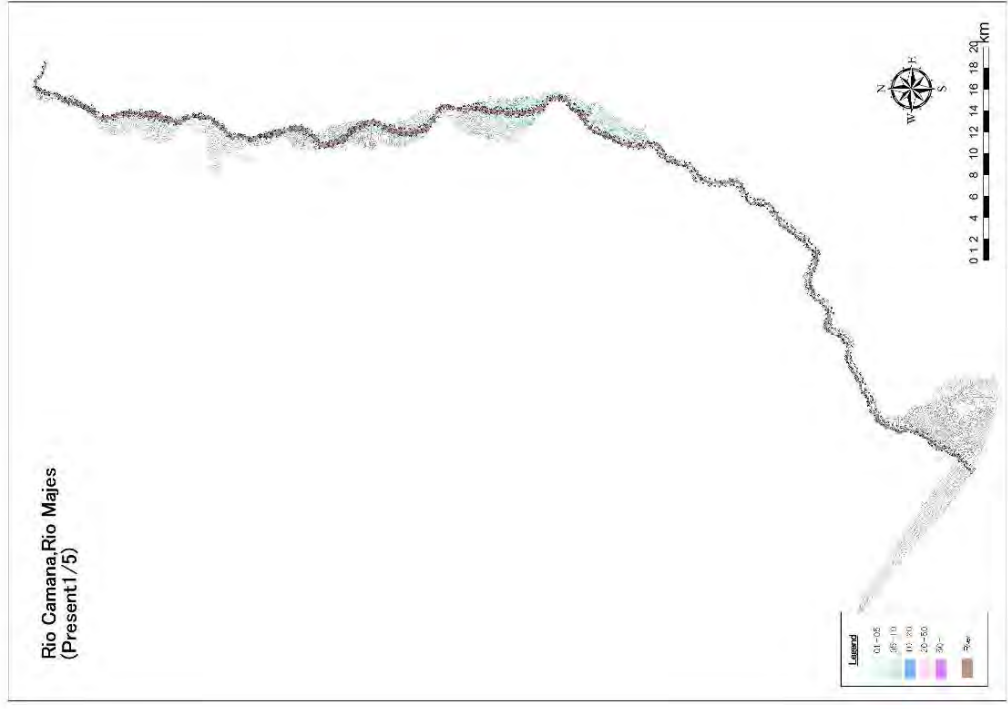
⑥ Ríos Camaná y Majes (período de retorno de 1/10), situación actual



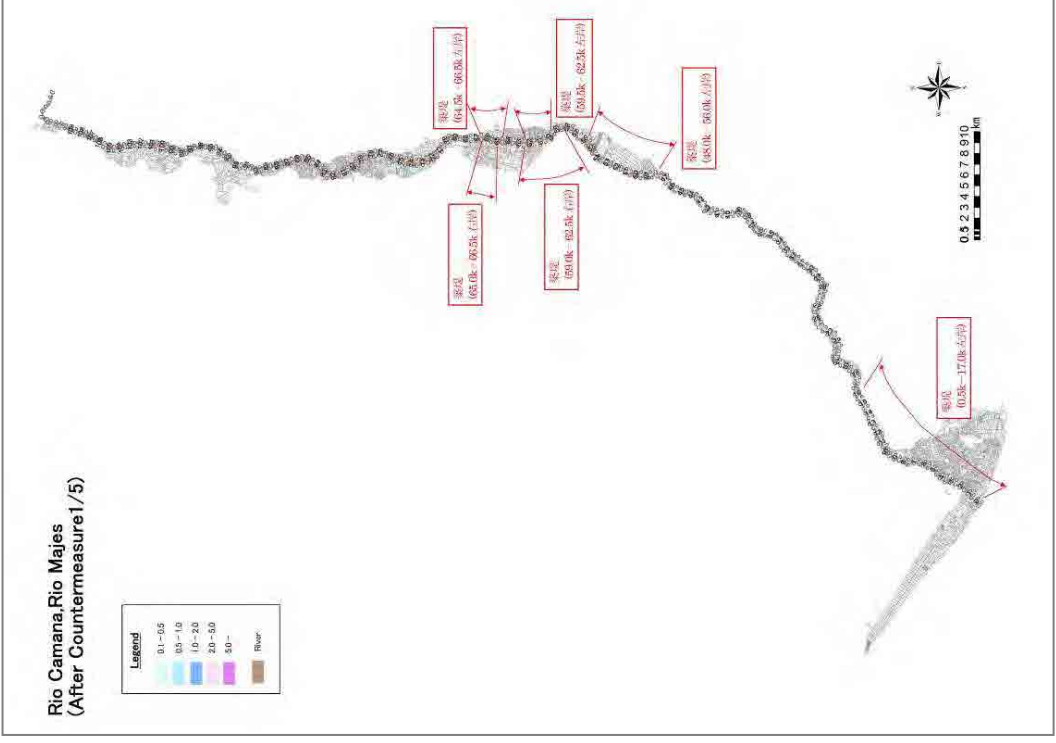
⑥ Ríos Camaná y Majes (período de retorno de 1/10), después de la toma de medidas



⑥ Ríos Camaná y Majes (período de retorno de 1/5), situación actual



⑥ Ríos Camaná y Majes (período de retorno de 1/5), después de la toma de medidas



Ministerio de Agricultura
República de Perú

**ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ**

INFORME FINAL

INFORME PRINCIPAL

I-6 INFORME DE SOPORTE

ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO

Marzo de 2013

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
Nippon Koei Co., Ltd
Nippon Koei Latin America – Caribbean Co., Ltd.



Figura Área del Estudio

**ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE
 PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE
 INUNDACIONES EN
 LA REPÚBLICA DEL PERÚ
 INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL
 I-6 INFORME DE SOPORTE
 ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO**

Índice

Capítulo I	Resumen del análisis	1
1.1	Flujo de estudio.....	1
1.2	Resumen del análisis sobre la variación del lecho fluvial.....	2
1.3	Condiciones principales de cálculo.....	7
1.3.1	Cálculo de la sección	7
1.3.2	Distribución granulométrica del lecho fluvial	12
1.3.3	Condiciones del caudal.....	20
1.3.4	Condiciones de la entrada de sedimentos	24
1.3.5	Otros	26
Capítulo II	Resultados de Análisis.....	27
2.1	Resultados del análisis (comparación de los 6 ríos).....	27
2.2	Tendencia de la futura variación del lecho en los ríos	30
2.3	Estudio sobre la necesidad de mantenimiento del lecho	46
2.4	Estudio sobre la necesidad de tomar medidas.....	52

Figuras y Tablas

Figura- 1.1-1	Flujo general de estudio del presente análisis.....	1
Figura- 1.2-1	Esquema del modelo de variación del lecho fluvial	3
Figura- 1.2-2	Flujo principal del cálculo de variación del lecho fluvial.....	6
Figura- 1.3-1	Altura media del lecho fluvial (Río Chira)	8
Figura- 1.3-2	Altura media del lecho fluvial (Río Cañete)	8
Figura- 1.3-3	Altura media del lecho fluvial (Río Chincha (río Chico))	9
Figura- 1.3-4	Altura media del lecho fluvial (Río Chincha (río Matagente)).....	9
Figura- 1.3-5	Altura media del lecho fluvial (Río Pischo)	10
Figura- 1.3-6	Altura media del lecho fluvial (Río Yauca)	10
Figura- 1.3-7	Altura media del lecho fluvial (Río majes y Camaná).....	11
Figura- 1.3-8	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chira)	16

Figura- 1.3-9	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Cañete)	16
Figura- 1.3-10	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (RíoChincha (río Chico))	17
Figura- 1.3-11	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chincha (río Matagente)).....	17
Figura- 1.3-12	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Pisco).....	18
Figura- 1.3-13	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Yauca).....	18
Figura- 1.3-14	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Majes y Camaná)....	19
Figura- 1.3-15	Caudal máximo anual (valor medido: Río Chira: caudal entrante a la presa Poechos) .	22
Figura- 1.3-16	Caudal máximo anual (valor medido: Río Chira: descarga de la presa Poechos).....	22
Figura- 1.3-17	Caudal máximo anual (valor medido: Río Cañete).....	22
Figura- 1.3-18	Caudal máximo anual (valor medido: Río Chincha)	23
Figura- 1.3-19	Caudal máximo anual (valor medido: Río Pisco)	23
Figura- 1.3-20	Caudal máximo anual (valor medido: Río Yauca)	23
Figura- 1.3-21	Caudal máximo anual (valor medido: Río Majes y Camaná).....	23
Figura- 2.1-1	Resultados del análisis 1 (comparación de la cantidad de sedimentos)	28
Figura- 2.1-2	Resultados del análisis 2 (comparación de la variación dela altura del lecho)	28
Figura- 2.1-3	Comparación de la superficie de la cuenca.....	29
Figura- 2.2-1	Resultados del análisis (Río Chira).....	35
Figura- 2.2-2	Resultados del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos entrantes en una cantidad equilibrada).....	36
Figura- 2.2-3	Resultados del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos entrantes en la mitad de una cantidad equilibrada).....	37
Figura- 2.2-4	Resultados del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos entrantes en una 1/4 parte de la cantidad equilibrada).....	38
Figura- 2.2-5	Resultados del análisis (Río Chincha (Chico): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Chico)).....	39
Figura- 2.2-6	Resultados del análisis (Río Chincha (Chico): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Chico).....	40
Figura- 2.2-7	Resultados del análisis (Río Chincha (Matagente): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Matagente).....	41
Figura- 2.2-8	Resultados del análisis (Río Chincha (Matagente)): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Matagente	42
Figura- 2.2-9	Resultados del análisis (Río Pisco)	43
Figura- 2.2-10	Resultados del análisis (Río Yauca)	44
Figura- 2.2-11	Resultados del análisis (Río Majes y Camaná).....	45
Figura- 2.3-1	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chira).....	48
Figura- 2.3-2	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Cañete)	48
Figura- 2.3-3	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chincha-Chico)	49
Figura- 2.3-4	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chincha-Matagente)	49
Figura- 2.3-5	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Pisco).....	50

Figura- 2.3-6	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Yauca)	50
Figura- 2.3-7	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Majes-Camaná)	51
Figura- 2.4-1	Forma longitudinal respecto a la altura media del lecho del río Chira	53
Figura- 2.4-2	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Cañete	53
Figura- 2.4-3	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Matagente.....	53
Figura- 2.4-4	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Pisco.....	54
Figura- 2.4-5	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Yauca.....	54
Figura- 2.4-6	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Majes-Camaná	54
Tabla- 1.2-1	Resumen del modelo de análisis sobre la variación del lecho fluvial	2
Tabla- 1.3-1	Resultados del levantamiento transversal utilizados para el cálculo	7
Tabla- 1.3-2	Resultados del levantamiento transversal utilizados para el cálculo	12
Tabla- 1.3-3	Clasificación granulométrica utilizada para el cálculo	20
Tabla- 1.3-4	Estado de medición del caudal en los 5 ríos objetivos y aplicación a condiciones de cálculo	21
Tabla- 1.3-5	Establecimiento del volumen de sedimentos ingresados	25
Tabla- 1.3-6	Otras condiciones para el cálculo (5 ríos objetivos)	26
Tabla- 2.1-1	Resultados del análisis (1)	28
Tabla- 2.1-2	Situación de los lugares con una subida notable del lecho	29
Tabla- 2.2-1	Casos de Cañete objeto de estudio.....	31
Tabla-2.2-2	Elementos de la presa Pantanal	31
Tabla-2.2-3	Estado de las instalaciones de la presa Pantanal	32
Tabla- 2.3-1	Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 1)	46
Tabla- 2.3-2	Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 2).....	47
Tabla- 2.4-1	Lugares de sedimentos acumulados en el cauce actual.....	52

Capítulo I Resumen del Análisis

Para elaborar un plan de control de inundaciones para el curso fluvial, se requiere prever futura variación de la altura del lecho, y mantener la seguridad de dicho control a largo plazo.

En el presente análisis, se han realizado simulaciones numéricas para los próximos 50 años, en cuanto a la variación de altura del lecho del curso fluvial de los 6 ríos (valles) objeto del estudio, a fin de extraer los posibles problemas que se deberían tener en cuenta para la elaboración del plan de dicho curso, aclarando los lugares que podrían experimentar una subida o bajada del lecho a largo plazo.

1.1 Flujo de estudio

En la figura 1.1-1 se muestra el flujo de estudio del presente análisis.

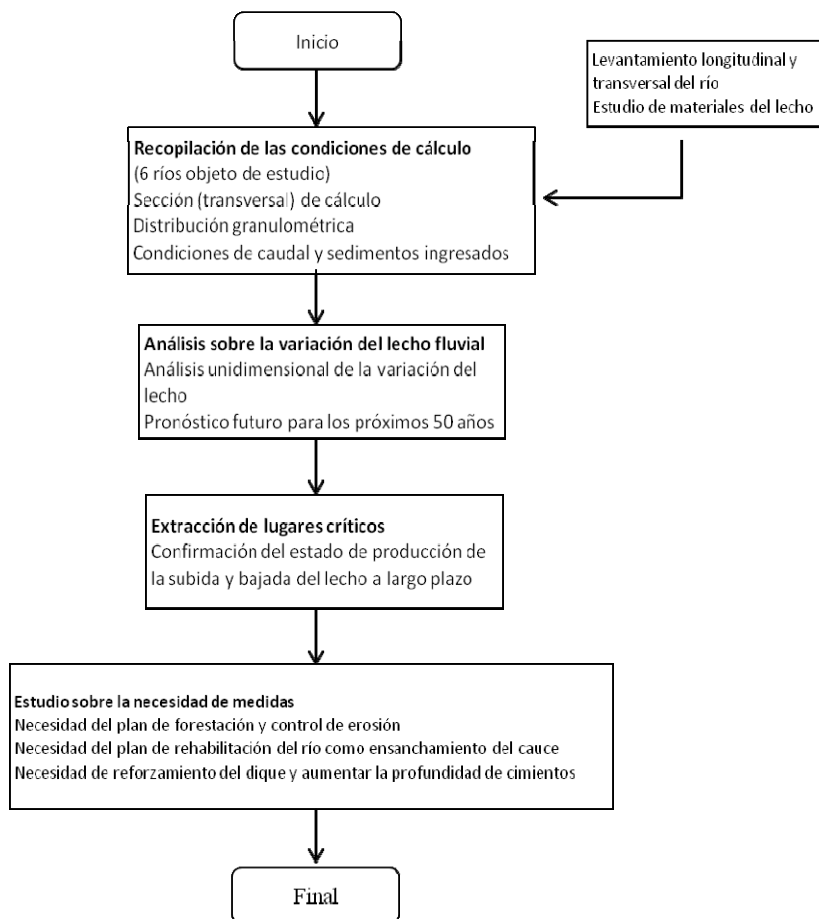


Figura 1.1-1 Flujo general de estudio del presente análisis

1.2 Resumen del análisis sobre la variación del lecho fluvial

Para el análisis sobre el cambio del lecho fluvial, se ha utilizado el modelo de análisis unidimensional y longitudinal del curso. El objetivo principal del presente estudio consiste en realizar un pronóstico a un largo plazo de 50 años, así como en conocer la bajada o subida del lecho debida al estrechamiento o ensanchamiento del río, además de la variación media de la altura del lecho debida al cambio de la cantidad de sedimentos que afluyen desde río arriba. Se considera que el modelo unidimensional de cambio del lecho fluvial resulta el más adecuado para lograr el objetivo arriba indicado, en función del tiempo real y para realizar evaluaciones correctas. En la tabla 1.2-1 se muestra el resumen del modelo utilizado para el presente análisis.

Tabla 1.2-1 Resumen del modelo de análisis sobre la variación del lecho fluvial

Ítem	Contenido
Cálculo del agua corriente	Modelo unidimensional de flujo variado
Cálculo de sedimentos movedizos	Modelo unidimensional de variación del lecho fluvial con partículas de diferentes tamaños mezcladas
Sedimentos arrastrados	Fórmula del transporte de sedimentos de Ashida y Michiue
Sedimentos suspendidos	Se considera el desequilibrio de sedimentos suspendidos. Para la densidad del nivel base se adopta la fórmula de Ashida y Michiue.
Método de solución	Método de MacCormack

(1) Ecuaciones básicas

Existen ecuaciones básicas para el agua corriente y para los sedimentos movedizos. En cuanto al agua corriente, se pueden mencionar la ecuación de continuidad del agua y la ecuación de movimiento de la misma; y en cuanto a los sedimentos movedizos, se pueden citar la ecuación de continuidad de sedimentos y la ecuación de transporte de los sedimentos suspendidos, así como la ecuación de balance de los sedimentos en capas de intercambio.

El área de cálculo, tal como se muestra en la figura 1.2-1, consta de 3 áreas, que son: lecho fijo, lecho de desplazamiento y agua corriente. El eje X es positivo cuando la dirección es hacia río abajo, mientras que el eje Z es positivo cuando su sentido es hacia arriba.

A continuación se muestran las ecuaciones básicas.

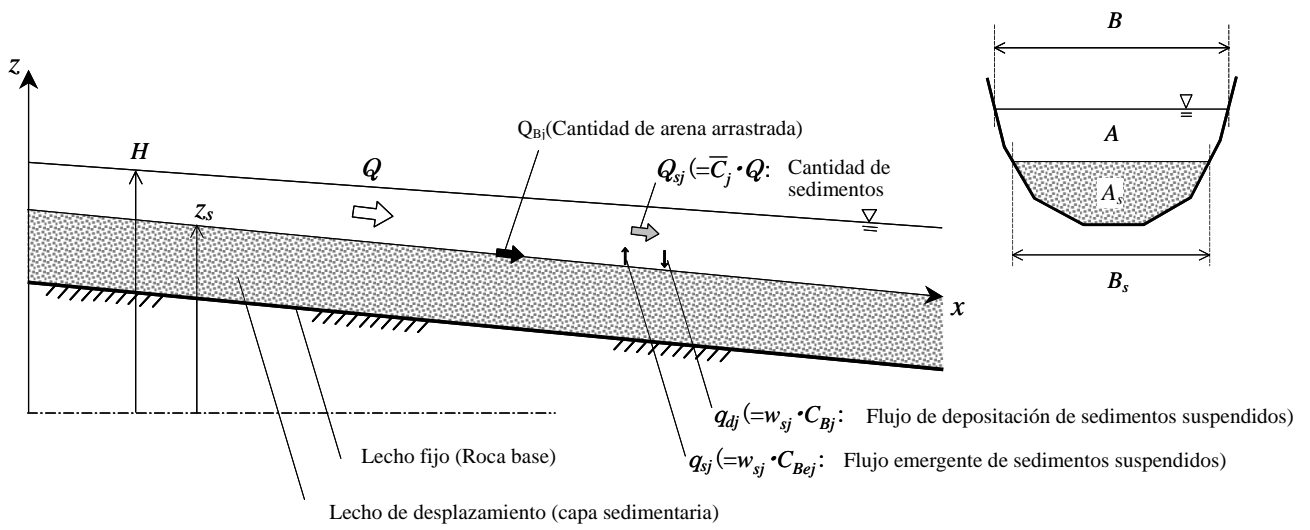


Figura 1.2-1 Esquema del modelo de cambio del lecho fluvial

Ecuación de continuidad de la corriente

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Ecuación de movimiento de la corriente

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) = -gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + I_e \right) \quad \text{Ecuación (2)}$$

Ecuación de continuidad de sedimentos movedizos

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_j Q_{Bj} \right) + \sum_j B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} = 0 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Ecuación de transporte de sedimentos suspendidos según la granulometría

$$\frac{\partial (\bar{C}_j A)}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{C}_j Q)}{\partial x} = B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \quad \text{Ecuación (4)}$$

Ecuación de balance de sedimentos según la granulometría en la capa de intercambio

Cuando sube el nivel del lecho

$$\frac{\partial (P_{sj} A_{sa})}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{Bj}}{\partial x} + B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} - P_{s1j} \left(\frac{\partial A_{sb}}{\partial t} \right) \quad \text{Ecuación (5)}$$

Cuando baja el nivel del lecho

$$\frac{\partial (P_{sj} A_{sa})}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{Bj}}{\partial x} + B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} - P_{oj} \left(\frac{\partial A_{sb}}{\partial t} \right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$q_{sj} = w_{sj} C_{Bej} \quad \cdot \cdot \cdot \text{Cantidad emergente de sedimentos suspendidos}$$

Ecuación (7)

$$q_{dj} = w_{sj} C_{Bj} \quad \cdot \cdot \cdot \text{Cantidad depositada de sedimentos suspendidos}$$

Ecuación (8)

Donde, “A” es la sección del agua corriente (m²), “Q” es el caudal (m³/s), “t” es el tiempo (s), “x” es la distancia hacia río abajo (m), “z” es la altura vertical desde la posición de base (m), “g” es la velocidad de aceleración por gravedad (m/s²), “H” es la altura del nivel del agua (m), “As” es la superficie transversal del lecho (m²), “λ” es la porosidad del lecho, “QBj” es la cantidad de sedimentos arrastrados (m³/s), “qsj” es el flujo emergente de los sedimentos suspendidos (m/s), “qdj” es el flujo de depositación de los sedimentos suspendidos (m/s), “wsj” es la velocidad de depositación de partículas de tierra (m/s), “CBj” es la densidad de la cara inferior de los sedimentos suspendidos (m³/m³). “Cj”, es la densidad seccional media de los

sedimentos suspendidos (m^3/m^3), “R” es el radio hidráulico (m), “CBej” es la densidad del nivel base de los sedimentos suspendidos (m^3/m^3), “P_{sj}” es la proporción granulométrica en la capa de intercambio, “Asa” es la sección de la capa de intercambio (m^2), “Asb” es la sección del lecho fluvial sin capa de intercambio (m^2), “P_{s1j}” es “P_{sj}” antes de “dt”, “P_{oj}” es la proporción granulométrica que ocupa el bloque de tierra justo por debajo de la capa de intercambio, “a” es el espesor de la capa de intercambio (m), “Bsu” es el ancho del canal de agua donde se producen la flotación y depositación de sedimentos suspendidos (m), y “n” es el coeficiente de rugosidad de Manning.

(2) Procedimiento de cálculo

En la figura 1.2-2 se muestra el flujo general de cálculo de variación del lecho fluvial. Primeramente, se obtienen la forma de la superficie del agua y la distribución longitudinal de la velocidad de flujo mediante el cálculo del campo de flujo, y después de esto, se calcula la cantidad de sedimentos movedizos (sedimentos arrastrados y sedimentos suspendidos), mediante la fórmula de la cantidad hidráulica y cantidad de sedimentos movedizos. A continuación, se calcula la variación del lecho fluvial utilizando la cantidad de sedimentos movedizos, y se obtiene así la forma del lecho fluvial. Por último, se calcula la distribución granulométrica de la cara de intercambio a partir de la forma del lecho y la cantidad de sedimentos movedizos últimamente calculada.

Aunque en los cálculos reales del campo de flujo y de la cantidad de sedimentos movedizos puede haber una cierta diferencia según el método de cálculo que se aplique, se lleva a cabo el cálculo de la variación del lecho fluvial, en principio, conforme a este flujo grama.

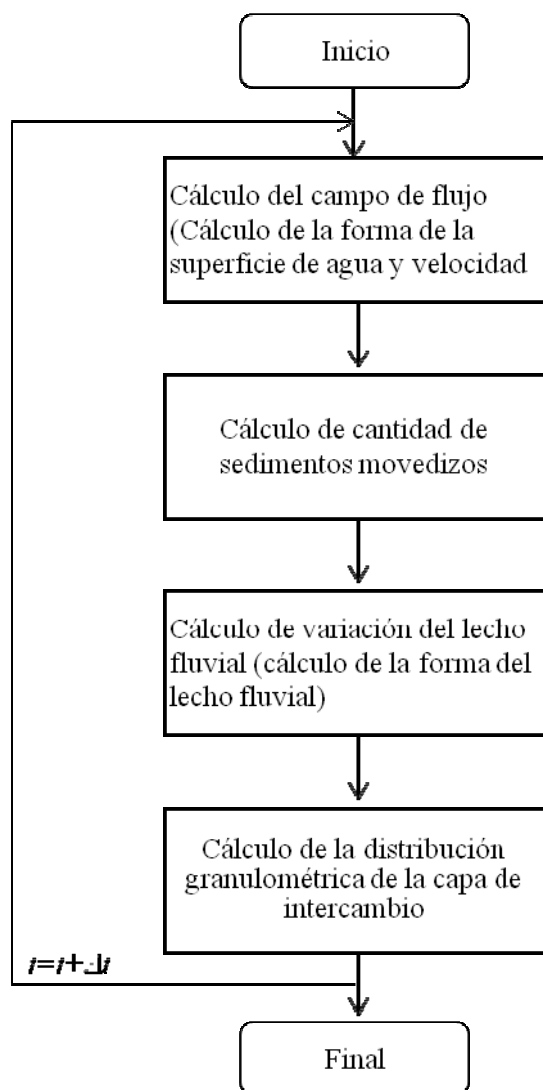


Figura 1.2-2 Flujo principal de cálculo de variación del lecho fluvial

1.3 Condiciones principales de cálculo

1.3.1 Cálculo de la sección

(1) Especificaciones de datos topográficos adoptados

Como resultado del estudio local, se ha aclarado que, respecto a datos topográficos que se puedan utilizar para el análisis de los 6 ríos objeto del proyecto, no existen otros que no sean los procedentes de los resultados del levantamiento transversal y longitudinal realizado en el presente estudio. Por lo tanto, para el análisis sobre la variación del lecho fluvial, se ha decidido utilizar básicamente dichos resultados. Los resultados del levantamiento utilizados para cada uno de los ríos son tal como se mencionan en la tabla 1.3-1.

Tabla 1.3-1 Resultados de levantamiento transversal utilizados para el cálculo

Río	Longitud del tramo objeto	Intervalo de levantamiento	Fecha de levantamiento
Chira	99.5km	500m	Diciembre 2010
Cañete	32.5km	500m	Noviembre 2010
Chincha	46.0km	500m	Noviembre 2010
Pisco	45.0km	500m	Noviembre 2010
Yauca	46.0km	500m	Noviembre 2010
Majes y Camaná	115.0km	500m	Septiembre 2011

(2) Altura media del lecho fluvial

En el análisis unidimensional sobre la variación del lecho fluvial se realiza la estimación de la variación de la altura media del mismo, por lo tanto, como una de las condiciones iniciales de cálculo, se requiere poner en orden las alturas medias topográficas de los cursos actuales. Por esta razón, se han representado dichas alturas medias con gráficas de acuerdo con los resultados del levantamiento de cada río.

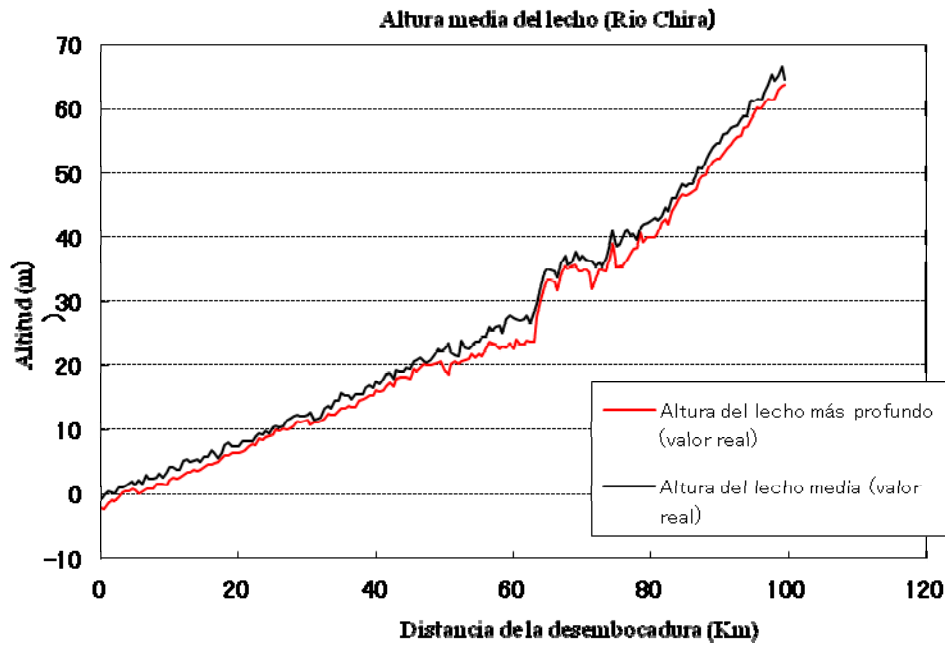


Figura 1.3-1 Altura media del lecho fluvial (Río Chira)

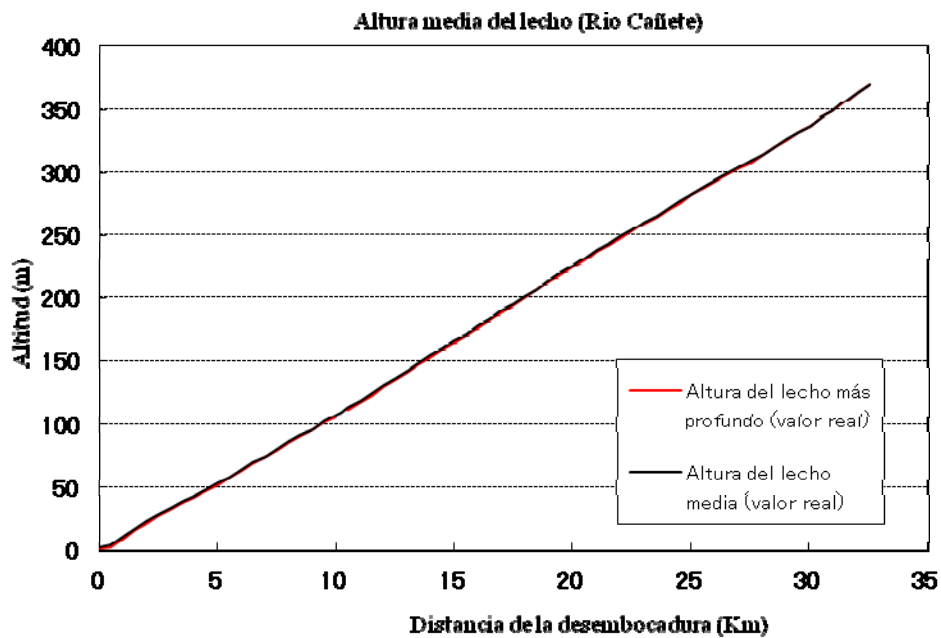


Figura 1.3-2 Altura media del lecho fluvial (Río Cañete)

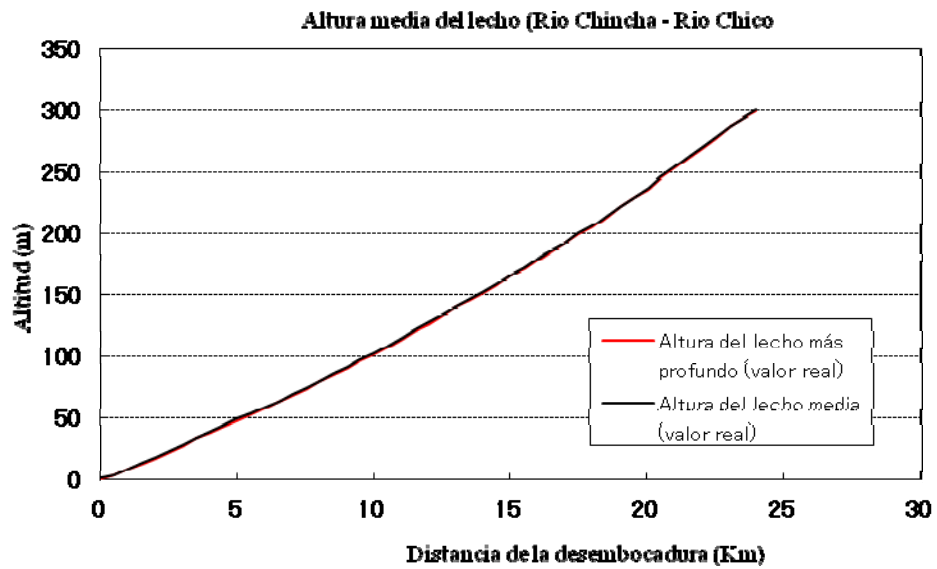


Figura 1.3-3 Altura media del lecho fluvial (Río Chinchá (Río Chico))

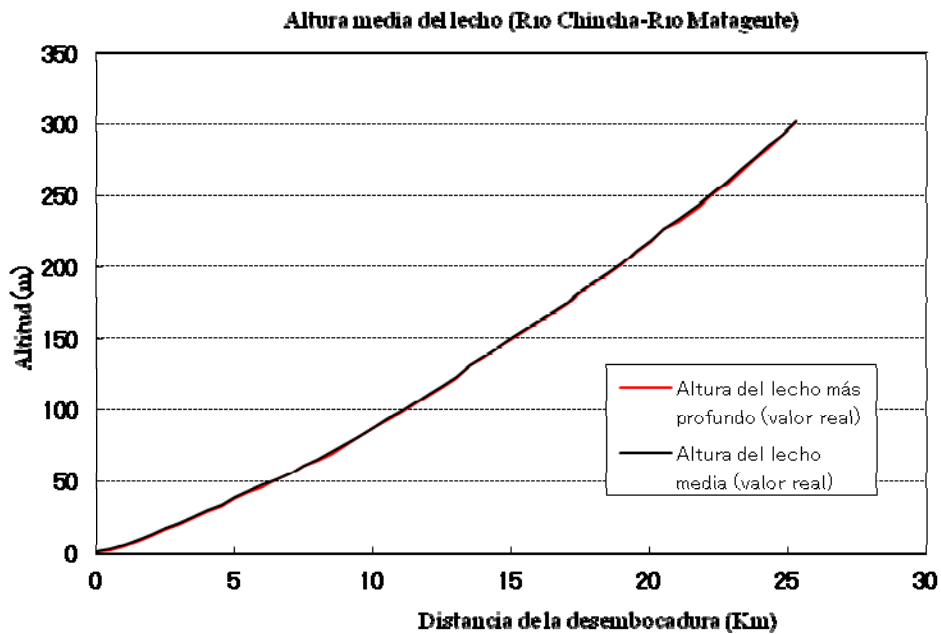


Figura 1.3-4 Altura media del lecho fluvial (Río Chinchá (Río Matagente))

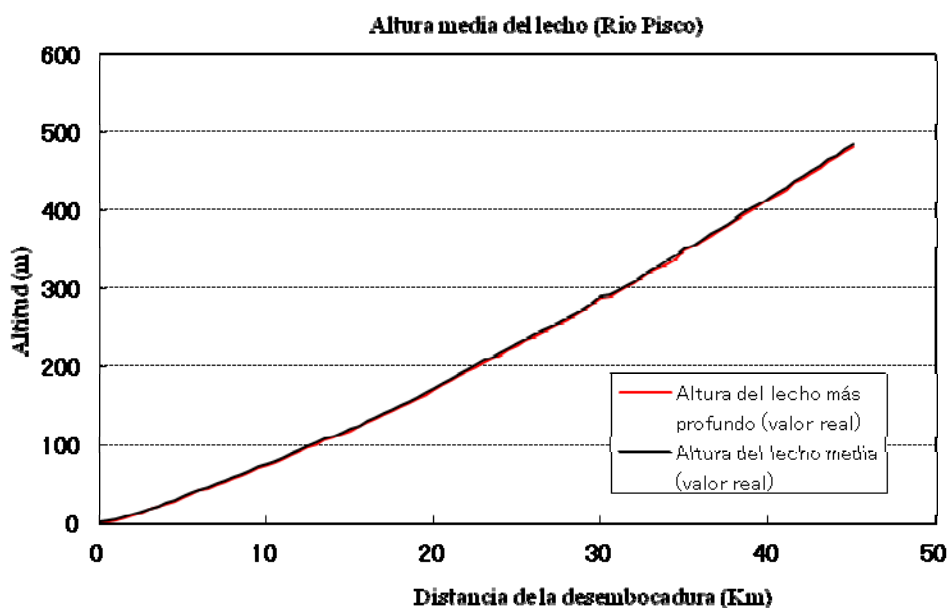


Figura 1.3-5 Altura media del lecho fluvial (Río Pisco)

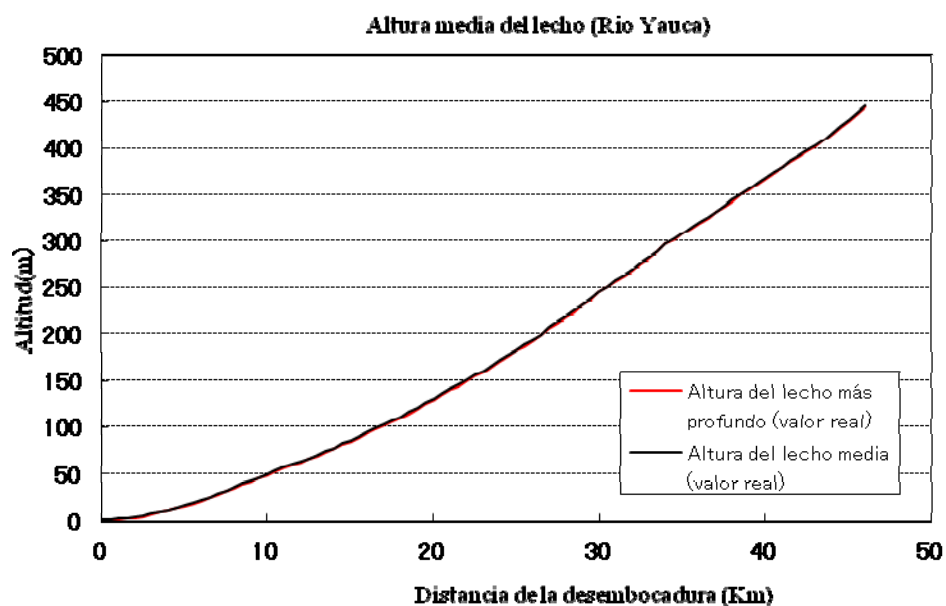


Figura 1.3-6 Altura media del lecho fluvial (Río Yauca)

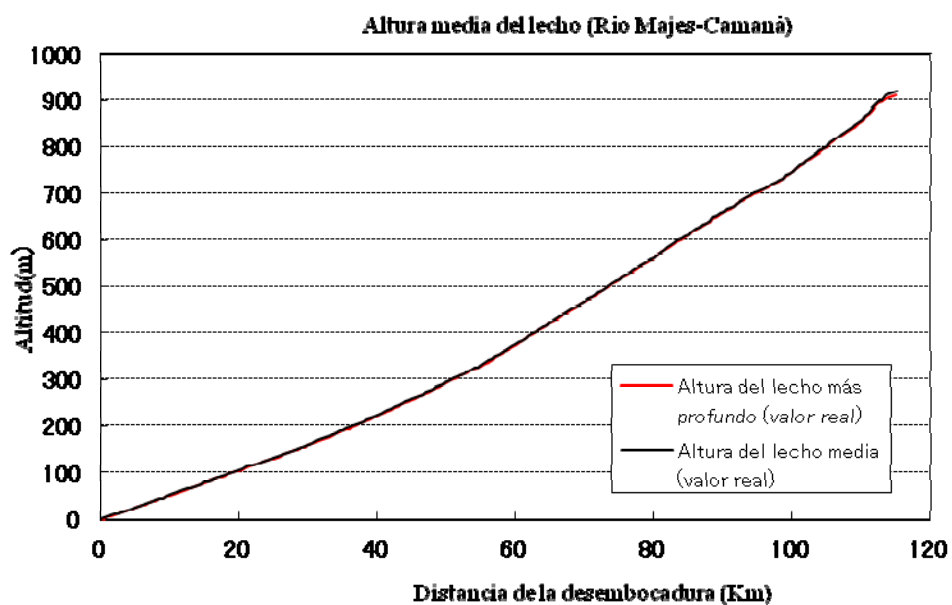


Figura 1.3-7 Altura media del lecho fluvial (Ríos Majes y Camaná)

1.3.2 Distribución granulométrica del lecho fluvial

En cuanto a la distribución granulométrica de los materiales del lecho fluvial, se ha realizado un estudio local en cada río para establecer las condiciones de distribución granulométrica. A continuación se muestran el resumen de dicho estudio y el resultado del mismo.

(1) Resumen del estudio

En la tabla 1.3-2 se muestra el resumen del estudio sobre los materiales del lecho fluvial. En cuanto al río Chicha, que se bifurca en dos ríos, se ha realizado el estudio para ambos.

Tabla 1.3-2 Resultados del levantamiento transversal utilizados para el cálculo

Río	No. de lugares de estudio	Puntos de estudio	Fecha de estudio
Chira	4 lugares	4k,42k,60k,93.5k	Diciembre 2010
Cañete	4 lugares	3k,12.5k,18k,25.5k	Noviembre 2010
Chincha	8 lugares (5 lugares en Chico) (3 lugares en Matagente)	Chico: 4k,11k,18k,21.5k,24.5k Matagente: 4k,12k,18k	Noviembre 2010
Pisco	4 lugares	5.5k,20k,35k,43k	Noviembre 2010
Yauca	4 lugares	5.5k,19k,29k,42k	Noviembre 2010
Majes y Camaná	5 lugares	7k,30k,55k,80k,100k	Septiembre 2011

(2) Método de estudio

Para realizar el estudio se ha establecido un área de muestreo de 1m x 1m en cada uno de los lugares de estudio, a fin de tomar muestras de los materiales componentes del lecho fluvial a una profundidad de 1m desde la superficie. A continuación, se han medido in situ el tamaño y peso de la grava con un diámetro superior a 76.2mm, y la arena con un diámetro inferior a 76.2mm se ha llevado al laboratorio para medir la distribución granulométrica mediante el tamizado. Finalmente, se han juntado todos los datos para determinar la distribución definitiva. En las fotografías desde 1.3-1 hasta 1.3-6 se muestra el aspecto del estudio local en cada río.



Vista panorámica del sector explorado

Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado

Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-1 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Chira No.3)



Vista panorámica del sector explorado

Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado

Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-2 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Cañete No.4)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-3 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Chíncha No.4)



Vista panorámica del sector explorado



Materiales extraídos de la excavación de calicata



Determinación del peso por tamaños de los materiales extraídos de la calicata



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado

Fotografía 1.3-4 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Pisco No.1)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-5 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Yauca No.1)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-6 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Ríos Majes y Camaná No.2)

(3) Resultado del estudio

En las figuras desde 1.3-8 hasta 1.3-14 se muestra el resultado del estudio.

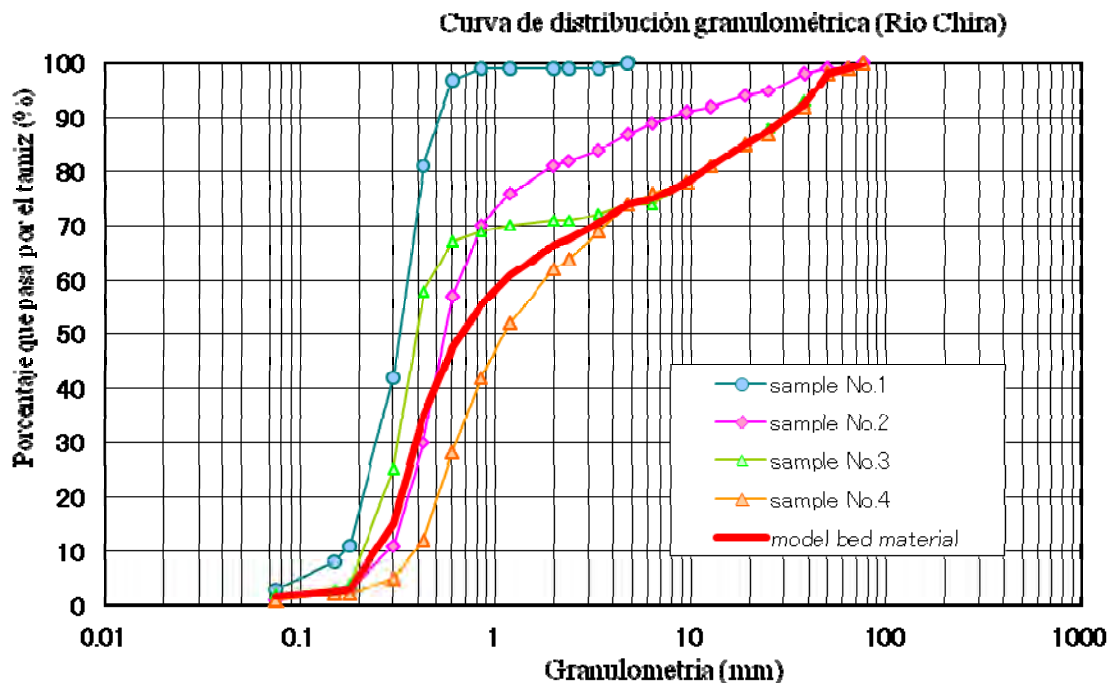


Figura 1.3-8 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chira)

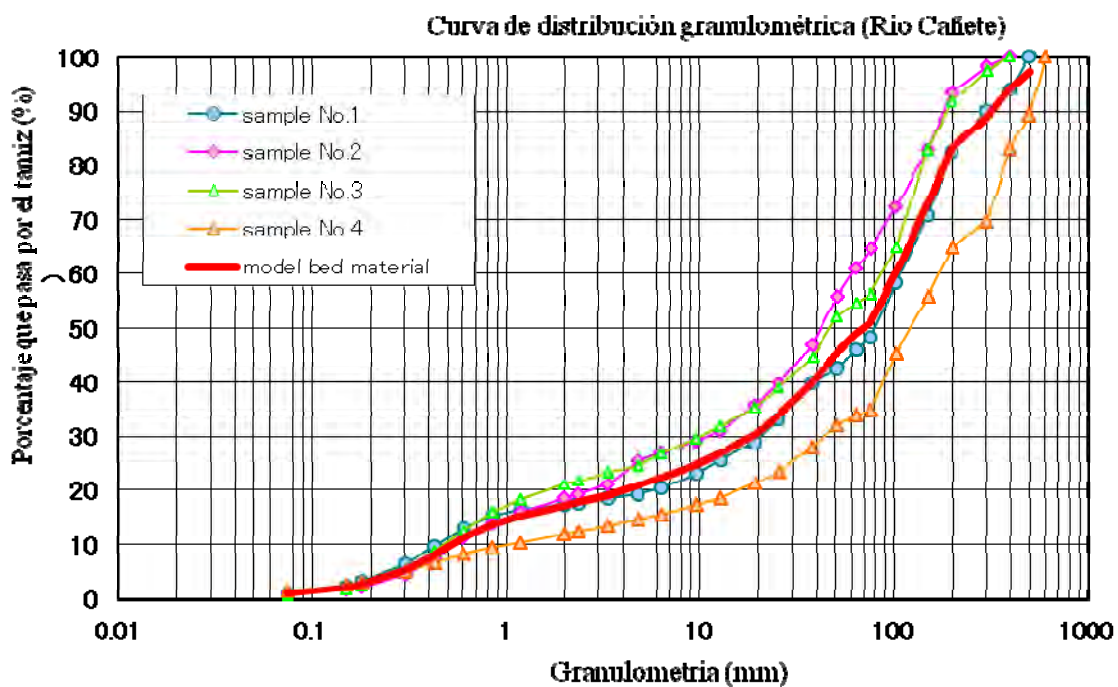


Figura 1.3-9 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Cañete)

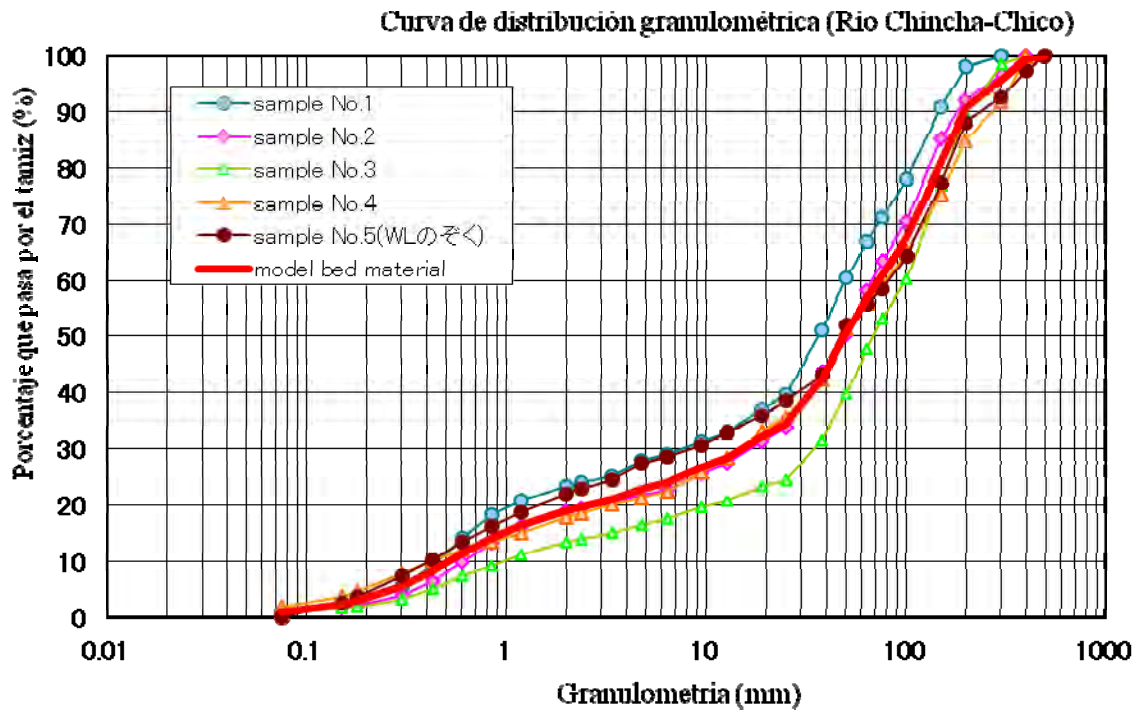


Figura 1.3-10 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chíncha (Río Chico))

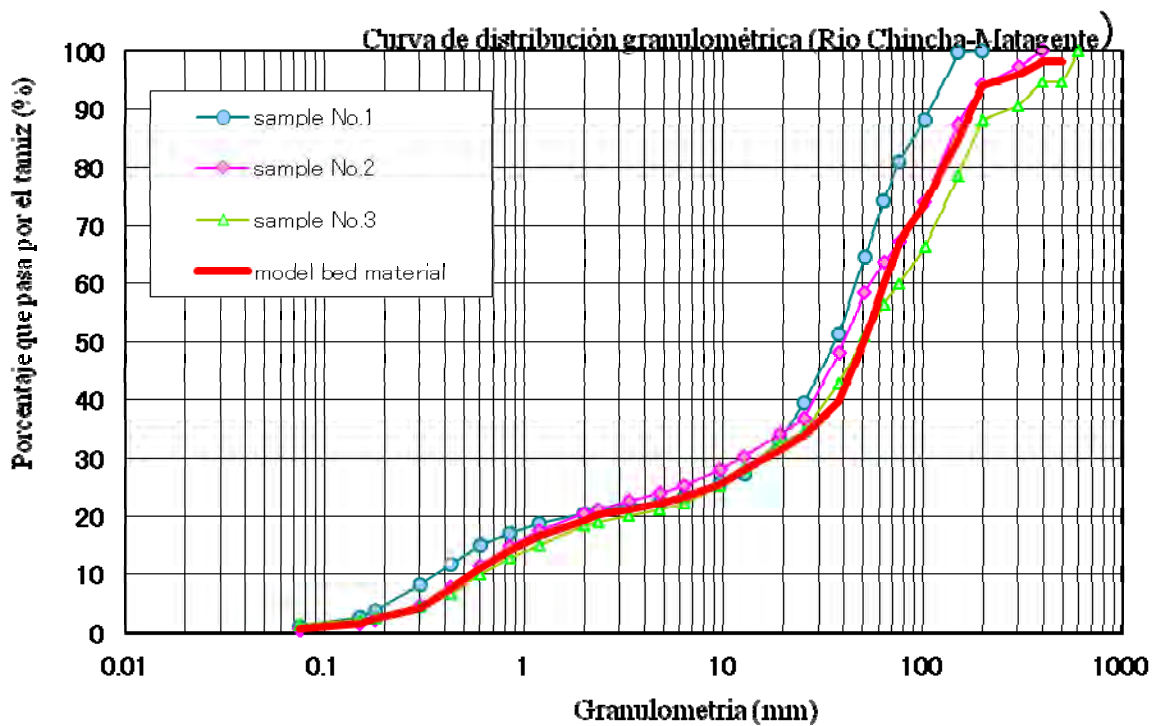


Figura 1.3-11 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica
 (Río Chíncha (Río Matagente))

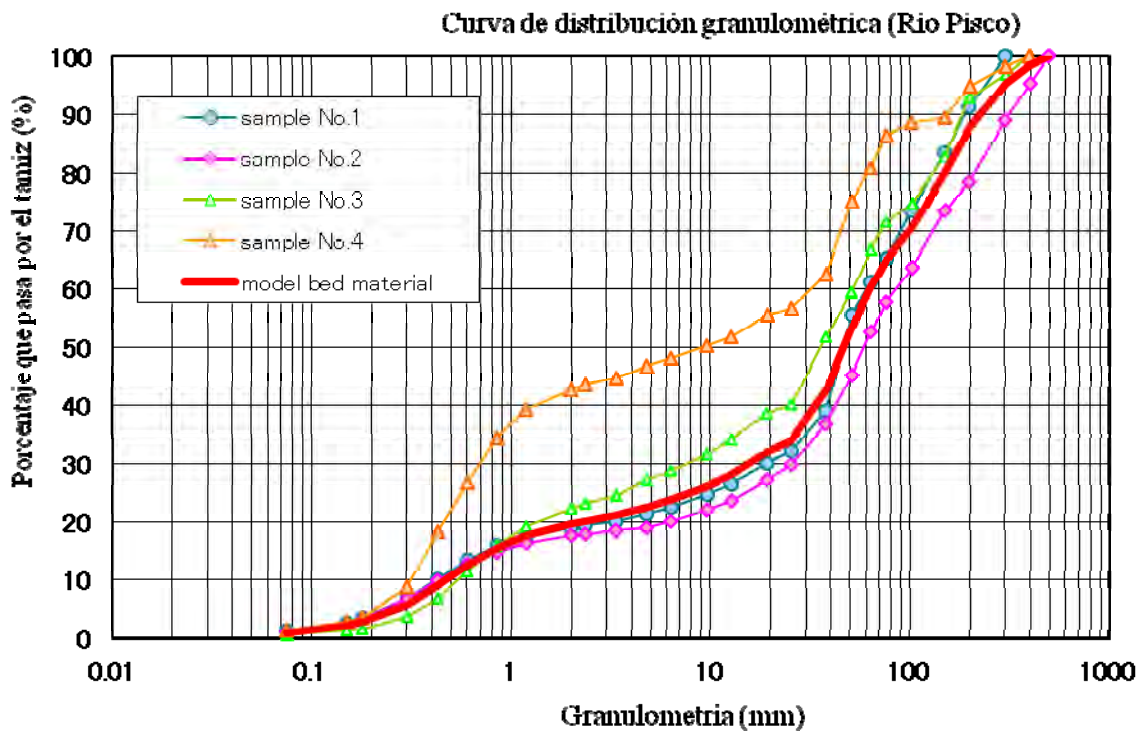


Figura 1.3-12 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Pisco)

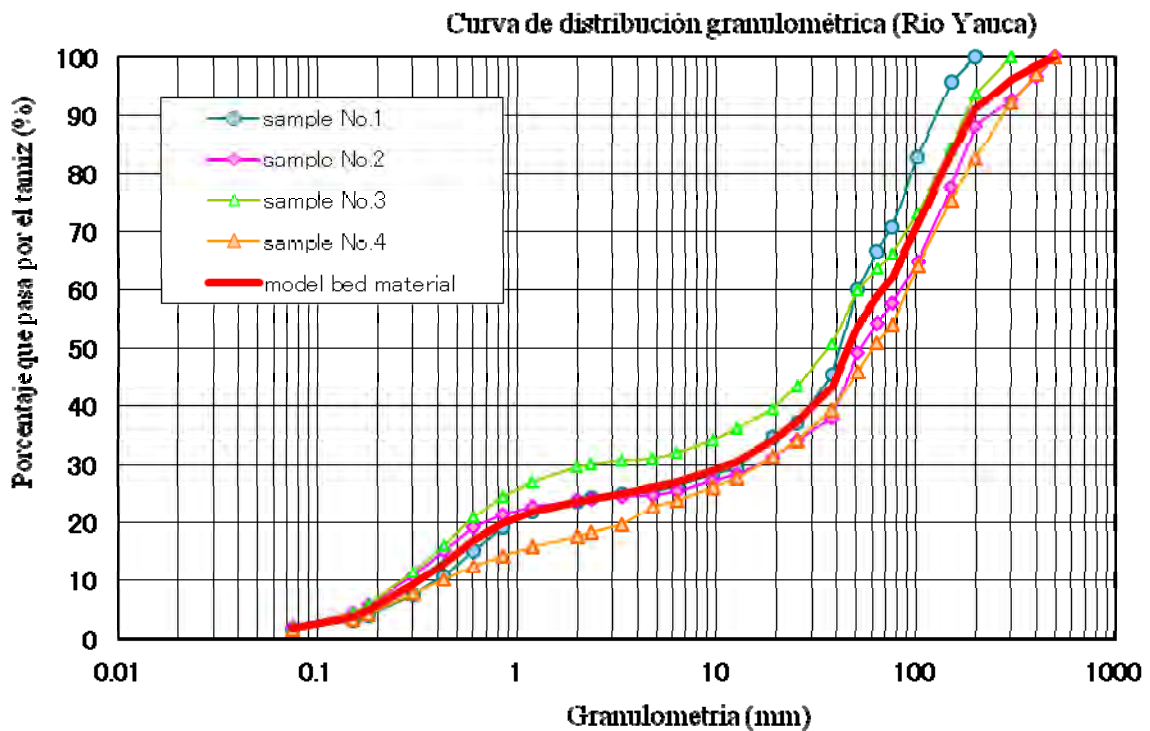


Figura 1.3-13 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Yauca)

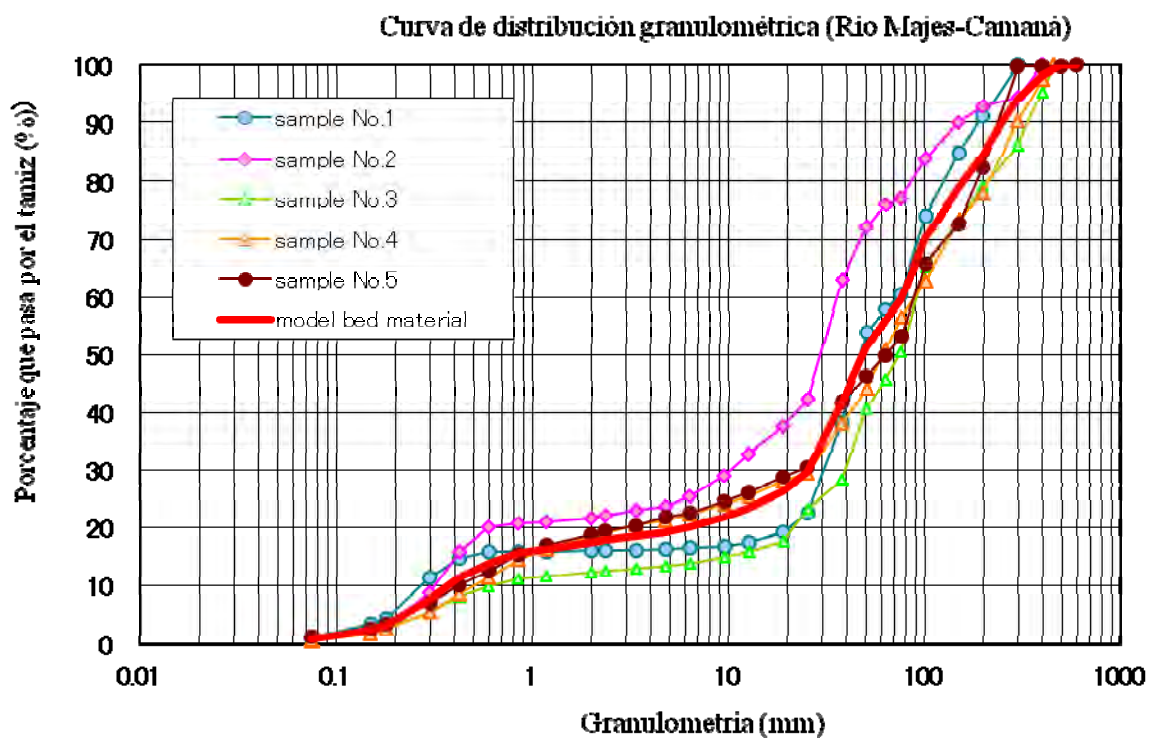


Figura 1.3-14 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Ríos Majes y Camaná)

(4) Clasificación granulométrica utilizada para el cálculo

En el análisis sobre la variación del lecho fluvial se calculan el desplazamiento y sedimentación de los materiales de diferentes tamaños que componen realmente el lecho. Sin embargo, en la práctica se clasifican los componentes en unos 10 grupos, estableciendo el diámetro representativo en cada grupo. En el presente análisis se han establecido las divisiones del tamaño abajo indicadas, teniendo en cuenta los resultados del estudio local de los materiales del lecho realizado en los 5 ríos. Por otra parte, en el río Cañete existen varios materiales cuyo diámetro supera 500mm, razón por la cual se ha añadido una división superior a 500mm.

Tabla 1.3-3 Clasificación granulométrica utilizada para el cálculo

Clasificación		División del tamaño		Tamaño representativo (mm)
Diámetro 1	Canto rodado	500.0	~ 75.0	193.6
Diámetro 2	Grava gruesa	75.0	~ 22.4	41.0
Diámetro 3	Grava mediana	22.4	~ 6.69	12.2
Diámetro 4	Grava fina	6.69	~ 2.00	3.66
Diámetro 5	Arena gruesa	2.000	~ 0.669	1.16
Diámetro 6	Arena mediana	0.669	~ 0.224	0.39
Diámetro 7	Arena fina	0.224	~ 0.075	0.13
Diámetro 8	Limo	0.075	~	0.075

1.3.3 Condiciones del caudal

El caudal de cada río se está midiendo con una periodicidad anual, y en cuanto al caudal máximo anual, existen datos desde hace muchos años (refiérase a la tabla 1.3-4). Sin embargo, no se encuentran datos detallados en orden cronológico. Por lo tanto, se ha considerado como onda cronológica de inundación representativa el resultado del análisis de inundaciones a partir de las precipitaciones de los diferentes períodos de retorno (refiérase al Anexo 1), realizado en el presente estudio. Luego, se ha utilizado como condiciones del caudal una onda del caudal, cuya magnitud ha sido compensada de manera que el caudal pico en la onda cronológica representativa coincida con el valor de medición del caudal máximo anual. En las figuras de 1.3-15 a 1.3-21 se muestran los datos de medición sobre el caudal máximo anual, utilizados para el cálculo.

Tabla 1.3-4 Estado de medición del caudal en los 5 ríos objetivos y aplicación a condiciones de cálculo

Río	Período de existencia de datos de caudal	Período de aplicación del cálculo	Observaciones
Chira	Volumen de entrada de agua a la Presa Poechos, 1975-1997 (23 años)	1975-1997 (23 años)×2 veces + 1975-1978 (4 años)	Existe la Presa Poechos a 99.5km, por lo que se utiliza el volumen de descarga de agua para el cálculo. Por otra parte, el volumen de entrada de agua a la presa se utiliza para determinar el caudal de los afluentes de aguas abajo.
	Volumen de descarga de agua de la Presa Poechos 1975-1997 (23 años)	- ídem -	
Cañete	1926-2006 (74 años)	1957-2006 (50 años)	Se adoptan los datos de los últimos 50 años.
Chincha	1950-2006 (57 años)	1957-2006(50 años)	
Pisco	1933-2008 (76 años)	1959-2008 (50 años)	
Yauca	1961-2008 (48 años)	1961-2008 (48 años)+2 años (1961-1962)	
Majes y Camaná	1971-2002 (32 años)	1971-2002 (32 años) + 1971-1988 (18 años)	

* Los datos del caudal corresponden al máximo anual

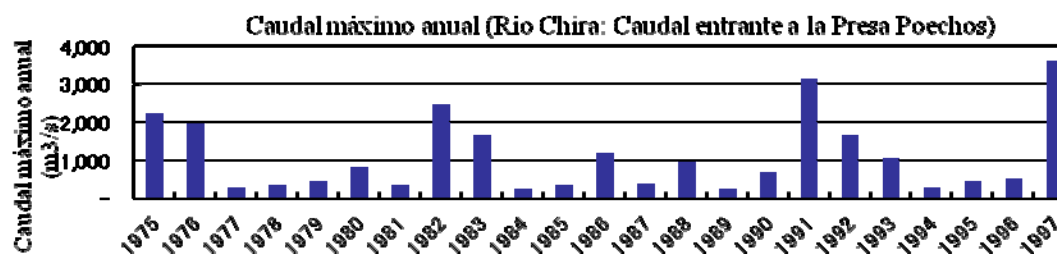


Figura 1.3-15 Caudal máximo anual

(valor medido: Río Chira: volumen de entrada a la Presa Poechos)

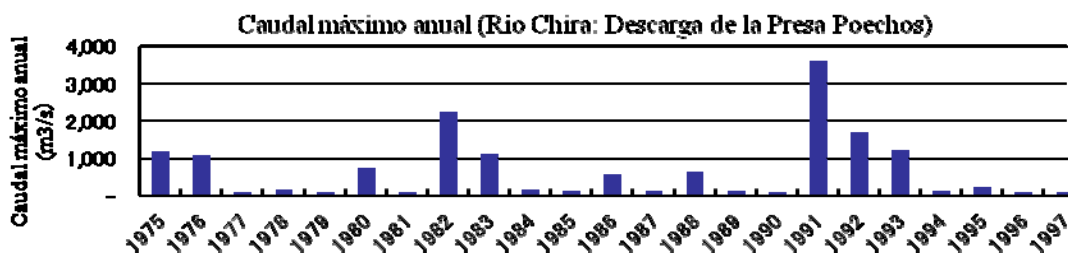


Figura 1.3-16 Caudal máximo anual

(valor medido: Río Chira: volumen de descarga de la Presa Poechos)

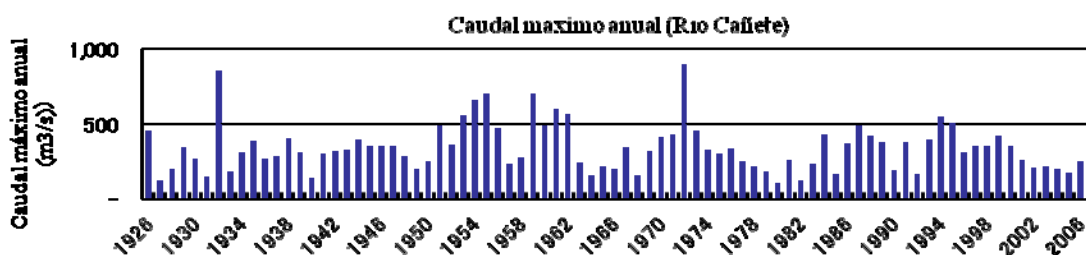


Figura 1.3-17 Caudal máximo anual (valor medido: Río Cañete)

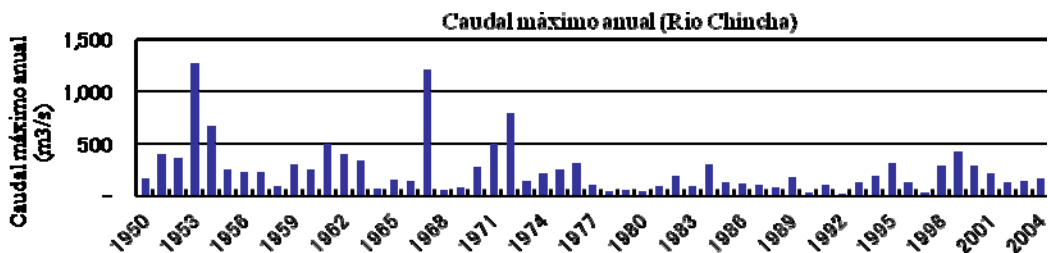


Figura 1.3-18 Caudal máximo anual (valor medido: Río Cháncha)

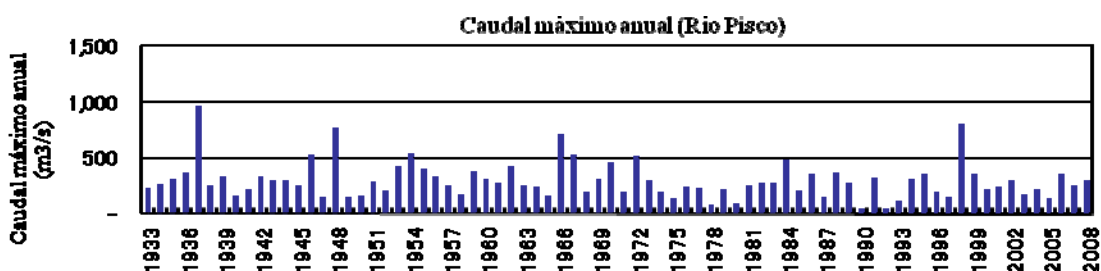


Figura 1.3-19 Caudal máximo anual (valor medido: Río Pisco)

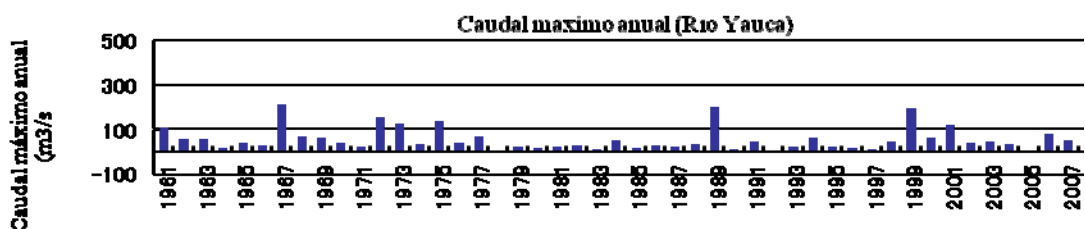


Figura 1.3-20 Caudal máximo anual (valor medido: Río Yauca)

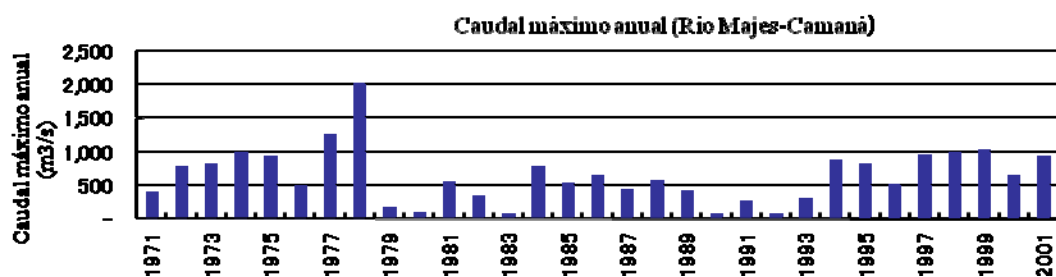


Figura 1.3-21 Caudal máximo anual (valor medido: Ríos Majes y Camaná)

1.3.4 Condiciones de entrada de sedimentos

(1) Método de suposición

A continuación se menciona sobre el establecimiento del volumen de entrada de sedimentos desde aguas arriba, que resulta muy importante para las condiciones de cálculo. Como métodos de establecimiento de dicho volumen, se pueden considerar **① suposición a partir de la fórmula del volumen de sedimentos movedizos y, ② suposición en base a los datos reales de sedimentación en las presas**. La suposición **①** estima la cantidad de sedimentos movedizos según cada caudal, introduciendo las características del cauce identificadas en cada río (forma seccional, inclinación del lecho y materiales del lecho) en la fórmula existente. Por otra parte, la suposición **②** estima la cantidad de sedimentos que llegan desde aguas arriba a partir de los datos medidos respecto a la cantidad de sedimentos anuales que se depositan en la Presa Poechos, construida en el río Chira.

En el presente estudio, se ha realizado el análisis sobre la variación del lecho, utilizando ambos métodos **①** y **②**, para establecer las condiciones de entrada desde aguas arriba. El resultado de lo anterior ha revelado que utilizando los resultados de suposición del método **①** se ha podido reproducir de manera más correcta la situación del lecho de cada río. Por lo tanto, **se ha decidido adoptar el método ① como condiciones de entrada de sedimentos en los 5 ríos arriba indicados**.

Por otra parte, en cuanto al río Chira, se encuentra instalada la Presa Poechos en el punto extremo del área objeto del estudio, por lo que se establece la cantidad de sedimentos ingresados en cero (0). Sin embargo, existe un afluente relativamente grande (río Chipillico) aguas abajo, muy cerca de dicha presa, razón por la cual se ha tenido en cuenta la cantidad de sedimentos que entran desde este afluente.

Tabla 1.3-5 Establecimiento del volumen de sedimentos ingresados

Río	Suposición de entrada de sedimentos	Observaciones
Chira	Cero (ya que existe una presa)	Se aplica la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados* para los afluentes.
Cañete	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Se establece por el análisis de sensibilidad.
Chincha	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Pisco	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Yauca	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Majes y Camaná	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados

*Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados: Es la máxima cantidad que se pueda mover según las condiciones del caudal y características del cauce de las áreas correspondientes.

(2) Establecimiento del volumen de sedimentos que entran en el río Cañete

En cuanto al río Cañete, al aplicarse la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados como volumen de sedimentos que entran desde aguas arriba, ha resultado una gran subida del lecho en el río arriba, muy diferente al estado actual, razón por la cual se ha realizado el análisis sobre la variación del lecho en los 3 casos abajo indicados, cuyos resultados se mencionan más abajo.

Caso	Entrada de sedimentos	Observaciones
Caso 1	116 mil m ³ /año	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Caso 2	60 mil m ³ /año	1/2 de la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Caso 3	30 mil m ³ /año	1/4 de la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados

1.3.5 Otros

Se han resumido otras condiciones principales para el cálculo, cuyo resultado se muestra en la tabla 1.3-6.

Tabla 1.3-6 Otras condiciones para el cálculo (5 ríos objetivos)

Parámetro	Contenido	Observaciones
Cada tiempo	$\Delta t=2\text{sec}$	
Cada espacio	$\Delta x =500\text{m}$ (Chira, $\Delta x=250\text{m}$ (Majes y Camaná) $\Delta x =100\text{m}$ (excepto los 2 ríos arriba indicados)	
Coefficiente del diámetro representativo	Diámetro 9 (Cañete) Diámetro 8 (excepto Cañete)	
Caudal en el extremo de aguas arriba	Elaboración de datos para 50 años en base al caudal medido (caudal máximo anual)	
Nivel de agua en el extremo de aguas abajo	Profundidad normal	
Entrada de sedimentos desde afluentes	Río Chira: Se considera la entrada de sedimentos, ya que existe un afluente relativamente grande (río Chipillico) aguas abajo, muy cerca de la Presa Poechos. Otros ríos: No se considera la entrada de sedimentos, ya que no existen afluentes grandes dentro del área de estudio.	
Porosidad	0,4 (constante)	Se aplica el valor estándar de las gravas.
Coefficiente de rugosidad	$n=0,03$ (Río Chira) $n=0,05$ (Otros 5 ríos, excepto el río Chira)	En el río Chira los materiales del lecho son más finos que en otros ríos.

Capítulo II Resultado de Análisis

A continuación se indica el resultado del análisis sobre la variación del lecho en los ríos Chira, Cañete, Chincha, Pisco, Yauca, Camaná y Majes.

2.1 Resultado del análisis (comparación de los 6 ríos)

Primeramente, se ha hecho una comparación a grandes rasgos respecto al resultado de los 5 ríos objeto para los próximos 50 años, cuyo resumen se muestra en las tablas 2.1-1 y 2.1-2 y en las figuras 2.1-1 y 2.1-2. A través de estos datos, se puede saber lo siguiente:

- En cualquiera de los 5 ríos, excepto el río Chira, está subiendo la altura media del lecho, lo cual hace suponer que se trata de ríos fundamentalmente con una tendencia creciente de sedimentos. En cuanto a la cantidad total de entrada de sedimentos y cantidad total de variación del nivel del lecho, los 3 ríos, Majes/Camaná, Chincha y Pisco, presentan valores más altos comparando con los ríos Cañete y Yauca. Por otra parte, aguas arriba del río Chira se encuentra una presa (Pochos) dentro del área objeto de estudio, y hasta el momento dicha presa no tiene demasiada cantidad de sedimentos acumulados, quedando retenidos por la presa casi la totalidad de sedimentos producidos aguas arriba. Por esta razón, aguas abajo de la presa se muestra normalmente una tendencia decreciente del nivel del lecho
- Entre los 6 ríos, los ríos Majes, Camaná, Chincha y Pisco tienden a tener sedimentos acumulados. Esta tendencia es comprensible intuitivamente a través de las encuestas locales y la comparación del estado del lecho (refiérase a la tabla 2.1-2). Por otra parte, en el río Yauca es pequeña la cantidad de entrada de sedimentos en comparación con otros ríos, lo cual se debe principalmente a que el caudal (fuerza externa) que puede desplazar los sedimentos es escaso.
- En el río Cañete, aunque la superficie de la cuenca es grande, resulta pequeña la cantidad total de sedimentos que entran. Esto es el resultado de la evaluación general del pronóstico de la variación del lecho del río Cañete y del estudio local. Los detalles del resultado obtenido se mencionan más abajo.
- La cantidad de sedimentos en los ríos Majes y Camaná es grande en comparación con otros ríos, debiéndose la razón de esto a que la superficie de la cuenca es bastante grande en comparación con otros ríos, siendo grande también la magnitud de inundaciones (refiérase a la figura 2.1-3), por lo que pueden ser transportados una gran cantidad de sedimentos hacia aguas abajo. Por otra parte, la cantidad de variación del lecho (cantidad de sedimentos) es grande; sin embargo, la altura media del lecho alcanza sólo 0.2m en 50 años, y la variación de la altura es más pequeña que la del río Chincha.

Tabla 2.1-1 Resultado de análisis (1)

Río	Total sedimentos ingresados (mil m ³)	Sedimentos ingresados/año (mil m ³)	Total variación del lecho (mil m ³)	Variación media del lecho (m)	Observaciones
Cañete	3,000	60	673	0.2	
Chincha	5,759	115	2,610	0.5	Suma de los ríos Chico y Matagente
Pisco	8,658	173	2,571	0.2	
Yauca	1,192	24	685	0.1	
Chira	5,000	100	-1,648	-0.01	Se consideran cero los sedimentos que entren en el río acusa de la presencia de la presa.
Majes-Camaná	20,956	419	5,316	0.2	

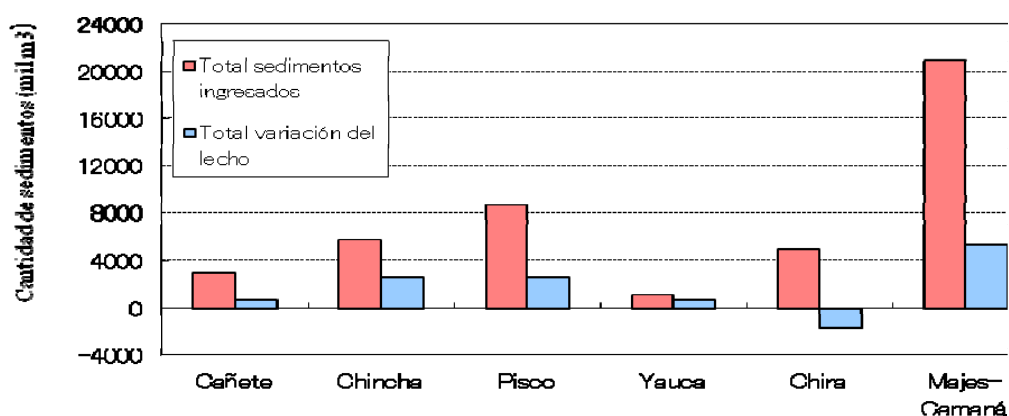


Figura 2.1-1 Resultado de análisis 1 (comparación de la cantidad de sedimentos)

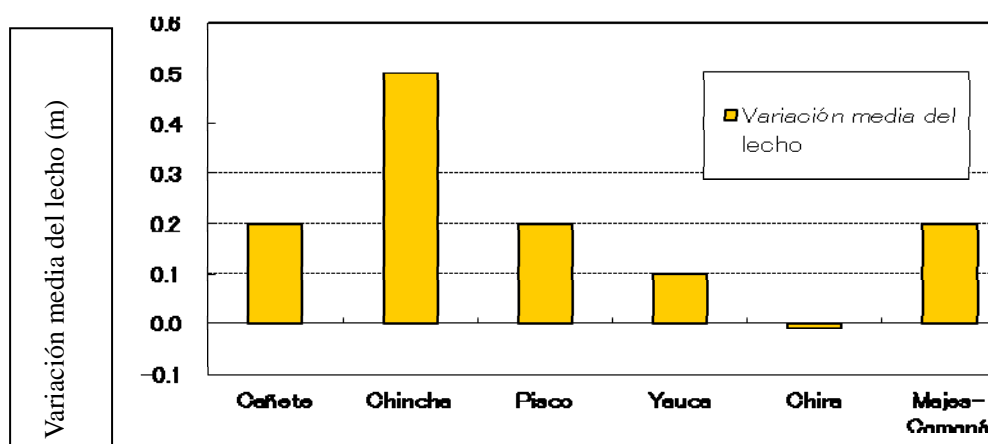


Figura 2.1-2 Resultado del análisis 2 (comparación de la variación de la altura del lecho)

Tabla 2.1-2 Situación de los lugares con subida notable del lecho

Cauce enterrado por los sedimentos acumulados en el río Chincha (16km de Matagente)	
	
Sedimentos depositados aguas arriba del estrangulamiento del río Pisco (14.5km).	Sedimentos depositados en el tramo de ensanchamiento de los ríos Majes y Camaná (60km).
	

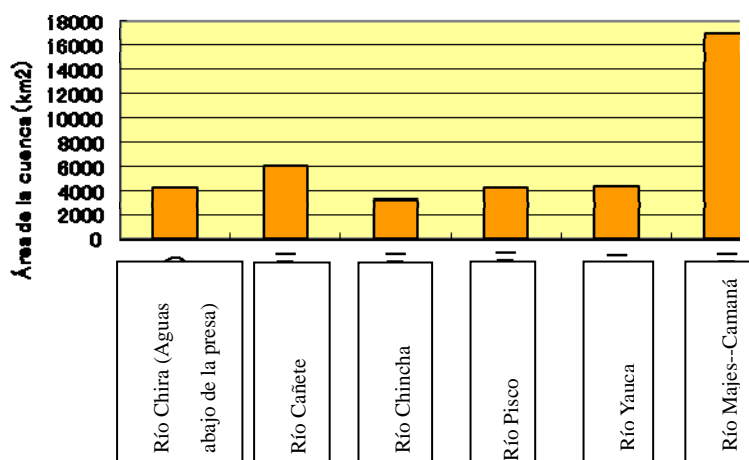


Figura 2.1-3 Comparación de la superficie de la cuenca

2.2 Tendencia de la variación futura del lecho en los ríos

En las figuras de 2.2-1 a 2.2-11 se muestra el resultado del análisis sobre la variación del lecho de cada río, cuyos detalles se explican a continuación.

(1) Río Chira

Según el resultado del análisis del río Chira, se puede suponer lo siguiente:

- En el río Chira se retiene la salida de sedimentos por la Presa Poechos, por lo que la bajada del lecho es muy notable aguas abajo, muy próximo a dicha presa.
- Por otra parte, en la Presa Sullana, ubicada en el curso medio, se depositan los sedimentos transportados de los cauces y afluentes de aguas arriba, por lo que sube el lecho fluvial. Se considera que, de momento, no existen problemas; sin embargo, si no se realiza la excavación de mantenimiento, cabe la posibilidad de que resulte insuficiente la capacidad de conducción de agua en el futuro.
- En las cuencas de aguas abajo existen numerosos tramos donde no se produce normalmente una variación grande del lecho, sin embargo, hay algunos lugares donde se producirá una bajada del lecho justo después de grandes inundaciones. Este resultado coincide con la tendencia de los testimonios obtenidos in situ, por lo que se ha confirmado la efectividad del presente modelo.

(2) Río Cañete

Como resultado de análisis comparativo, en el caso 1 se prevé una subida máxima del lecho de 3.5m en el tramo del 27km a 31km. Se considera que esto se debe a que el cauce de dicho tramo es muy estrecho, por lo que no puede ser transportada la totalidad de sedimentos ingresados río arriba hacia río abajo. Sin embargo, teniendo en cuenta las preguntas y respuestas realizadas in situ y el estudio local, existe poca posibilidad de que los sedimentos ingresados puedan dar lugar a la subida del lecho en los tramos de aguas arriba del río Cañete. Además de esto, se construyó una presa aguas arriba de este río. En vista de esta situación, se ha realizado estudio de otros 2 casos, en que se ha disminuido la cantidad de sedimentos. Como resultado de este estudio, se puede considerar que el caso 2 es el que se acerca relativamente más a la situación actual.

En el río Cañete últimamente fue construida curso arriba la prese Plantanal, presa exclusiva para la generación eléctrica, y los impactos de dicha presa sobre la futura variación del lecho fluvial se describen a continuación.

Tabla 2.2-1 Casos de Cañete objeto de estudio

Caso	Cantidad total de sedimentos ingresados	Subida máxima del lecho en los tramos de aguas arriba	Evaluación
Caso 1	5820 mil m ³ 116 mil m ³ /año	3.5m (después de 50 años) 1.7m (después de 10 años)	Se aprecia la subida del lecho en los tramos de aguas arriba y una subida de 0.6m en la totalidad del cauce de aguas abajo. ×
Caso 2	3000 mil m ³ 60 mil m ³ /año	2.1m (después de 50 años) 1.2m (después de 10 años)	La subida del lecho en los tramos de aguas arriba es más pequeña que en el caso 1. Se aprecia una subida media de 0.2m en la totalidad del cauce. ○
Caso 3	1500 mil m ³ 30 mil m ³ /año	1.5m (después de 50 años) 0.9m (después de 10 años)	La subida del lecho en los tramos de aguas arriba es más pequeña que en los casos 1 y 2. Se aprecia la bajada del lecho en el tramo de 19km a 25km. Δ



(Impactos de la presa Plantanal sobre la variación del lecho fluvial en el curso bajo)

La presa Plantanal es una presa que aprovecha el agua para la generación eléctrica y se puso en servicio desde septiembre de 2009. Es una presa de pequeña magnitud con una altura de 35.7m y una capacidad de acumulación de agua de 0.8 – 0.9 x 10⁶ m³ (800 – 900 mil m³) (véase la foto). La presa está ubicada a 60 km curso alto de la desembocadura y un poco más arriba de los tramos objeto del estudio, pero la cantidad de sedimentos descargados será de un nivel similar. Teniendo en cuenta que los sedimentos descargados del río Cañete son del orden de 60 mil m³/año, la presa quedará llena en los próximos 10 años y muy posiblemente descargará de nuevo los sedimentos río abajo. Por tanto, en los próximos 10 años la altura del lecho bajará temporalmente por la interrupción del suministro de sedimentos, pero a la larga, será provisional el impacto de la presa sobre el canal fluvial en el curso bajo. Aunque la presa haya quedado llena de sedimentos, mantendrá las funciones reguladoras de descarga de sedimentos que es la función de una presa de control de sedimentos. Por lo tanto, al producirse grandes descargas de sedimentos en la cuenca alta en el futuro, la presa regulará el volumen de descarga y pese a que ocurra un aumento de la altura del lecho en una velocidad estimada en el pronóstico de la variación del lecho a largo plazo, será difícil que se presente una subida drástica del lecho en un corto periodo.

Tabla 2.2-2 Elementos de la presa Plantanal

Objetivo	Generación eléctrica
Altura de la presa	35.7m
Capacidad de agua	0.8 – 0.9 x 10 ⁶ m ³
Año de puesta en operación	Septiembre de 2009
Superficie de la cuenca	3,280km ²

Tabla 2.2-3 Estado de las instalaciones de la presa Plantanal

Instalaciones de la presa Plantanal	Embalse (curso arriba)
	

(3) Río Chíncha

En cuanto al río Chíncha, **se desconoce la proporción de distribución de sedimentos, mediante la obra actual de derivación, que entran al río Chico y río Matagente.** En vista de esta situación, para el pronóstico futuro se han estudiado 2 casos que son: ① Caso de entrar la totalidad de sedimentos a cada uno de los 2 ríos, respectivamente, y ② Caso de entrar la mitad de los sedimentos a cada uno de los 2 ríos, con una proporción de 1 : 1. (El caso ① se basa en que la obra de derivación no funciona, y el caso ② se basa en que dicha obra funciona.) En las tabla 1.1 se muestra el resultado del caso ①.

Según el resultado obtenido, se puede considerar lo siguiente:

- Cuando se rehabilite la presa de derivación en el río Chíncha, que permitirá distribuir los sedimentos y el caudal de agua en una proporción equitativa de 1:1, se supone que la subida del lecho será aproximadamente de 20 a 30cm, como promedio, dentro de 50 años. Por otra parte, en el caso de que no se realice la rehabilitación de dicha presa, y los sedimentos y el caudal se concentren en un río, la subida del lecho dentro de 50 años será de 40 a 60cm, resultando casi doble que en el caso anterior. Por consiguiente, se ha confirmado que la subida del lecho puede ser frenada mediante la rehabilitación de la presa de derivación.
- Observando la relación entre los puntos críticos y la variación del lecho, justo por debajo de los puntos C-1 y C-2 del río Chico se acumulan los sedimentos, siendo alto el riesgo de producirse inundaciones aguas arriba. Por otra parte, en el río Matagente se acumulan los sedimentos en los puntos M-3 y M-4, por lo que también es alto el riesgo de inundaciones en dichos puntos. Se considera necesario realizar un mantenimiento periódico en todos estos puntos.

(4) Río Pisco

Según el resultado del análisis del río Pisco, se supone lo siguiente:

- Se estima que en el río Pisco puede haber una subida del lecho de aproximadamente 20cm, como promedio, en los próximos 50 años. Observando sólo el valor medio, es relativamente pequeña la cantidad de subida; sin embargo, una observación minuciosa revela que, justo abajo del estrangulamiento se ha producido una subida aproximada máxima de 1m, siendo alto el riesgo de inundaciones. Es deseable que se realice un mantenimiento periódico para excavar los sedimentos en los puntos de estrangulamiento.
- En el punto 30km se observa una bajada del lecho, que se produce muy parcialmente, sin embargo, es difícil considerar dicho punto como lugar crítico en el momento actual, en que no existen datos que permitan hacer una verificación, teniendo en cuenta, además, la precisión del cálculo unidimensional de la variación del lecho.

(5) Río Yauca

Según el resultado del análisis del río Yauca, se supone lo siguiente:

- Se supone que en el río Yauca se produce una subida del lecho de aproximadamente 10cm, como promedio, en los próximos 50 años. Aunque se produce parcialmente la subida del lecho en la desembocadura y aguas arriba del río, se puede decir que el lecho, en general, se encuentra en una tendencia a la estabilización. Esto se debe principalmente a que el caudal del río que transporta los sedimentos es pequeño, más bien que a que la cantidad de suministro de los sedimentos sea pequeña.
- Por otra parte, se están acumulando sedimentos en el punto más abajo del río, sin embargo, se considera que esta acumulación, de momento, no puede causar demasiado problema, ya que en dicho punto no hay lugares críticos.

(6) Ríos Majes y Camaná

Según el resultado del análisis de los ríos Majes y Camaná, se supone lo siguiente:

- Se supone que en los ríos Majes y Camaná puede haber una subida del lecho de aproximadamente 20cm, como promedio, en los próximos 50 años. Observando los valores medios, la posibilidad de producirse grandes problemas es pequeña respecto a la prevención de inundaciones; sin embargo, se prevé una subida del lecho de aproximadamente 0.8m y 1.0m en las cercanías de los puntos 13km y 101km, respectivamente.
- Se supone que la subida del lecho en el punto 13km se debe a que los sedimentos acumulados en el área de ensanchamiento, que se encuentra aguas abajo del área de estrangulamiento del punto 13km, se ha extendido hacia aguas arriba. En el punto 12.8km existe una bocatoma de agua, y dichos sedimentos pueden causar inconvenientes para la captación del agua, razón por la cual se puede decir

que es un lugar donde se requiere realizar la excavación. Asimismo, el punto 101km también es un área de ensanchamiento, que se encuentra aguas abajo del punto de estrangulamiento, habiéndose producido inundaciones en el pasado, por lo que se puede decir que es un lugar donde se necesita hacer la excavación, desde el punto de vista de la prevención de desastres.

- Se aprecia la subida del lecho también en otros tramos, además de los puntos 101km y 13km, sin embargo, se considera que la necesidad de excavación es pequeña, ya que se trata de una subida por termino medio.
- ~~Por todo lo anterior, en cuanto a los ríos Majes y Camaná, se puede decir que los tramos alrededor de los puntos 101km y 13km requieren excavación, desde el punto de vista de la prevención de inundaciones y del aprovechamiento del agua.~~

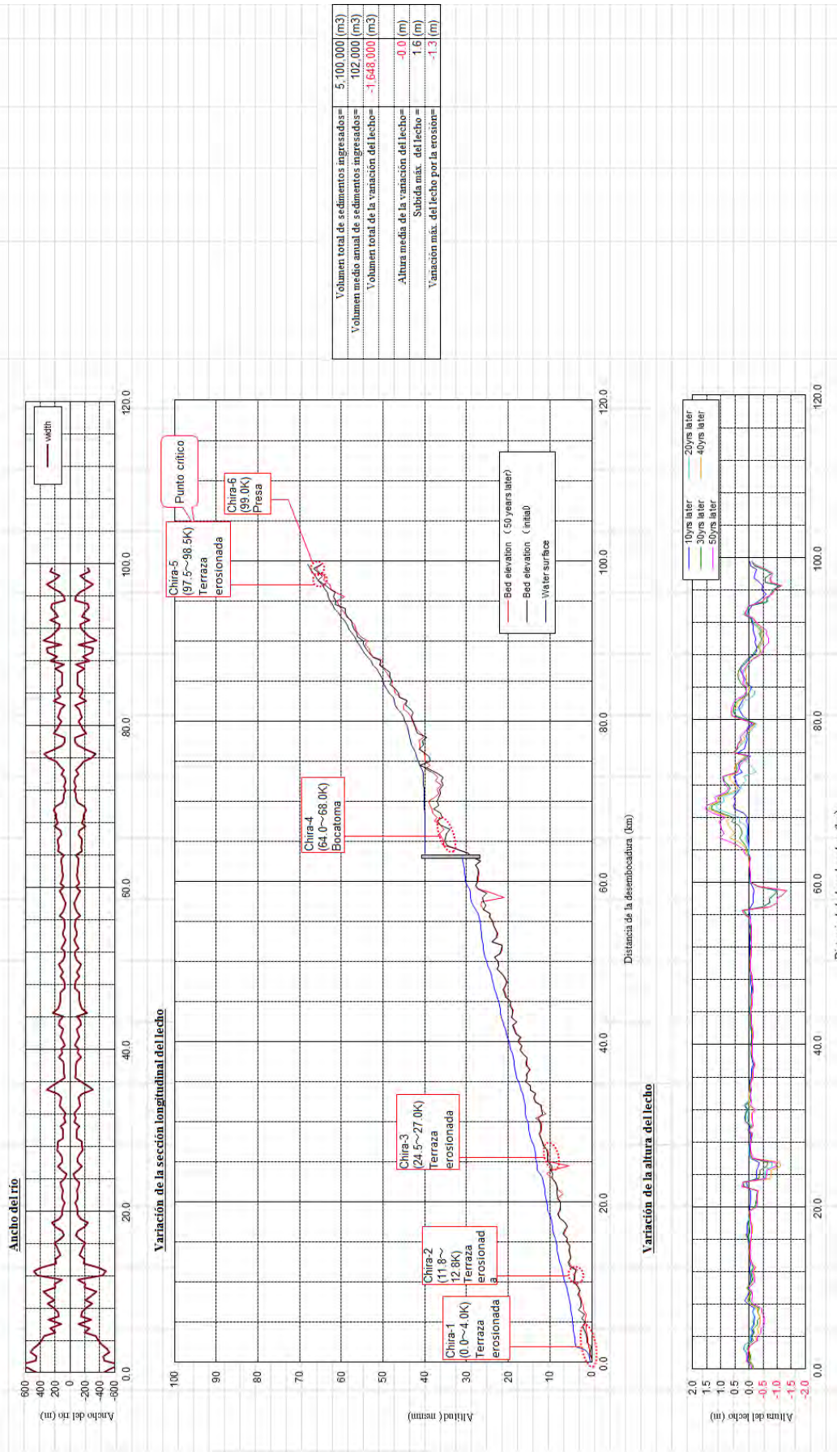


Figura 2.2-1 Resultado del análisis (Río Chira)

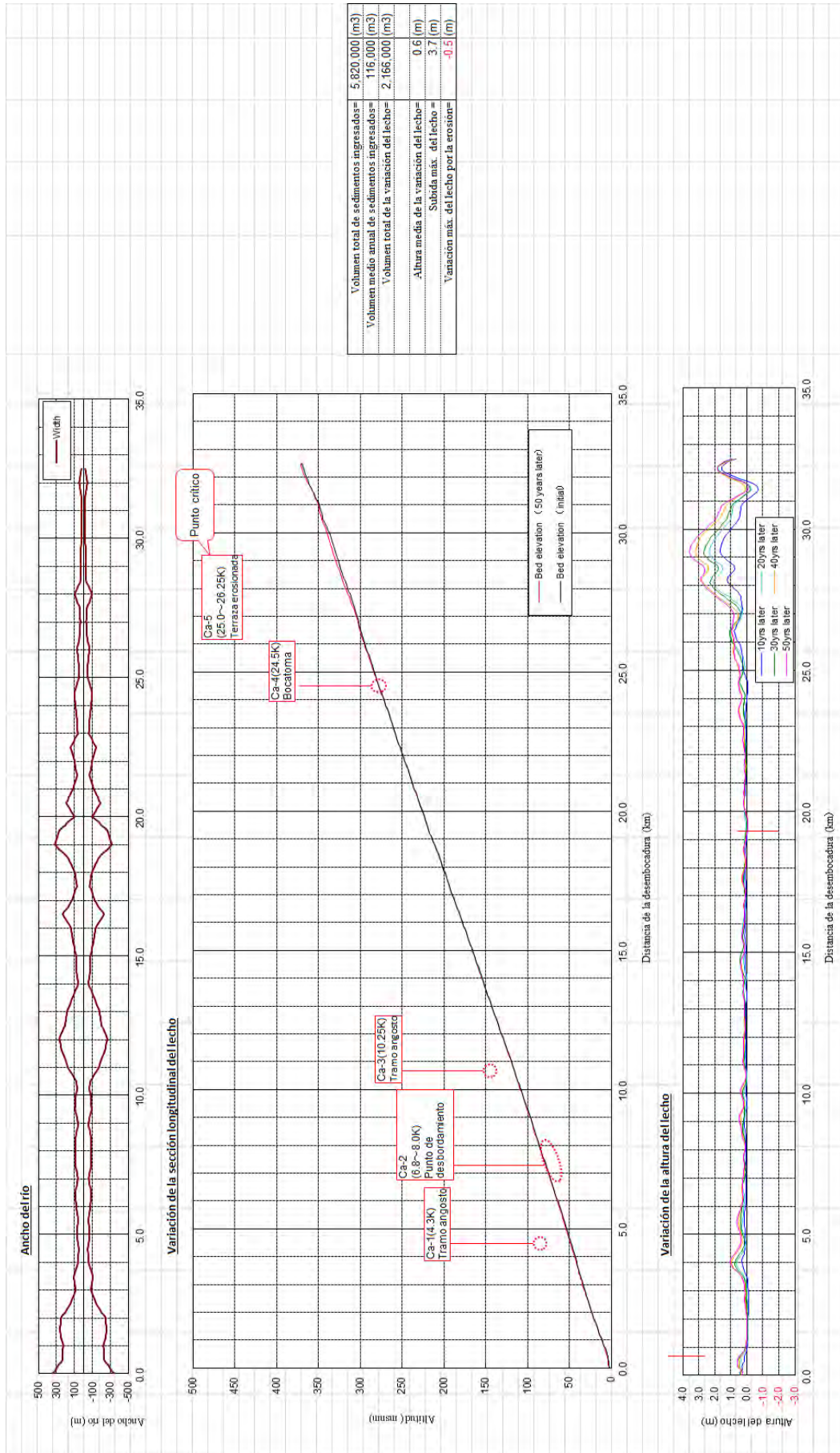


Figura 2.2-2 Resultado del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos ingresados en una cantidad equilibrada)

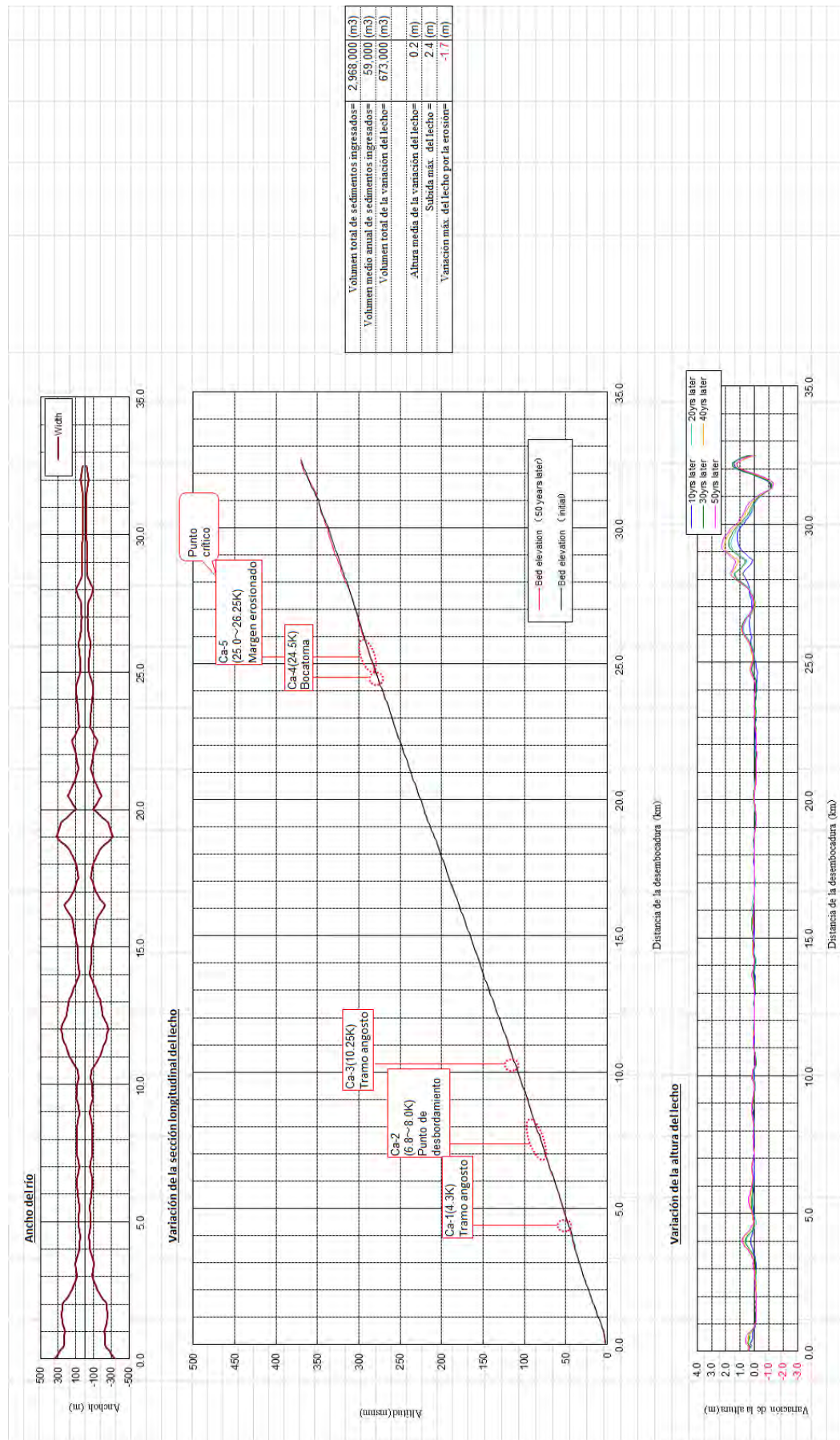


Figura 2.2-3 Resultado del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos ingresados en la mitad de la cantidad equilibrada)

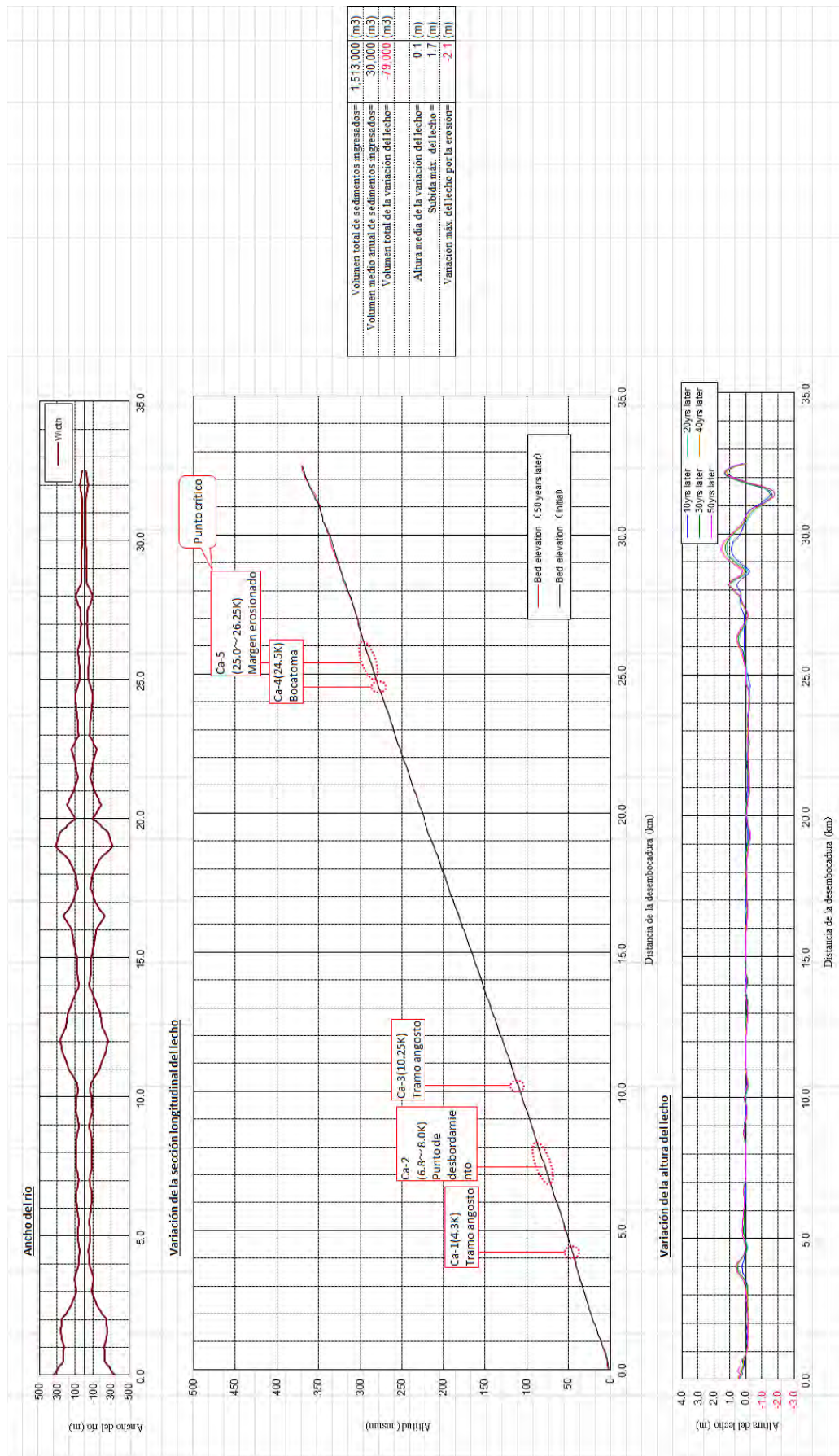


Figura 2.2-4 Resultado del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos ingresados en una 1/4 parte de la cantidad equilibrada)

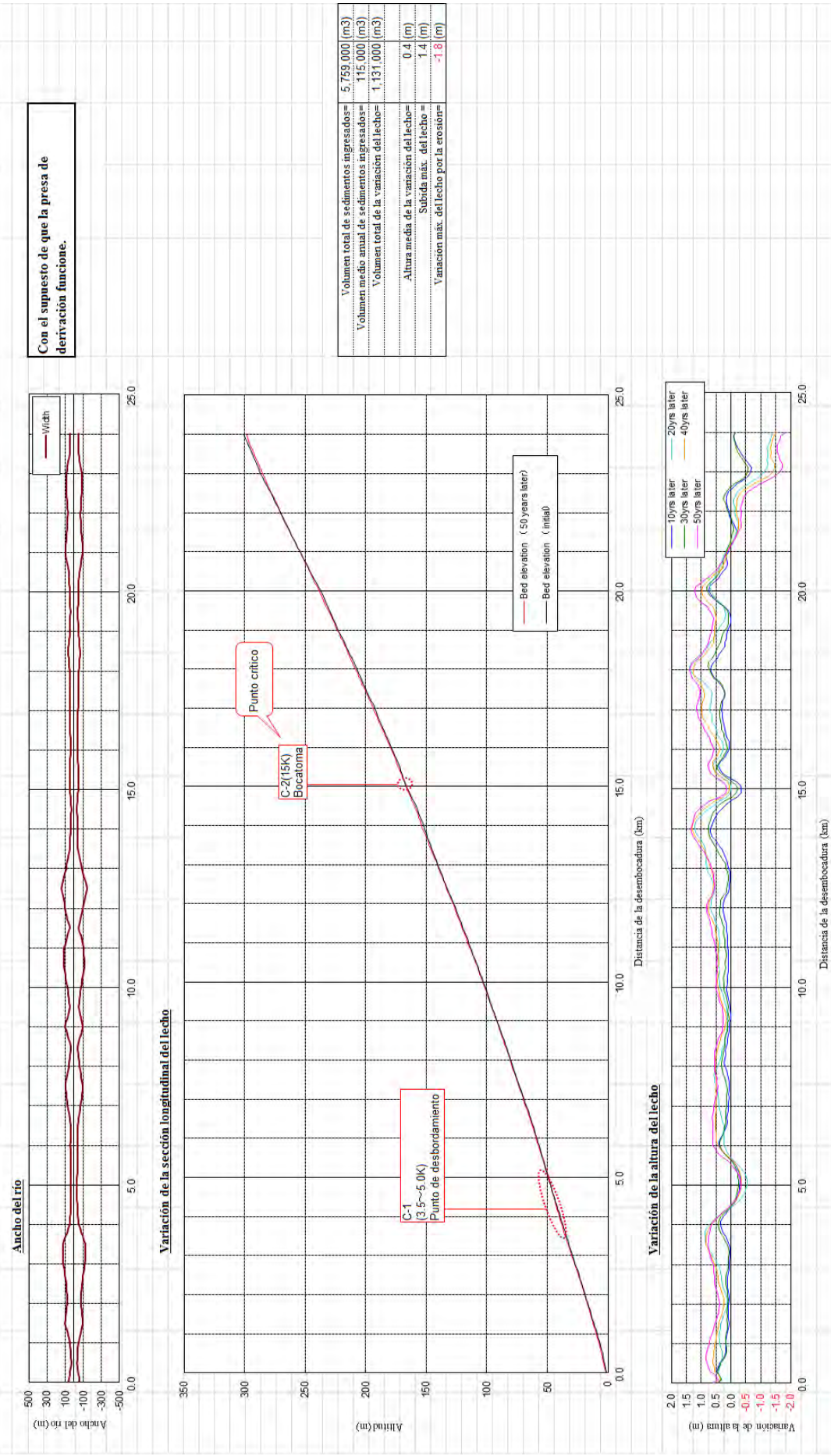


Figura 2.2-5 Resultado del análisis (Río Chinchá (Chico): Caso de la totalidad de los sedimentos entre al río Chico)

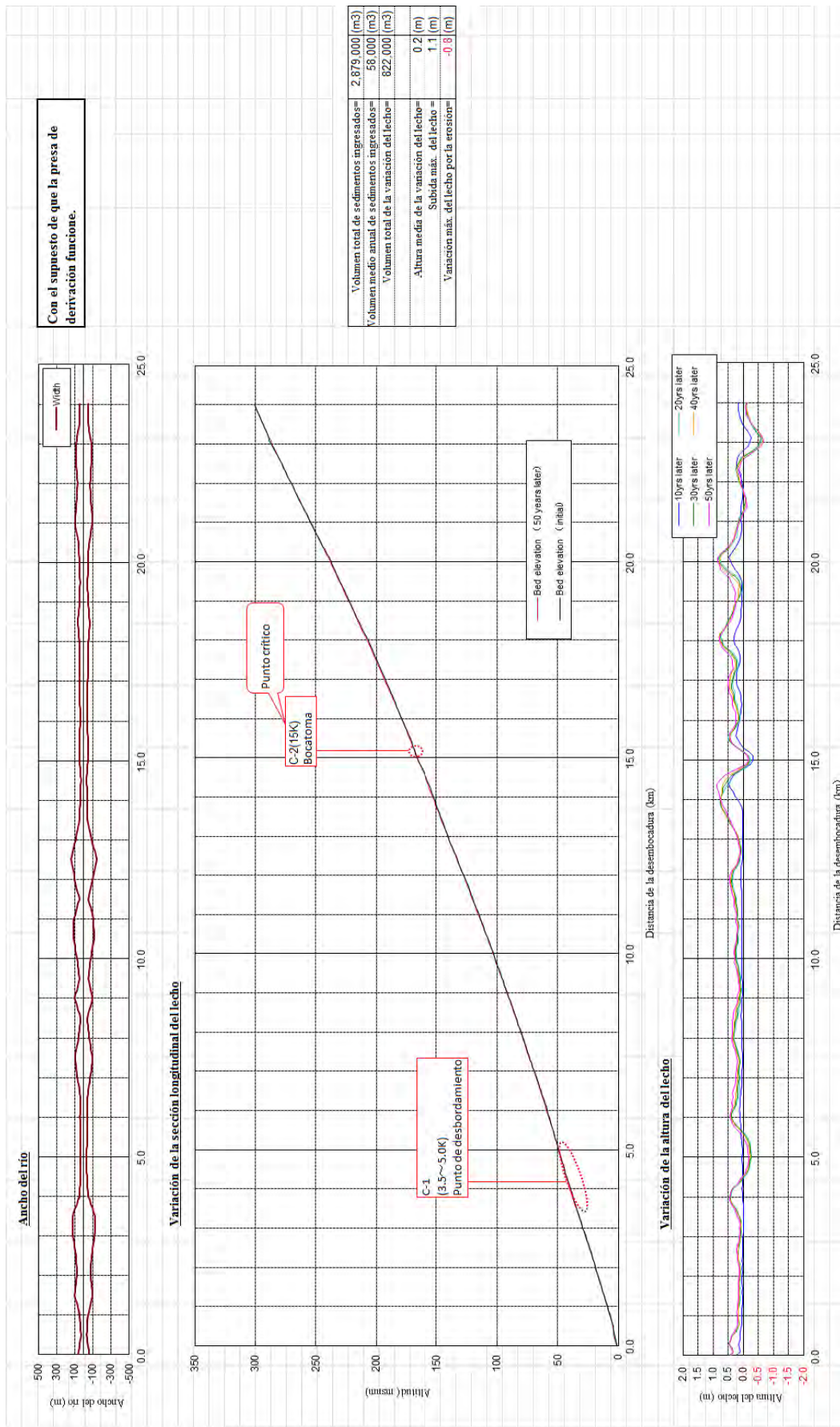


Figura 2.2-6 Resultado del análisis (Río Chinchica (Chico): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Chico)

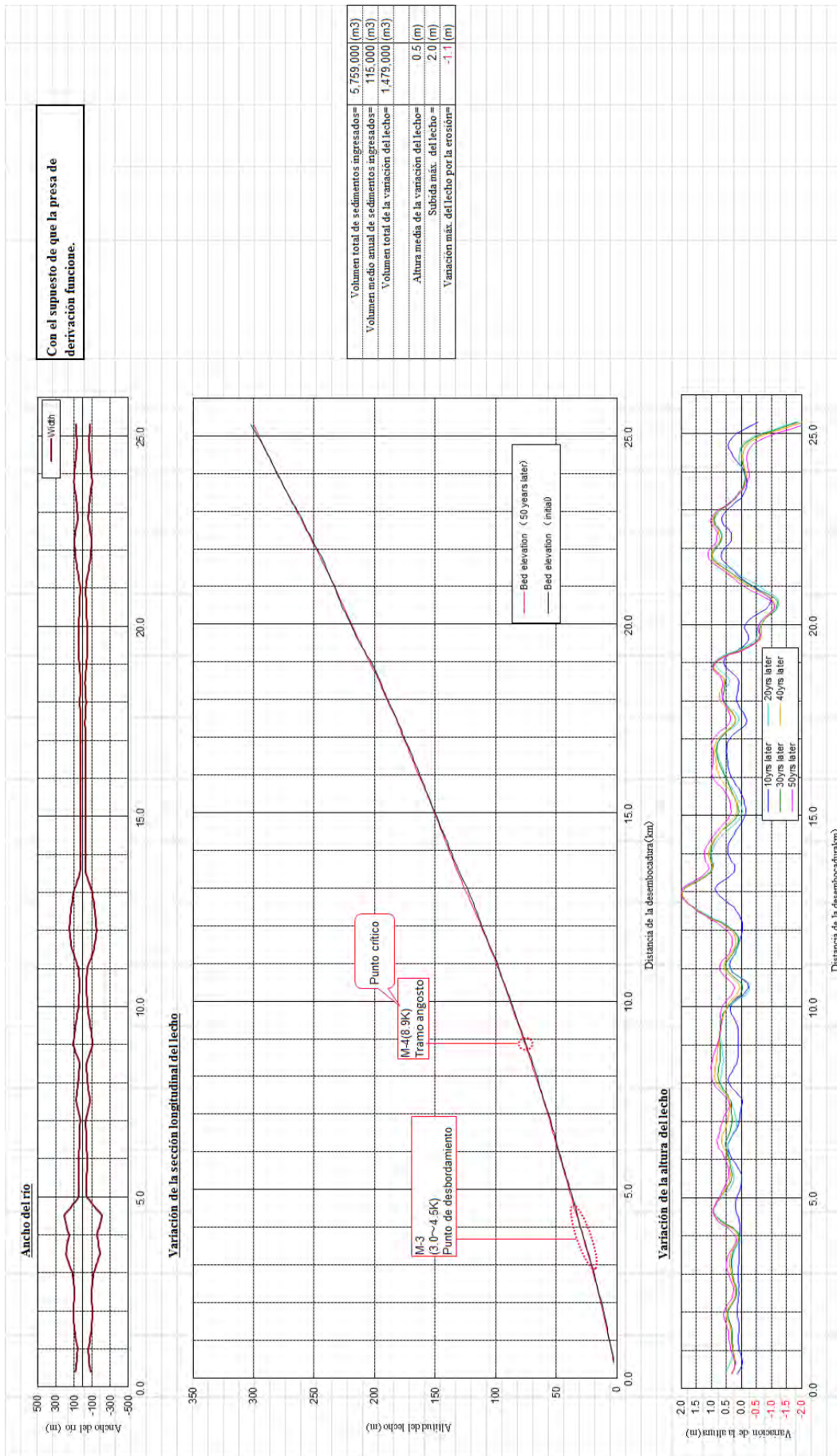


Figura 2.2-7 Resultado del análisis (Río Chincha (Matagente): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Matagente)

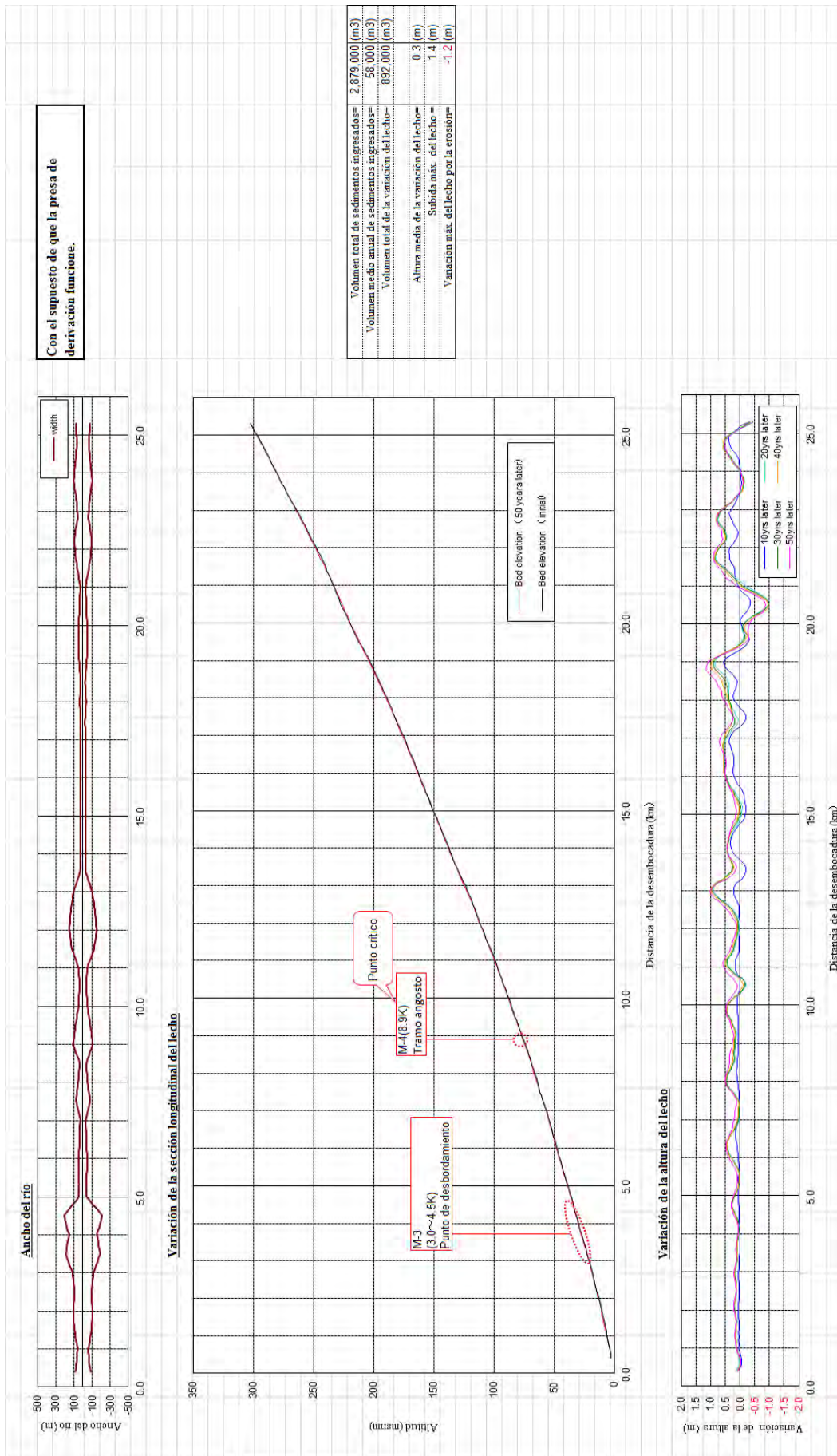


Figura 2.2-8 Resultado del análisis (Río Chincha (Matagente): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Matagente)

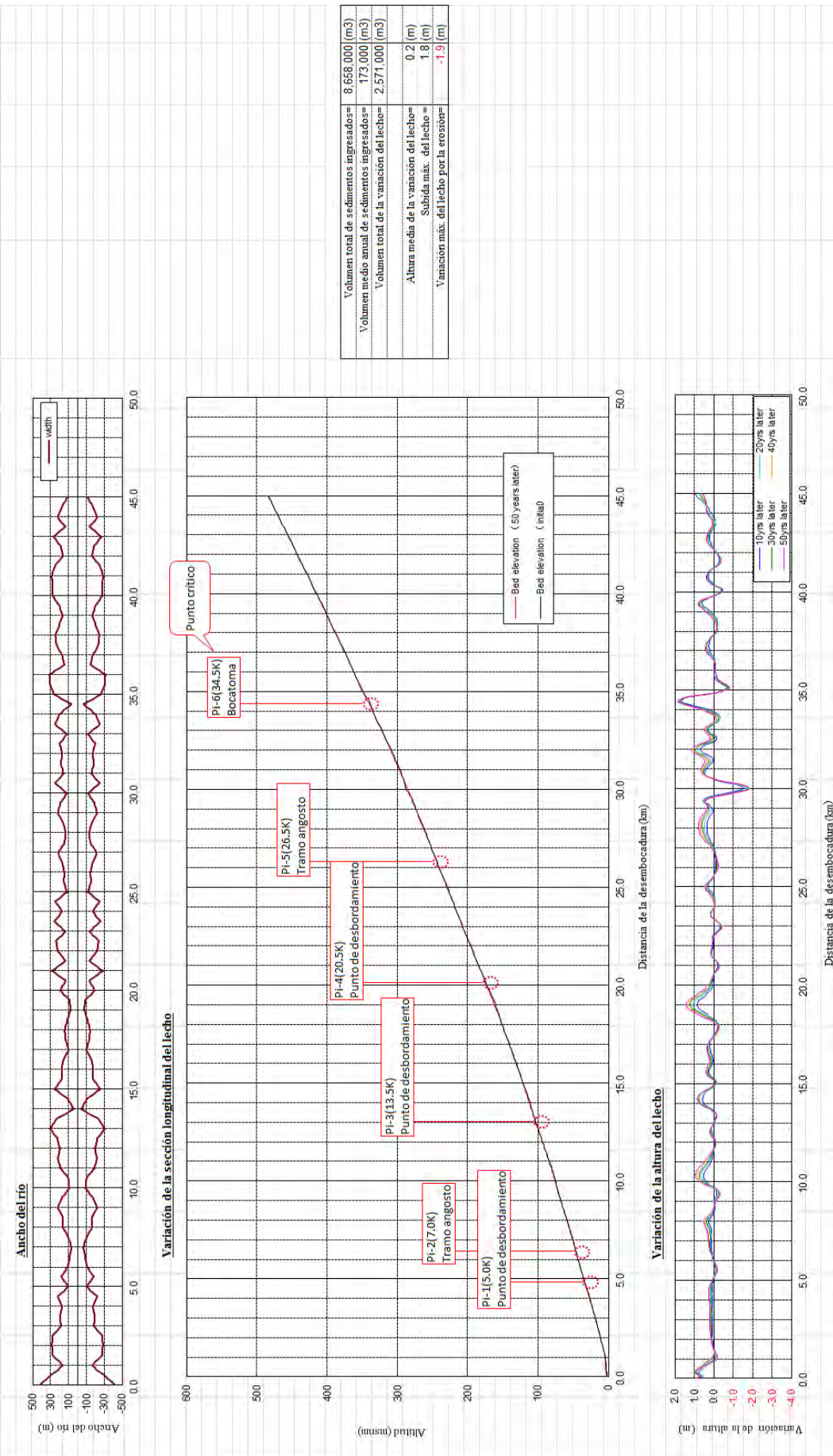


Figura 2.2-9 Resultado del análisis (Río Pisco)

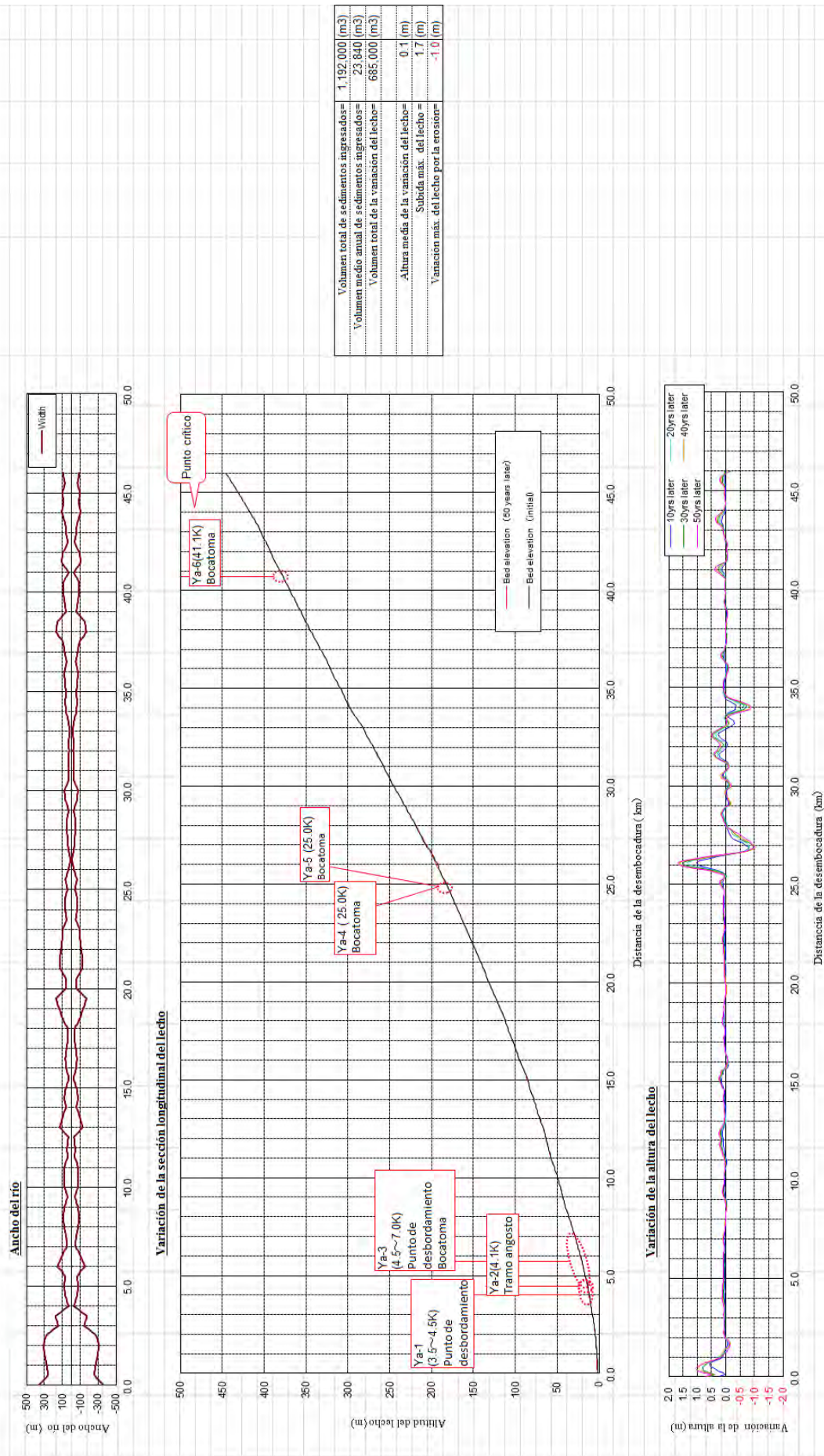


Figura 2.2-10 Resultado del análisis (Río Yauca)

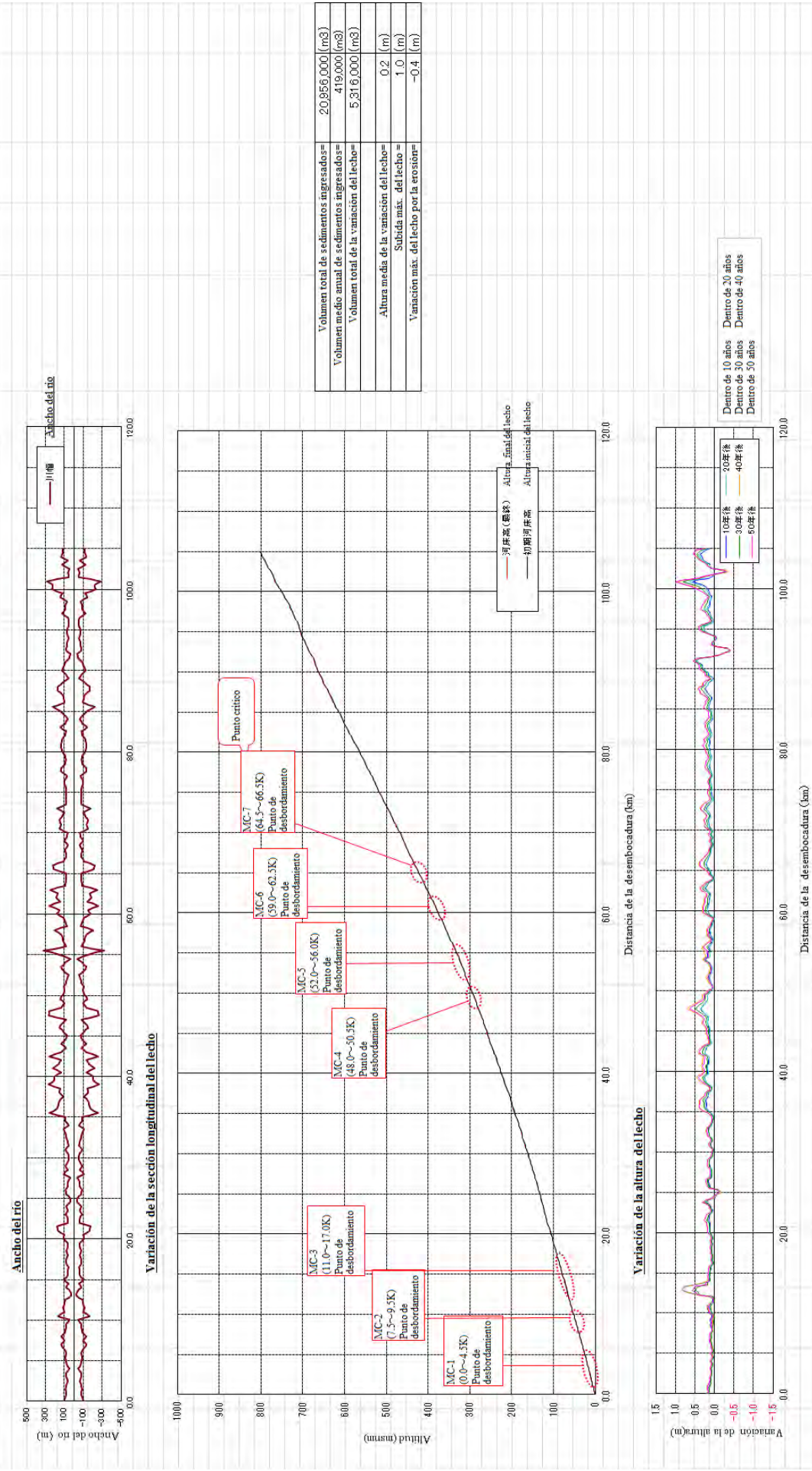


Figura 2.2-11 Resultado del análisis (Ríos Majes y Camaná)

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES
RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO*

2.3 Estudio sobre la necesidad de mantenimiento del lecho

En base al resultado del pronóstico sobre la variación del lecho en los 5 ríos objetivos para los próximos 50 años, se extraen los lugares donde se considera necesario realizar un mantenimiento futuro a largo plazo.

Tabla 2.3-1 Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 1)

Río		Extensión de la excavación		Método de mantenimiento
Río Chira		1 tramo	Tramo: 64,0 km-68,0 km Volumen: 2.500.000 m ³	Se considera necesario eliminar periódicamente los sedimentos que se acumularán aguas arriba de la presa Sullana. Dado que va a ser imposible eliminar la totalidad de los sedimentos por su elevado volumen, se dará mayor prioridad a la parte inmediatamente arriba de la presa fija por su importancia.
Río Cañete		1 tramo	Tramo: 3,0km-7,0km Volumen: 135.000m ³	Existen tramos desde donde se desbordó el agua del río. Se considera necesario realizar la excavación periódica en estos tramos porque su lecho irá elevándose gradualmente con el tiempo.
		2 tramo	Tramo: 27,0km-31,0km Volumen: 287.000m ³	El lecho en el tramo identificado puede elevarse debido a la falta de capacidad para discurrir suficientemente los sedimentos arrastrados. Se considera necesario realizar la excavación periódica en estos tramos porque su lecho irá elevándose gradualmente con el tiempo.
Río Chincha	(Chico)	1 tramo	Tramo : 3,5km-4,5km Volumen : 53.000m ³	Es un tramo desde donde se desbordó el agua del río. Se considera necesario realizar la excavación periódica en estos tramos porque su lecho irá elevándose gradualmente con el tiempo.
	(Matagente)	1 tramo	Tramo : 10,5km-13,5km Volumen : 229.000m ³	
			2 tramo	Tramo : 21,0km-23,5km Volumen : 197.000m ³
Río Pisco		1 tramo	Tramo: 18,0km-20,5km Volumen: 314.000m ³	Se considera necesario realizar la excavación periódica del lecho para prevenir el posible desbordamiento por su elevación gradual.
		2 tramo	Tramo: 34,0km-35,0km Volumen: 255.000m ³	La parte aguas arriba de las bocatomas existentes donde se amplía el río, es propensa a la acumulación de sedimentos y convendría realizar periódicamente la excavación del lecho con el fin de reducir el riesgo de elevación del lecho aguas abajo.
Río Yauca		1 tramo	Tramo: 25,5km-26,5km Volumen: 60.000m ³	Corresponde a la parte inmediatamente aguas arriba de la bocatoma existente. Se considera necesario realizar la excavación periódica para mantener el adecuado funcionamiento de la bocatoma.

* Volumen de sedimentos que se acumularán en 50 años

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES
RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO*

Tabla 2.3-2 Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 2)

Río	Extensión de la excavación		Método de mantenimiento
Majes-Camaná	Tramo 1	Tramo: km 12,0- km 13,0 Volumen de tierra: 70.000 m ³	Es un tramo donde puede elevarse considerablemente el lecho con poca cantidad de sedimentos por su angostura. Se recomienda realizar el dragado periódico anualmente para reducir su impacto a la bocatoma.
	Tramo 2	Tramo: km100,0-km 101,0 Volumen de tierra: 460.000 m ³	Es un tramo ensanchado donde se deposita fácilmente grandes cantidades de sedimentos. El dragado periódico de este tramo ayudaría también a controlar la elevación del lecho en la cuenca media. Es un punto donde debe realizar el dragado periódico desde el punto de vista del control de inundaciones.

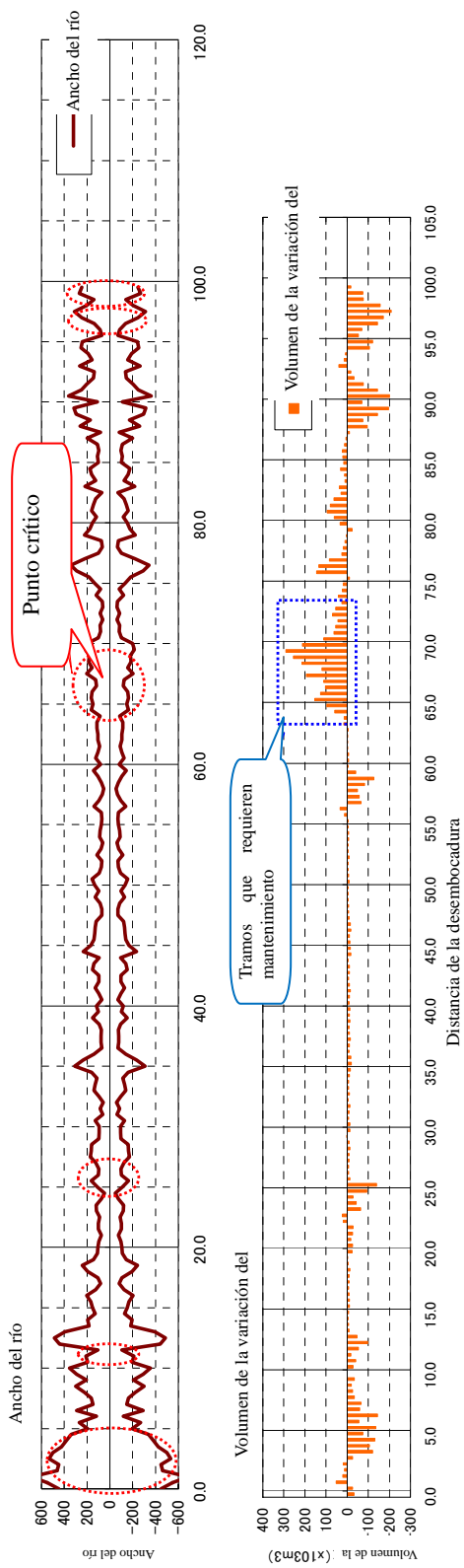


Figura 2.3-1 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chira)

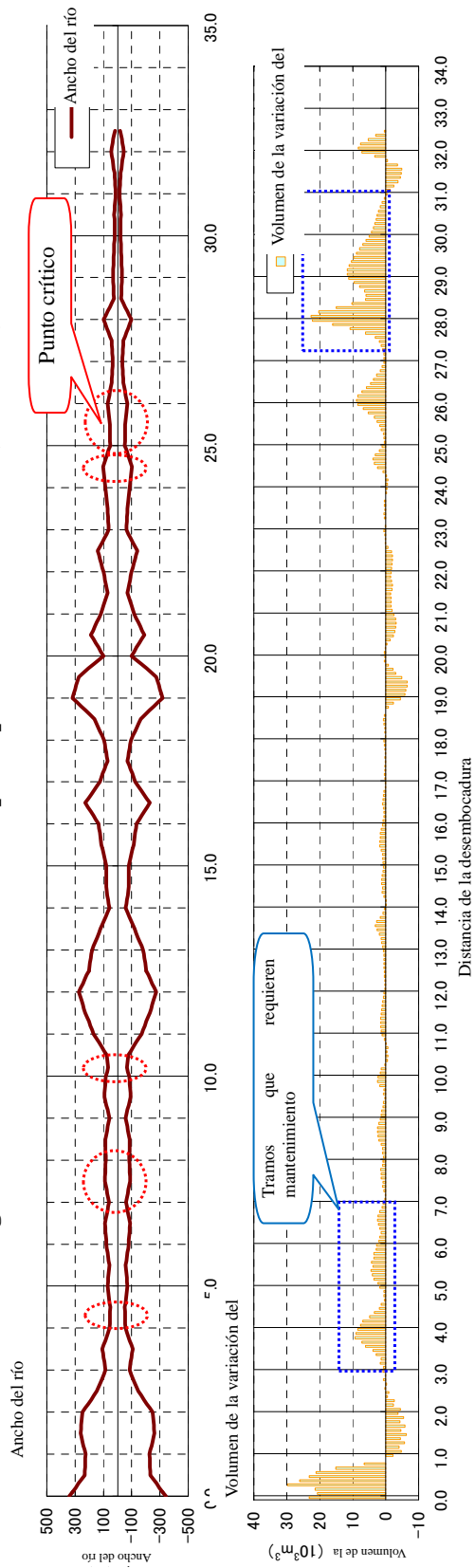


Figura 2.3-2 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Cañete)

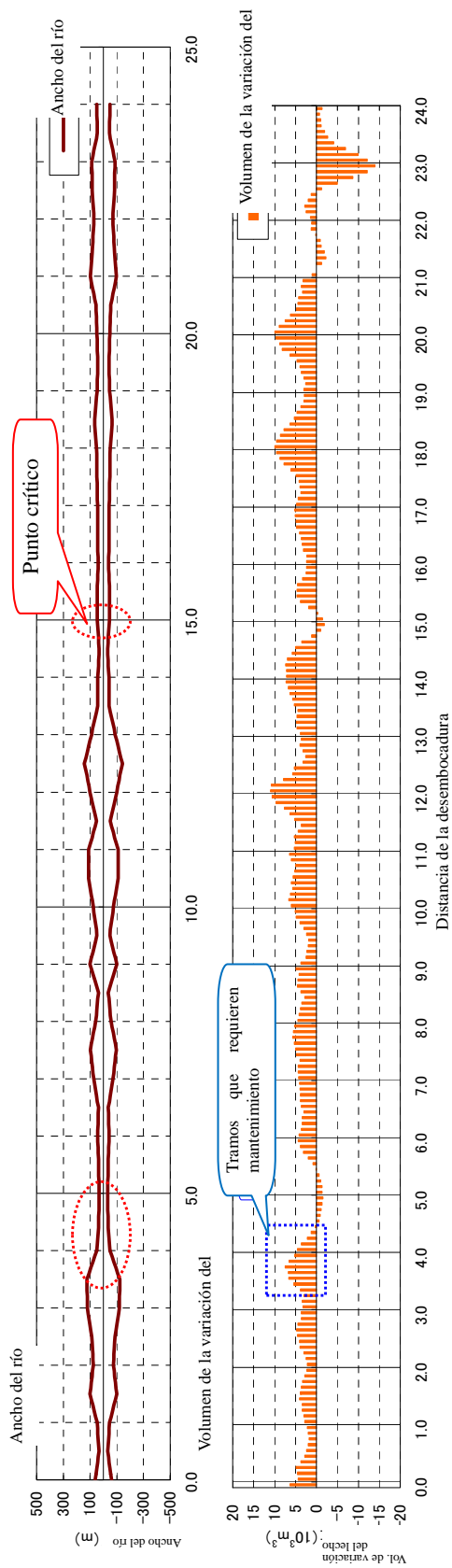


Figura 2.3-3 Tramo que requiere de mantenimiento (Río Chinchá - Chico)

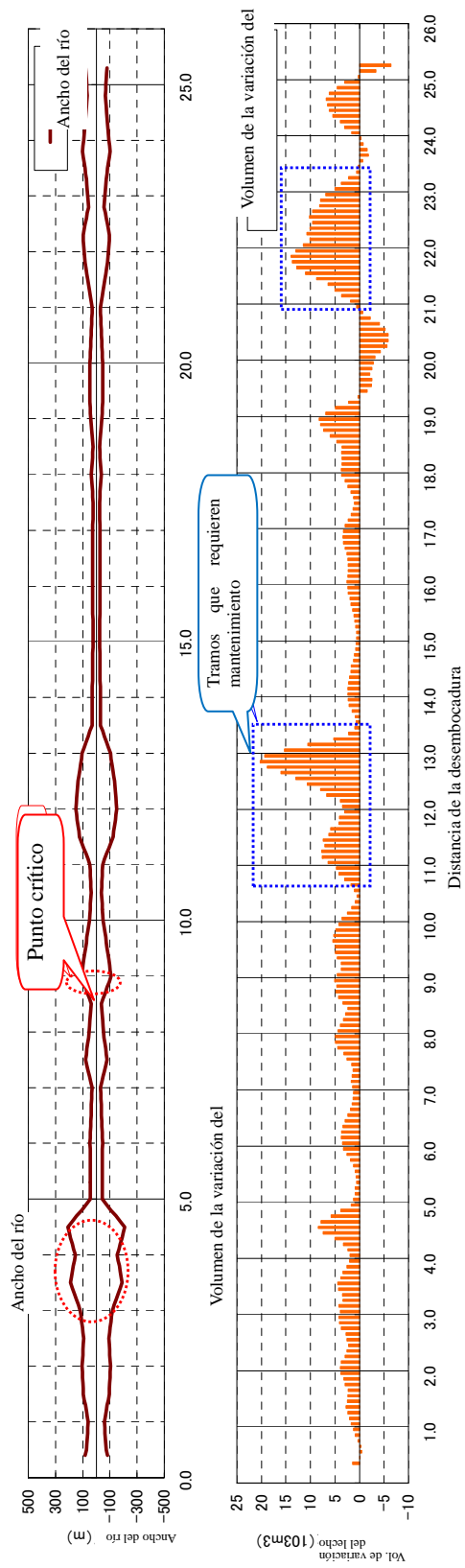


Figura 2.3-4 Tramo que requiere de mantenimiento (Río Chinchá - Matagente)

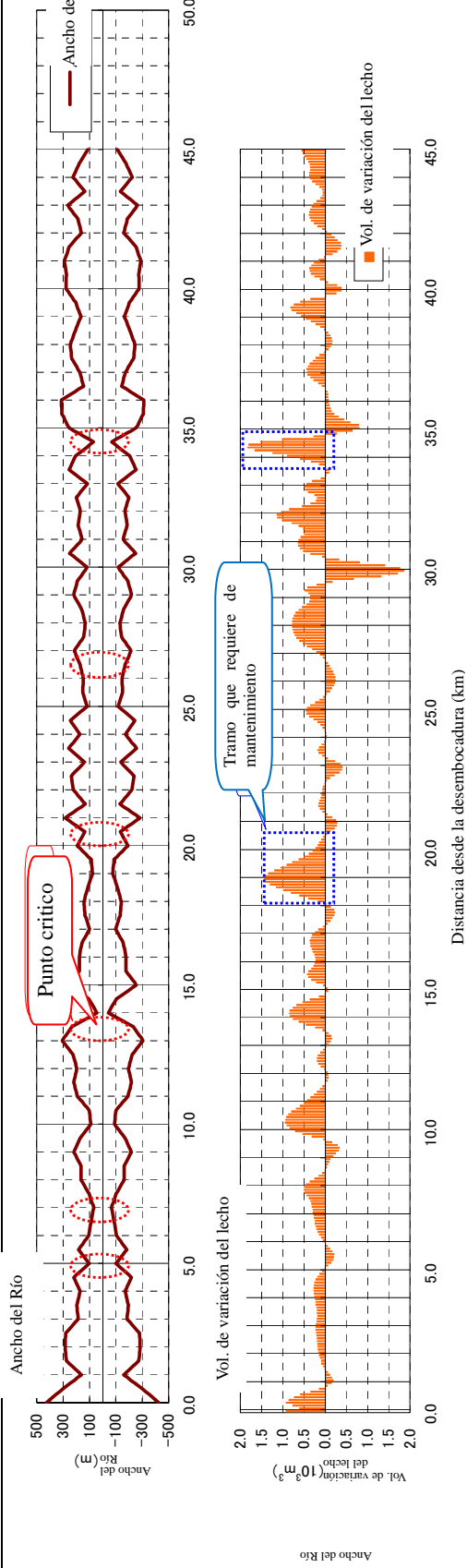


Figura 2.3-5 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Pisco)

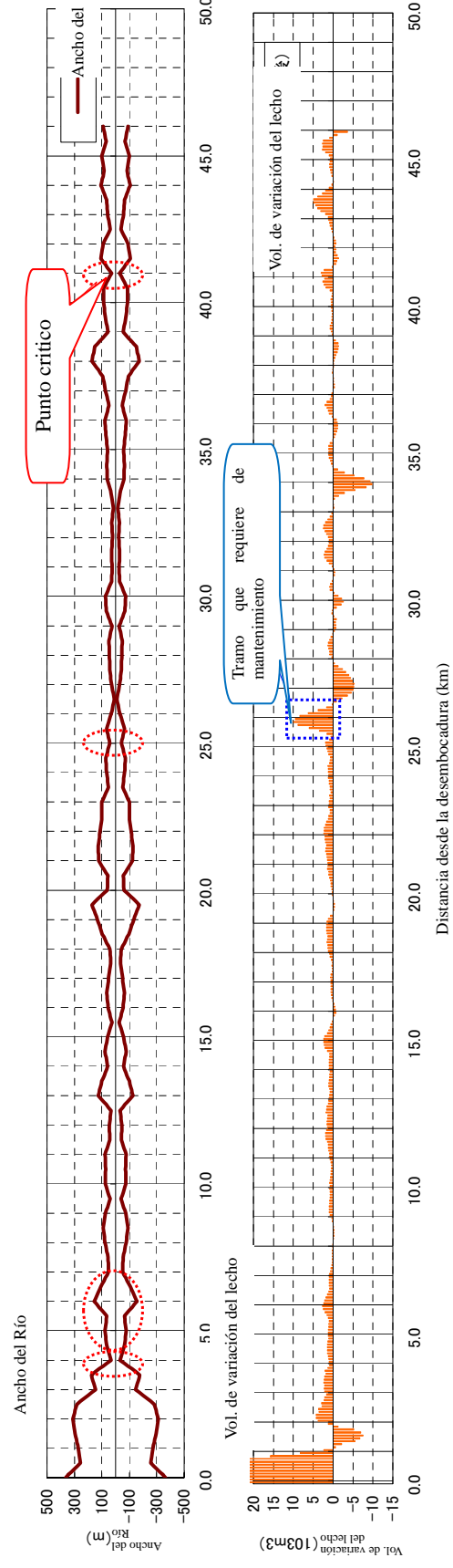


Figura 2.3-6 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Yauca)

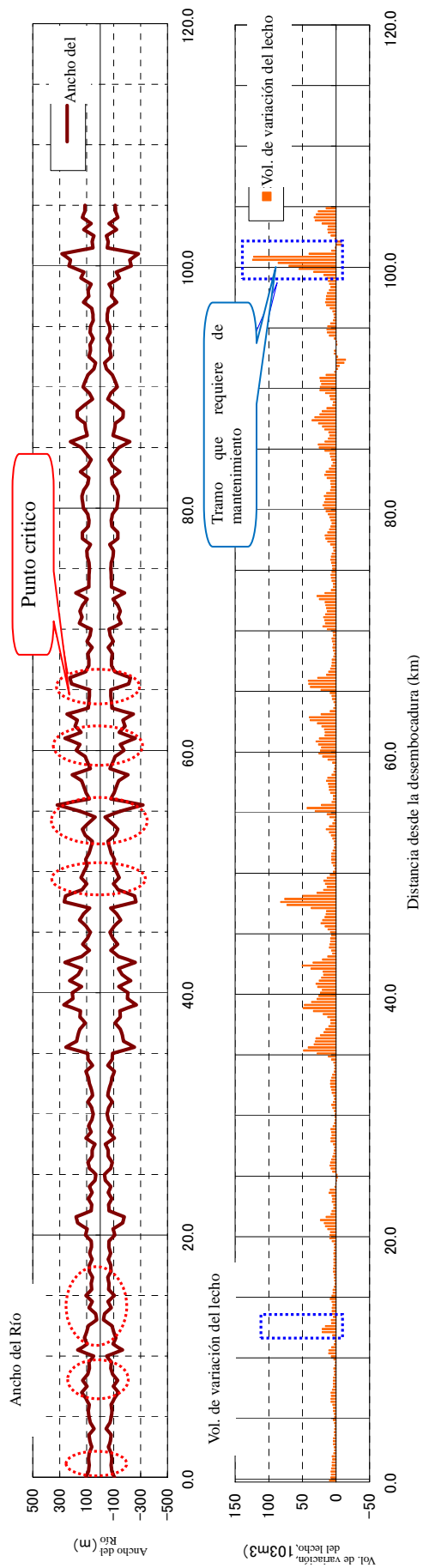


Figura 2.3-7 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Majes-Camaná)

2.4 Estudio sobre la necesidad de tomar medidas

Finalmente, de acuerdo con el resultado del levantamiento en los 5 ríos objetivos, se realiza un resumen de los lugares donde se requiere tomar medidas en vista del estado actual de acumulación de sedimentos, cuyo resultado se muestra en tabla 2.4-1. Por otra parte, para conocer dicho estado, se han tenido en cuenta la forma longitudinal del lecho y la inclinación longitudinal del mismo.

Tabla 2.4-1 Lugares de sedimentos acumulados en el cauce actual

No.	Río	Punto	Situación	Observaciones
1	Chira	64.0km aguas arriba (aguas arriba de la Presa Sullana)	La inclinación media del lecho curso arriba de la presa Sullana es muy suave, y se puede confirmar claramente el estado en que se acumulan los sedimentos curso arriba de la misma.	Refiérase a la figura 2.4-1.
2	Cañete	4.0km	La inclinación media del lecho es suave en comparación con la que se aprecia en los cursos arriba y abajo, razón por la cual se puede suponer que hay sedimentos acumulados.	Refiérase a la figura 2.4-2.
3	Cañete	10.0km	- ídem -	Refiéranse a la figura 2.4-2.
4	Chincha (Matagente)	9.0km	- ídem -	Refiéranse a la figura 2.4-3.
5	Pisco	7.5km	- ídem -	Refiéranse a la figura 2.4-4.
6	Yauca	4.5km	La inclinación media del lecho se hace muy suave desde el punto 5km hacia aguas abajo, razón por la cual se supone que hay sedimentos acumulados justo por debajo de dicho punto de transición.	Refiérase a la figura 2.4-5.
7	Majes y Camaná	96.0km	La inclinación media del lecho es suave en comparación con la que se aprecia en los cursos arriba y abajo, razón por la cual se supone que hay sedimentos acumulados.	Refiérase a la figura 2.4-6.

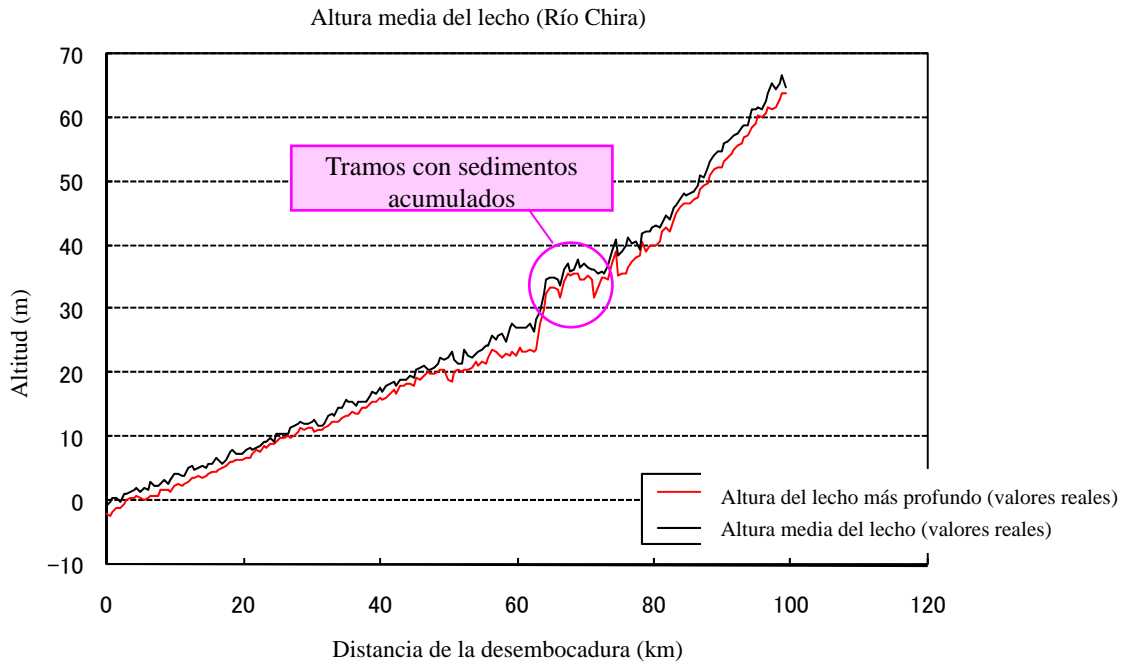


Figura 2.4-1 Forma longitudinal respecto a la altura media del lecho del río Chira

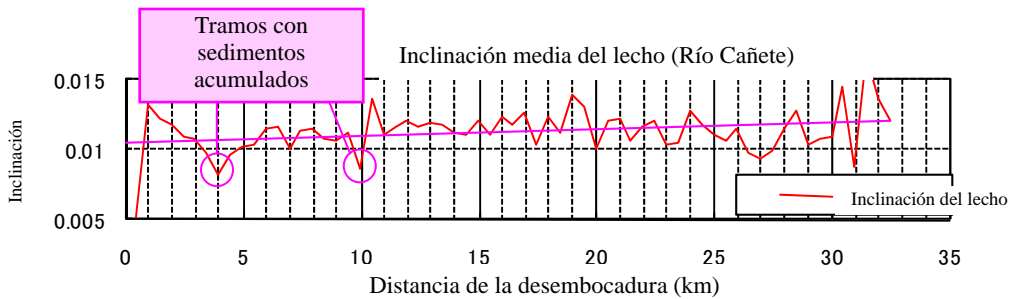


Figura 2.4-2 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Cañete

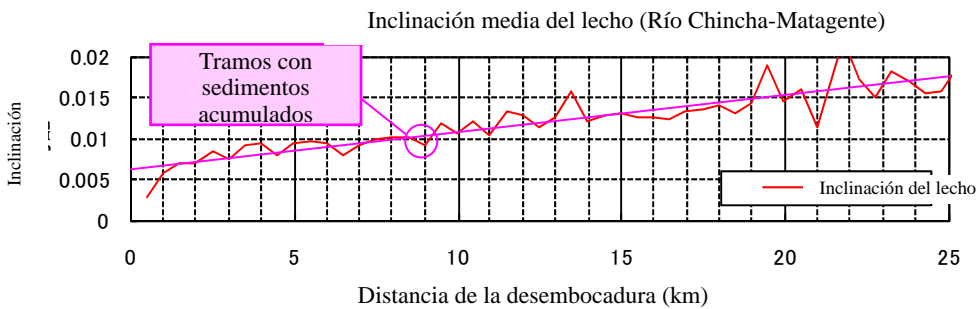


Figura 2.4-3 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Matagente

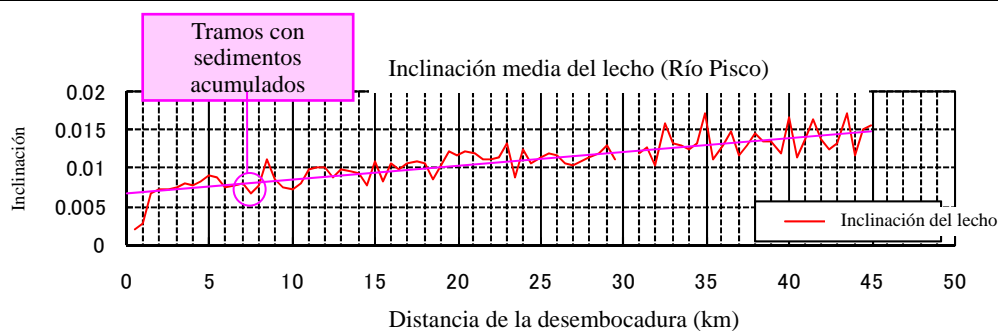


Figura 2.4-4 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Pisco

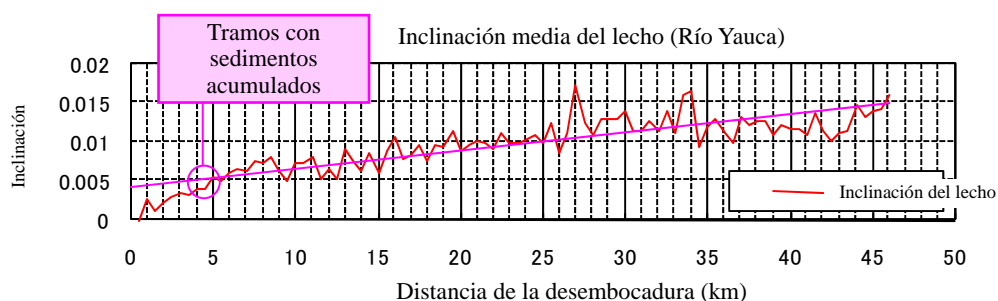


Figura 2.4-5 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Yauca

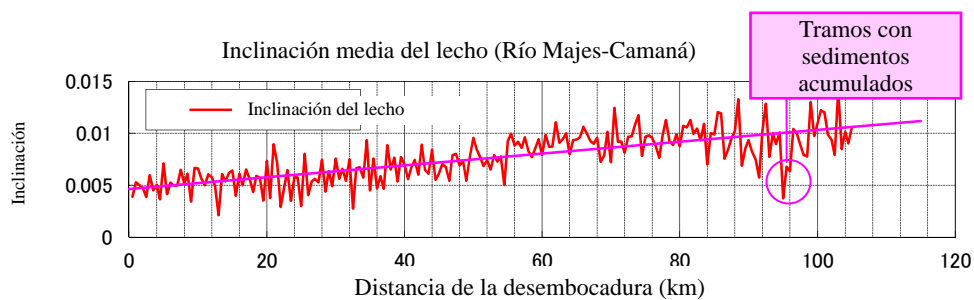


Figura 2.4-6 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Majes y Camaná