

4.- FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO

4.1.- Visión Estratégica, Objetivos y Metas

De acuerdo a los antecedentes recopilados y analizados, así como al diagnóstico formulado, se procedió a definir una propuesta de visión estratégica, objetivos y metas del Plan Maestro de Manejo de Cauce del río Cachapoal, para un horizonte de planificación de corto plazo (5 años) y mediano plazo (10 años), definiendo para dichos periodos la situación deseable en el cauce en estudio y sus áreas de influencia directa. Esta propuesta preliminar se elaboró con la participación del equipo multidisciplinario de profesionales que participan de la presente consultoría y fue presentada y discutida con los distintos actores de la zona en estudio, en el segundo Taller de Participación Ciudadana realizado en el contexto de la presente Consultoría.

La visión estratégica, objetivos y metas propuestos, se enmarcan en el objetivo superior permanente de la DOH en relación al manejo de los cauces y corresponde a la puesta en marcha de acciones destinadas a evitar ó minimizar los daños generados por las crecidas del río Cachapoal, sobre los habitantes ribereños y bienes privados y públicos, incorporando a la comunidad para participar en alguna forma en el manejo y control del cauce, en orden a mejorar con estas acciones los aspectos ambientales de las áreas ribereñas al cauce.

4.1.1.- Visión Estratégica del Plan

La visión estratégica del Plan Maestro de Manejo de Cauce del río Cachapoal, se resume en lo siguiente:

“Materializar en el corto y mediano plazo, a través de la aplicación de medidas estructurales y no estructurales que se proponen, un manejo del cauce que permita evitar los daños mayores ocasionados por las crecidas, promoviendo a la vez una explotación racional de los recursos asociados a él”.

Dentro de la visión estratégica, se consideró fundamental la definición de criterios básicos para la priorización de las medidas estructurales y no estructurales del Plan propuesto. Dichos criterios se enuncian a continuación.

Criterios Básicos de Priorización

i) **Priorización por Riesgo**

Considera al factor **Amenaza** de un desborde o socavación en un sector crítico de ribera, y al factor de **Vulnerabilidad** de un área amenazada. El primero de ellos está asociado a la probabilidad de ocurrencia de un episodio negativo debido a la magnitud de una crecida y a las condiciones de mayor o menor resistencia a las solicitaciones hidráulicas de la ribera en el sector referido. El segundo de ellos, la Vulnerabilidad, está asociado a la magnitud de los bienes y personas situadas en las áreas con riesgo de ser afectadas.

ii) **Priorización por Rentabilidad Económica**

Considera al factor **Costo** de las obras propuestas y al **Beneficio Económico**, es decir, el valor de los bienes amenazados que serían protegidos por ellas, lo que se ha denominado **Daño Evitado**.

4.1.2.- Objetivos del Plan

De acuerdo a la propuesta de visión estratégica del Plan Maestro enunciada, a continuación se plantean los siguientes objetivos específicos:

- a) Formular, a nivel de perfil de proyecto, un programa de medidas estructurales constituido por una proposición de obras de defensas fluviales a construir en el río Cachapoal en el corto (5 años) y mediano (10 años) plazo, en sectores específicos de mayor riesgo, o **Sectores Críticos**.
- b) Definir, a nivel de perfil de proyecto, un programa de medidas no-estructurales a poner en práctica en el corto y mediano plazo, relacionadas básicamente con las siguientes acciones:
 - Planes de Contingencia
 - Programa de Educación Ambiental
 - Plan de Ordenamiento del Cauce
 - Programa de Promoción del Plan
- c) Formular los lineamientos generales para el desarrollo de un programa de reforestación de riberas en los sectores críticos del cauce en estudio.
- d) Elaborar un Análisis Ambiental asociado a las medidas estructurales y no-estructurales propuestas para el río Cachapoal.
- e) Desarrollar un Sistema Geográfico de Información (SIG), que contenga la información levantada, el diagnóstico y las medidas propuestas por el Plan Maestro, que sirva de apoyo a la toma de decisiones técnico-políticas para aplicar en el manejo del cauce del río Cachapoal.

4.1.3.- Metas del Plan

Las acciones propuestas a desarrollar por el Plan de Manejo, corresponden a un conjunto de medidas que se plantea ejecutar en el corto y mediano plazo.

a) Metas a Corto Plazo (5 Años)

Las medidas propuestas a ejecutar en corto plazo corresponden a aquellas que por su naturaleza, o localización en zonas definidas como de alta prioridad, deben ponerse en marcha al inicio del Plan de Manejo, dado los riesgos sociales y económicos asociados a la ocurrencia de eventos de crecidas extremos.

Las medidas estructurales y no estructurales propuestas son las siguientes:

- Diseñar y ejecutar las obras de defensas fluviales que permitan el control y manejo de las inundaciones y erosiones de ribera que afectan a centros poblados, infraestructura pública y sectores agrícolas relevantes, de acuerdo al programa de obras e inversiones establecido en el Plan, basado fundamentalmente en las prioridades determinadas para los sectores críticos de las riberas.
- Establecer acuerdos de cooperación y trabajo en conjunto con instituciones públicas, privadas y organizaciones comunitarias relacionadas con los cauces en estudio y sus áreas de influencia directa.

- Obtener una adecuada regulación de las actividades de extracción de áridos desde el cauce y operación de las bocatomas de riego, mediante una proposición de medidas orientadas a tales objetivos
- Diseñar e iniciar la puesta en marcha de un sistema orgánico de vigilancia y monitoreo del cauces que asegure el cumplimiento de los proyectos de extracción de áridos y la operación adecuada de las bocatomas.
- Efectuar un análisis crítico del Plan Maestro en la medida de su materialización en el tiempo, formulado, modificando y/o reestructurando los aspectos y medidas planteadas, de acuerdo a los resultados obtenidos de su aplicación.
- Mantener la continuidad operativa, a través del tiempo, del Sistema de Información Geográfica, SIG, desarrollado en este Estudio, mediante una adecuada actualización de la información contenida y de la tecnología aplicada.

b) Metas a Mediano Plazo (10 Años)

Estas medidas corresponden, en general, a acciones complementarias a las desarrolladas en el corto plazo, y tienen como finalidad consolidar y ampliar los sistemas propuestos para el manejo del cauce del río Cachapoal.

Las medidas estructurales y no estructurales propuestas son las siguientes:

- Completar la ejecución de las obras de defensas fluviales y medidas no estructurales propuestas en el Plan, para el resto de los sectores de menor prioridad que los ya abordados en el corto plazo.
- Tener todas las bocatomas de canales de regadío equipadas con estructuras de control de ingreso de agua y defendidas contra los efectos de las crecidas.
- Tener fijados los deslindes de las propiedades ribereñas con los cauces en los sectores de interés que han sido definidos por la Inspección y propuestos por la Consultora, con su aprobación.
- Tener reforestadas las riberas del cauce en los sectores programados.
- Efectuar un análisis crítico periódico del Plan Maestro formulado, modificando y/o reestructurando los aspectos y medidas planteadas, de acuerdo a los resultados obtenidos de su aplicación en el tiempo.
- Mantener actualizado y operativo el SIG desarrollado para el cauce en estudio.

4.2.- Definición Medidas Estructurales

4.2.1.- Generalidades

De acuerdo al diagnóstico del área en estudio, a partir del cual se formuló la visión estratégica y objetivos del plan, se planteó un conjunto de medidas estructurales y no estructurales que permiten dar solución a los problemas identificados.

En el presente capítulo se plantean y desarrollan, a nivel de perfil de proyecto, las medidas estructurales propuestas para dar solución a los problemas identificados en el diagnóstico. Las medidas

planteadas corresponden a la ejecución de obras de defensas fluviales tales como peralte y protección de riberas con enrocado, pretils y espigones transversales o longitudinales, como también obras de reforzamiento, complementación y ampliación de defensas existentes

Asimismo, dentro del mismo objetivo de dar solución a los problemas fluviales reduciendo los riesgos de inundaciones y socavaciones en las áreas amenazadas, a nivel general se formulan otros tipos de soluciones estructurales, tales como son el mejoramiento y/o el reforzamiento estructural de bocatomas de canales existentes en el cauce, y la reforestación de riberas.

En la Figura N°4.1 se presenta un esquema a través del cual se visualiza la relación existente entre diagnóstico, objetivos del plan y medidas estructurales y no estructurales propuestas.

Las medidas estructurales propuestas se refieren a obras de defensas fluviales y obras de mejoramiento de bocatomas. En forma complementaria se plantean trabajos de reforestación de riberas.

Ambas medidas permiten el cumplimiento de los objetivos 1 y 2 del plan (ver Figura N°4.1) los cuales se encuentran relacionados con los aspectos diagnosticados de inundación de sectores urbanos y agrícolas y de pérdida de terreno por erosión de ribera.

En los puntos siguientes del presente capítulo, se entregan las medidas estructurales, en tanto que las no estructurales se presentan en el punto 4.3 del presente capítulo.

4.2.2.- Obras Fluviales

a) Planteamiento General

Las medidas estructurales que se plantean en el presente Plan Maestro, corresponden básicamente a obras de defensas fluviales cuyo objetivo se orienta a la protección de los sectores críticos de ribera, identificados en el diagnóstico. Estas medidas son de responsabilidad de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, a través de su Departamento de Obras Fluviales. Generalmente estas obras son financiadas con fondos sectoriales de la DOH, o con fondos regionales FNDP, aunque legalmente ellas también pueden ser ejecutadas con financiamiento compartido con municipios o particulares ribereños, o enteramente financiadas por estos últimos, contando con proyectos aprobados por la DOH.

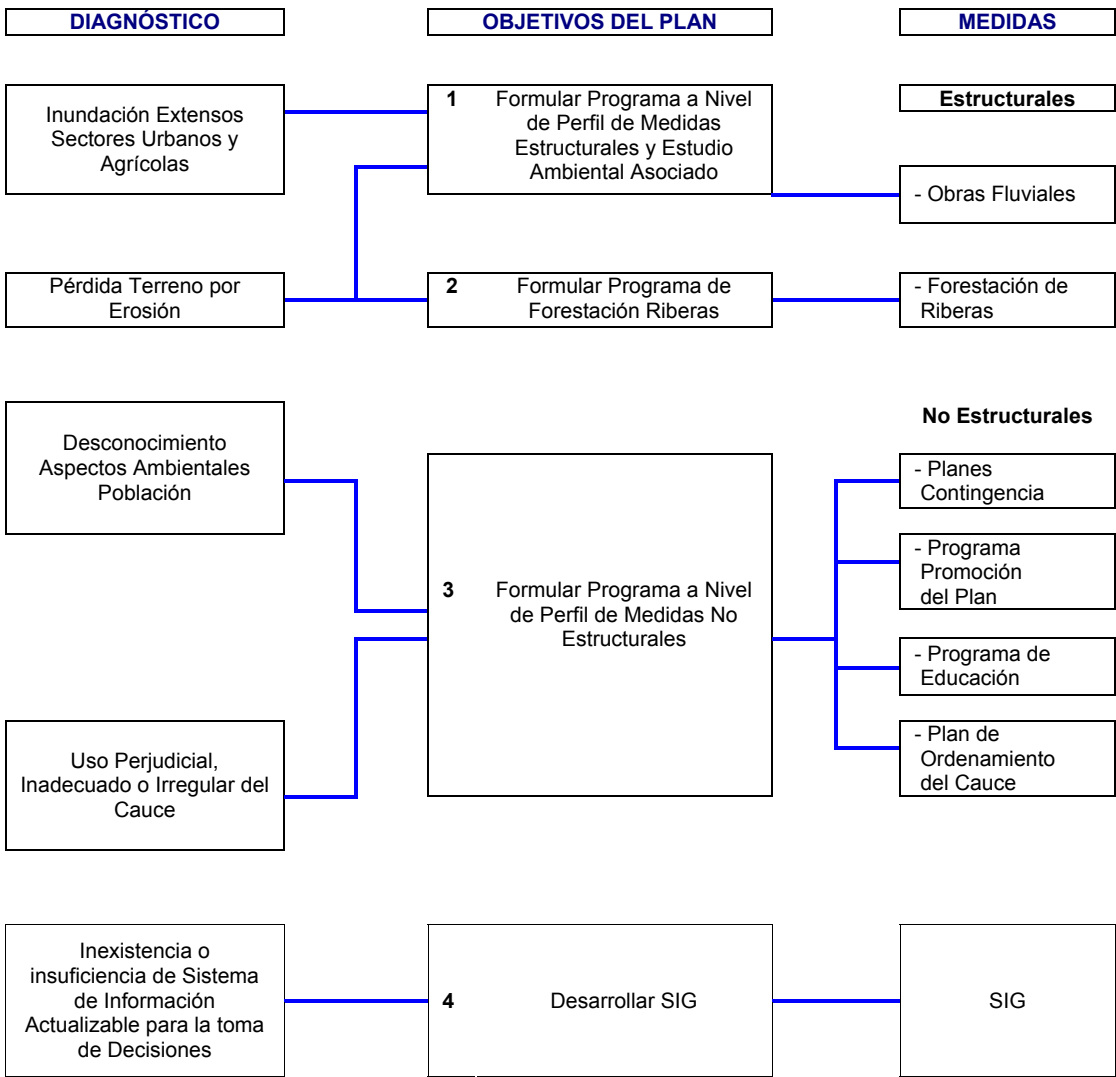
Además de las obras propuestas en el Plan se formulan proposiciones de forestación de riberas, actividades en las que en el pasado ya ha participado CONAF, en conjunto con la Dirección de Obras Hidráulicas de la Sexta Región, mediante Convenio que ha sido suscrito entre ambos organismos. Se estima conveniente el empleo de un mecanismo de este tipo para la consecución de los objetivos del Plan en este aspecto.

En este Estudio se presenta una proposición de forestación de áreas específicas, estimándose su costo y dejando expresamente señalado que podrá ser ejecutada conforme a las funciones, atribuciones y programación del servicio correspondiente.

En la concepción de las soluciones estructurales propuestas, se tomó debida consideración, además de su efectividad como protección de ribera, de su costo y de sus posibles efectos ambientales positivos o negativos.

FIGURA N°4.1

INTERRELACIÓN ENTRE DIAGNÓSTICO, OBJETIVOS DEL PLAN Y MEDIDAS PROPUESTAS



Con relación a las obras fluviales, mayor detalle de éstas se presentan en la Fichas de Obras Propuestas, presentadas en el Anexo N°7, que incluyen la información respecto a sus localizaciones, la descripción de sus elementos constitutivos, y la justificación de cada una de ellas. Las soluciones planteadas son representadas en las fichas mediante esquemas sobre una base fotográfica aérea, donde se presenta la idea básica de la solución prevista para cada sector, mostrando los elementos que la componen, sus principales características, los objetivos perseguidos con la obra y los efectos esperados.

Las obras fluviales propuestas son diseñadas para caudales con período de retorno de 100 años.

Las soluciones formuladas en el Plan Maestro se sostienen sobre la premisa básica de minimizar las externalidades negativas que pudiesen asociarse a las obras propuestas, planteándose el empleo de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Según las características especiales del río Cachapoal, y de acuerdo a los antecedentes recopilados y generados, particularmente los referidos a la identificación de los sectores críticos, al diagnóstico del área en estudio y a la visión, objetivos y metas del Plan Maestro, el esquema de solución propuesto plantea el desarrollo de sistemas de obras fluviales cuyo objetivo es proteger áreas con historial de inundaciones y socavaciones que han afectado a terrenos agrícolas, viviendas y otras construcciones. Estos sistemas corresponden a conjuntos de obras independientes, localizadas en diferentes tramos de la ribera, en zonas que han presentado históricamente desbordes, afectando áreas pobladas y terrenos agrícolas de alta productividad. Las obras definidas dentro de cada sistema, actúan conjuntamente para defender toda una zona y por lo tanto, se considera que sus beneficios corresponden al daño evitado en toda la zona asociada.

Dadas las especiales condiciones del río Cachapoal en el sector en estudio, con gran número de obras de defensas fluviales existentes, los sistemas de obras propuestos en general consideran la incorporación de dichas obras en las soluciones propuestas, tomando en consideración el comportamiento observado y la condición actual de ellas, de acuerdo al diagnóstico realizado.

En la definición y prediseño de las obras que incluye el Plan, se consideró en forma especial las características de los sectores a defender en lo relativo a su conformación geomorfológica y a los objetivos específicos de las obras propuestas en cuanto al control de inundaciones y/o defensa contra la erosión de ribera.

b) Tipificación de Obras

A continuación se entrega una descripción general de los tipos de defensas propuestas, desarrolladas a nivel de perfil de proyecto en el presente estudio.

- **Reparación, Mejoramiento y Complementación de Obras Existentes:** Complementación de fundaciones, reposición de pérdida de enrocados, peraltamientos de ribera entre espigones existente y en otros sectores deficitarios en este aspecto, enlace de sectores actualmente defendidos, para dar continuidad a obras existentes, etc.
- **Peraltamiento de Ribera:** Construcción de terraplenes o pretilos sobre la ribera, para impedir el desborde en sectores con altura de ribera insuficiente.
- **Protección de Ribera. Materiales a Emplear:** Defensa de las orillas o márgenes del río mediante elementos que impiden la erosión y/o desborde de la misma. De acuerdo a las cotas de las riberas, en general estas obras van asociadas al peraltamiento de ellas.

Las defensas pueden materializarse mediante obras longitudinales paralelas a la ribera, (como los revestimientos de ribera) o perpendiculares a ella (como los espigones).

El material básico utilizado en las obras de defensa es generalmente la roca de cantera (rocas fracturadas, sanas, de aristas vivas y tamaños adecuados para no ser arrastradas por el escurrimiento. Para las condiciones propias del río en estudio, normalmente sus pesos individuales deben ser mayores que 250 kg y menores de 2.000 Kg. Las rocas se colocan sobre un talud previamente preparado, trabadas unas con otras formando un solo cuerpo. No se emplean elementos ligantes.

El enrocado, llamado también escollera o rip-rap, por sus características técnicas apropiadas para ser empleadas en cursos torrenciales, y costo comparativamente menores, es un material de defensa de empleo universal en la ingeniería fluvial, y particularmente en ese tipo de ríos. Al respecto se puede mencionar una estadística reciente en los EEUU sobre materiales empleados en defensas, que señala que el 60% de las riberas protegidas emplean

roca, seguido de un 10% de márgenes protegidos con gaviones, 5% emplean hormigón, 3% suelo-cemento y 22% otros materiales.

Sólo la inexistencia de canteras en el área, o si se localizan a grandes distancias de la obra, u otros factores económicos o sociales, como puede ser la necesidad de elegir una alternativa que proporcione mayor empleo de mano de obra no calificada, como es el caso de los gaviones, en general resulta la alternativa de mayor conveniencia.

En el país su aplicación es extensiva, adaptándose satisfactoriamente a los ríos de alta pendiente y arrastres de fondo grueso, característicos de los ríos de la Zona Central.

La alternativa de gaviones como material de defensa, bajo estas condiciones presenta una menor vida útil debido a los efectos abrasivos sobre las mallas de los gruesos materiales de arrastre, y/o los efectos corrosivos de las aguas sobre los metales, aún sobre los recubrimientos galvanizados de las mallas, que han sido observados.

En el caso del río Cachapoal en el tramo de este estudio, vista la cercanía de canteras a las obras previstas a ejecutar, con rocas de buena calidad, y observándose cómo la generalidad de las obras existentes en ese curso han empleado los enrocados con buenos resultados, se ha considerado la conveniencia de su utilización general en las obras de protección propuestas entre las soluciones estructurales.

c) Prediseño de Obras

i) Criterios de Prediseño

Los criterios generales aplicados en la definición y el prediseño de las obras, fueron:

- Se definen obras de carácter permanente, no incorporando las de tipo transitorio que puedan presentar un alto riesgo de ser dañadas frente a eventos de crecidas extremas.
- Las obras de defensa contra inundaciones de áreas pobladas se prediseñan para crecidas extremas con período de retorno de 100 años.
- Las obras propuestas se localizan de manera de generar la menor alteración posible al cauce, manteniendo sus características naturales para reducir el efecto de las obras sobre el comportamiento hidráulico y mecánico fluvial del río.
- En la concepción de las obras individuales o de los conjuntos de obras propuestos, se integran, mejoran o complementan las obras existentes, para maximizar su utilidad como protección de ribera

ii) Tipos y Características Generales de las Obras

Los tipos de obras propuestas para los distintos sectores se presentan mediante las Figuras N°4.2 a N°4.8 que se insertan más adelante. Los tipos de obras se indican en la siguiente tabla.

TABLA N°4.1**TIPO DE OBRAS PROPUESTAS**

Figura N°	Tipo de Obra
4.2	Revestimiento de Ribera con Enrocado
4.3	Pretil Revestido con Enrocado
4.4	Dique Revestido con Conglomerado de Cantera
4.5	Espigón no Sumergido
4.6-A	Espigón Sumergido de Defensa de Ribera
4.6-B	Espigón Sumergido Reforzamiento Defensa
4.7	Dique de Material Fluvial (Peraltamiento de Ribera)
4.8	Pretil de Material Fluvial (Peraltamiento de Ribera)

Los tipos de obras propuestos en cada sector, fueron seleccionados sobre la base de los siguientes criterios generales:

- **Revestimiento de Ribera con Enrocado (Figura N°4.2):** Sectores de ribera en proceso de socavación y en general de insuficiente altura (superable por crecidas) donde actualmente no existen defensas. Esta obra, que resulta de mayor costo que los sistemas de espigones, se ha seleccionado en sectores donde el cauce es angosto, como también en zonas donde es recomendable materializar una transición hidráulica. Estas obras en general consideran peraltamientos de ribera.
- **Pretil Revestido con Enrocado (Figura N°4.3):** Se selecciona esta obra en sectores donde se estima necesario crear una transición hidráulica y/o cerrar antiguo desborde hacia ribera.
- **Dique Revestido con Conglomerado de Cantera (Figura N°4.4):** Sectores del cauce con régimen lento. Corresponde a un Dique interceptor en terraza relativamente alta pero inundable en crecidas mayores.
- **Espigón no Sumergido (Figura N°4.5):** Sectores de ribera en proceso de socavación y en general baja (superable por crecidas) donde actualmente no existen defensas. Este tipo de obra es adecuado en sectores donde el cauce tiene mayor ancho. Se prefiere en dichos casos, por ser más económica que las defensas corridas. En general se propone en ambas riberas.
- **Espigón Sumergido de Defensa de Ribera (Figura N°4.6-A):** Este tipo de obra se propone en situaciones donde se requiere defender una ribera peraltada (natural o artificial) y el cauce tiene un ancho intermedio, insuficiente para espigones no sumergidos, pero que no tan reducido como para justificar una defensa corrida.
- **Espigón Sumergido Reforzamiento Defensa (Figura N°4.6-B):** Se propone como reforzamiento de defensa existente con problemas de fundación.
- **Dique de Material Fluvial (Peraltamiento de Ribera) (Figura N°4.7):** Se propone como complemento de obras de protección (como N°4.6-A), en áreas de inundación con regímenes de escurrimiento lento. Su objetivo es evitar desbordes.
- **Pretil de Material Fluvial (Peraltamiento de Ribera) (Figura N°4.8):** Peralte de ribera para evitar desbordes, que complementa sistemas de espigones de defensa.

FIGURA N°4.2

REVESTIMIENTO DE RIBERA CON ENROCADO

FIGURA N°4.3

PRETIL REVESTIDO CON ENROCADO

FIGURA N°4.4

DIQUE REVESTIDO CON CONGLOMERADO DE CANTERA

FIGURA N°4.5
ESPIGÓN NO SUMERGIDO

FIGURA N°4.6-A

ESPIGÓN SUMERGIDO DE DEFENSA DE RIBERA

FIGURA N°4.6-B

ESPIGÓN SUMERGIDO DE REFORZAMIENTO DEFENSA EXISTENTE

FIGURA N°4.7

DIQUE DE MATERIAL FLUVIAL PARA PERALTAMIENTO DE RIBERA

FIGURA N°4.8

PRETIL DE MATERIAL FLUVIAL PARA PERALTAMIENTO DE RIBERA

iii) Obras Propuestas

Las obras de defensas fluviales propuestas se presentan en el Anexo N°7, en fichas que contienen su nombre, código de identificación, localización según su ribera y kilometraje en el cauce, sus elementos componentes, su descripción y justificación. Incluyen, además, un croquis que muestra en planta los elementos que la componen dispuestos sobre una imagen fotográfica aérea.

En la Tabla N°4.2, se entrega, para la ribera izquierda y derecha, un resumen de las obras propuestas en cada sector.

En la primera columna de las tablas referidas, para cada una de las obras propuestas se señala un código **PR-L** que indica lo siguiente:

- P** : Señala que se trata de una obra propuesta, del PLAN, para diferenciarlas de las obras existentes, del catastro, cuya letra de código es E.
- R** : Señala si la obra se sitúa en la ribera derecha o izquierda, indicándose con las letras D ó I, respectivamente.
- L** : Es un número de 4 dígitos (NNNN), que representa aproximadamente el kilometraje medio, entre los de inicio y término de la obra, en el eje nominal de referencia del cauce establecido para este estudio, cuyo origen (Km 0), se encuentra en la intersección de ese eje con la Ruta 5 antigua. Las dos primeras cifras de dicho número, indican el kilometraje de ubicación de la obra, en números enteros. El primer dígito será 0 si el kilometraje es menor que 10. Las siguientes dos cifras señalan los dos decimales siguientes del kilometraje.

Ejemplo: Código PD-2685 indica que se trata de una obra propuesta, situada en la ribera derecha del cauce, cuyo centro se localiza aproximadamente en el Km 26,85 de su eje nominal.

La localización en planta de las obras propuestas se entrega en las Figuras N°4.9 y N°4.10.

TABLA N°4.2

OBRAS PROPUESTAS

Código	Sector (Comuna)	Km. Ref.	Nueva – Reforzada	Longitud Ribera Protegida (m)	Descripción y Justificación de la Obra
Ribera Izquierda					
PI-0018	Lo Conti (Olivar)	0,18	Nueva	700	Revestimiento de ribera con enrocado L = 350 m de longitud. Protege ribera y canal; crea transición de salida desde sección del puente.
PI-0530	La Alpargata (Olivar)	5,30	Reforzada	1.000	Pretil de material fluvial peraltamiento ribera L = 1000 m. Complementa espigones existentes, para evitar desbordes.
PI-0805	Planta Tratamiento Aguas Servidas Olivar (Olivar)	8,05	Nueva	1.100	Revestimiento de ribera con enrocado L=1.100 m. Protección contra erosión y desborde en sector estrecho del cauce
PI-1145	Olivar Bajo 1 (Olivar)	11,45	Reforzada	2.400	Sistema de 96 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Evita socavación con pérdida irreversible de suelo.
PI-1325	Olivar Bajo 2 (Olivar)	13,25	Reforzada	1.300	Sistema de 52 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Reforzamiento contra socavación defensa existente en sector crítico.

TABLA N°4.2

OBRAS PROPUESTAS (CONTINUACIÓN)

Código	Sector (Comuna)	Km. Ref.	Nueva – Reforzada	Longitud Ribera Protegida (m)	Descripción y Justificación de la Obra
RIBERA IZQUIERDA					
PI-1424	El Crucero 1 (Coinco)	14,24	Reforzada	700	Sistema de 26 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Mejoramiento defensa existente en sector crítico. Protección contra socavación.
PI-1544	El Crucero 2 (Coinco)	15,44	Reforzada	1.730	Sistema de 2 Espigones No Sumergidos L=120 m c/u y Pretel peraltamiento ribera L= 1.730 m. Complementa, da continuidad y prolonga defensa de espigones existente.
PI-2362	Tres Puentes – Chillehue (Coinco)	23,62	Nueva	2.800	Revestimiento de ribera con enrocado L=2.500 m y 1 Espigón No Sumergido L= 100 m. Protege contra desbordes y socavación, da transición y defiende estrechura, prolonga defensa existente.
PI-2865	El Rulo - Los Sajos (Coinco)	28,65	Nueva	4.300	Pretel de material fluvial peraltamiento ribera L= 4.300 m. Protección contra desbordes.
PI-3665	Millahue (Coinco)	36,65	Nueva	350	Pretel revestido con roca, de 350 m de longitud. 7 espigones sumergidos de reforzamiento cabezas espigones existentes
PI-3685	Punta del Viento (San Vicente)	36,85	Reforzada	500	Sistema de 20 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Reforzamiento contra socavación defensa existente en sector crítico.
PI-3980	El Romeral (San Vicente)	39,80	Nueva	3.200	Sistema de 10 Espigones No Sumergidos (2 de 100 m, 2 de 180 m, 1 de 150 m, 2 de 130 m, 1 de 140 m y 2 de 140 m) y Pretel peraltamiento ribera L= 3.500 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-4370	Monte Lorenzo Arriba (San Vicente)	43,70	Nueva	3.200	Revestimiento de ribera con enrocado L=1.700 m y Sistema de 6 Espigones No Sumergidos con longitudes 200, 160, 120, 100, 160 y 140 m y Pretel peraltamiento ribera L= 2.500 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-4710	Monte Lorenzo Abajo (San Vicente)	47,10	Nueva	2.300	Revestimiento de ribera con enrocado L=420 m y Sistema de 5 Espigones No Sumergidos (2 de 120 m y 3 de 100m) y Pretel peraltamiento ribera L= 2.000 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-4840	Toquigua Abajo (San Vicente)	48,40	Nueva	800	Sistema de 3 Espigones No Sumergidos con longitudes de 100, 120 y 140 m y Pretel peraltamiento ribera L= 500 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-5030	Tunca Abajo (San Vicente)	50,30	Nueva	850	Revestimiento de ribera de 600 m de longitud complementada con 20 espigones sumergidos de roca, de 15 m de longitud, separados a 30 m.
PI-5258	La Palma (San Vicente)	52,58	Nueva	170	Dique de material fluvial revestido con conglomerado de cantera, de 170 m de longitud, constituyendo un peraltamiento de ribera
PI-5590	La Argentina (Pichidegua)	55,90	Nueva	1.200	Revestimiento de ribera con conglomerado L = 680 m y Pretel de material fluvial peraltamiento ribera L=500 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-5705	Santa Cecilia (Pichidegua)	57,05	Nueva	950	Revestimiento de ribera con enrocado L=980 m. Evitar desbordes, prolonga hacia aguas arriba defensa existente, dando continuidad de protección.
PI-5905	Viceparroquia (Pichidegua)	59,05	Nueva	1.600	Revestimiento de ribera con enrocado L=1.300 m y Pretel de material fluvial peraltamiento ribera L=300 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-6365	Mal Paso de Larmahue (Pichidegua)	63,65	Nueva	240	Revestimiento de ribera con enrocado L=240 m. Continuidad de protección, entre dos defensas existentes.

TABLA N°4.2
OBRAS PROPUESTAS (CONTINUACIÓN)

Código	Sector (Comuna)	Km. Ref.	Nueva – Reforzada	Longitud Ribera Protegida (m)	Descripción y Justificación de la Obra
RIBERA IZQUIERDA					
PI-6565	Pichidegua (Pichidegua)	65,65	Nueva	1.600	Revestimiento de ribera con enrocado L=1.400 m y Sistema de 2 Espigones no Sumergidos L= 130 m c/u. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-6700	La Torina 1 (Pichidegua)	67,00	Nueva	1.100	Revestimiento de ribera con enrocado L=700 m y Pretel de material fluvial peraltamiento ribera L=400 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-6825	La Torina 2 (Pichidegua)	68,25	Nueva	1.000	Revestimiento de ribera con enrocado L=540 m y pretel revestido con enrocado L=360 m. Protección contra socavación y desbordes.
PI-7060	La Torina 3 (Pichidegua)	70,60	Nueva	850	Sistema de 23 Espigones Sumergidos, L=15 m y Pretel de material fluvial peraltamiento ribera L=1.200 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-7470	Alto Los Padilla (Pichidegua)	74,70	Nueva	800	Sistema de 2 Espigones No Sumergidos L= 120 m c/u y Pretel peraltamiento ribera L= 800 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PI-7930	Puente Las Cabras, Aguas Abajo (Pichidegua)	79,30	Nueva	1.600	Dique revestido con conglomerado L = 1.600 m. Protección contra desbordes.
RIBERA DERECHA					
PD-0232	Puente Alta (Rancagua)	2,32	Reforzada	760	Sistema de 30 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Reforzamiento defensa existente que protege terraplén Ruta 5, canoa de relaves y Ruta H-30.
PD-0555	La Granja (Rancagua)	5,55	Nueva	1.100	Sistema de 2 Espigones No Sumergidos L= 170 y 150 m y Pretel peraltamiento ribera L= 1.100 m. Alejamiento de cauce activo en sector donde éste se aproxima a canoa de relaves y Ruta H30.
PD-0739	Punta de Cortés (Rancagua)	7,39	Nueva	780	Revestimiento de ribera con enrocado L=780 m. Protege transición a estrechamiento. Prolonga hacia aguas arriba defensa existente.
PD-1072	Lo Miranda (Doñihue)	10,72	Nueva	1.800	Revestimiento de ribera con enrocado L=700 m, Sistema de 2 Espigones No Sumergidos L= 140 y 120 m y Pretel peraltamiento ribera L= 900 m. Prolonga defensa existente hacia aguas abajo, protección contra socavación y desbordes de sector crítico.
PD-1570	California (Doñihue)	15,70	Reforzada	1.500	Sistema de 30 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Reparación y mejoramiento diseño espigones existentes cuyas cabezas han sido socavadas.
PD-1840	Paraguay (Doñihue)	18,40	Reforzada	700	Sistema de 18 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Consolidación, mejoramiento obra existente que ha sido afectada por crecidas.
PD-2475	Los Marcos (Coltauco)	24,75	Reforzada	700	Sistema de 20 Espigones Sumergidos L=10 m c/u. Consolidación, mejoramiento obra existente que ha sido afectada por crecidas.
PD-2840	Monte grande (Coltauco)	28,40	Nueva	300	Revestimiento de ribera con enrocado L=350 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PD-2950	Tres Esquinas (Coltauco)	29,50	Reforzada	1.400	Peraltamiento de ribera mediante material fluvial de 1400 m de longitud, en sector protegido por espigones existentes.
PD-3805	Desembocadura Estero Purén (Coltauco)	38,05	Nueva	1.300	Revestimiento de ribera con enrocado L=1000 m y Pretel peraltamiento ribera L= 250 m. Protección punto de descarga estero Purén, para evitar peraltamiento durante crecidas del río.

TABLA N°4.2**OBRAS PROPUESTAS (CONTINUACIÓN)**

Código	Sector (Comuna)	Km. Ref.	Nueva – Reforzada	Longitud Ribera Protegida (m)	Descripción y Justificación de la Obra
RIBERA DERECHA					
PD-3975	Idahue 1 (Coltauco)	39,75	Nueva	1.200	Sistema de 5 Espigones No Sumergidos (3 de 130 m, 1 de 200 m y 1 de 160 m) y Pretil peraltamiento ribera L= 1300 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PD-4135	Idahue 2 (Coltauco)	41,35	Nueva	1.500	Sistema de 5 Espigones No Sumergidos (2 de 140 m, 1 de 180 y 2 de 100 m) y Pretil peraltamiento ribera L= 1500 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PD-4303	Idahue 3 (Coltauco)	43,03	Nueva	1.300	Sistema de 5 Espigones No Sumergidos (1 de 130 m, 1 de 160 m, 2 de 120 y 1 de 100 m) y Pretil peraltamiento ribera L= 1300 m. Protección contra socavación y desbordes en sector crítico.
PD-5050	El Molino (Peumo)	50,50	Reforzada	600	Sistema de 15 Espigones Sumergidos L=15 m c/u. Mejoramiento obra existente, en sector estrecho expuesto a socavación general.
PD-5625	Aguas Claras (Peumo)	56,25	Nueva	1.400	Sistema de 15 Espigones Sumergidos L=15 m c/u. Prolonga defensa existente. Protección contra erosión y desbordes.
PD-7630	Santa Julia (Las Cabras)	76,30	Nueva	1.800	Revestimiento de ribera con enrocado L=1720 m y Pretil peraltamiento ribera L= 280 m. Da continuidad a defensa sector Santa Priscila, prolongándola hacia aguas abajo, en sector crítico.
PD-8255	El Seminario (Las Cabras)	82,55	Nueva	550	Revestimiento de ribera con enrocado L=550 m. Protege lado externo de curva, de socavación y desborde.

iv) Predimensionamiento de las Obras Propuestas

Para estimar el costo de las obras propuestas, se realizó un predimensionamiento de las mismas. Para tal efecto se determinaron los parámetros hidráulicos correspondientes a la localización de cada obra, de acuerdo a un cálculo aproximado, realizado sobre la base de las siguientes variables estimadas, considerando los antecedentes existentes:

En los tramos donde se realizaron levantamientos topográficos, se realizó el análisis hidráulico correspondiente, calculándose el eje hidráulico, cuyos resultados se entregan en el Anexo N°6. Dichos resultados permitieron calibrar en esos sectores las estimaciones de los parámetros hidráulicos relevantes, en todo el tramo del Estudio.

En la Tabla N°4.3 se entregan los datos básicos y parámetros hidráulicos de interés, determinados para cada obra.

Los criterios empleados en la elaboración de la Tabla N°4.3 son los siguientes:

- Pendiente de los canales dominantes del cauce, igual al 85% de la pendiente general del cauce. Este parámetro se emplea en los análisis hidráulicos.
- Rugosidad media, de Manning. Se asignó el valor 0,05 para pendientes mayores a 0,5%, y 0,04 para pendientes menores que ese valor.
- Caudal de crecida, Q_{100} , para diferentes secciones, a lo largo del tramo en estudio. Fue determinado por análisis hidrológico de crecidas, contenido en el Anexo N°5.

- Ancho mínimo del cauce. Determinado como valor efectivo para el análisis hidráulico, aplicando el coeficiente 1,35 al ancho en condición de régimen, según la expresión de Lacey:

$$B = 2,67 \cdot Q^{0,5} \text{ (unidades inglesas)}$$

- Altura media de agua. Determinada por la expresión de Manning, con los valores del caudal unitario ($q = Q/B$) $H = R_h$ (para cauces anchos y poco profundos), pendiente y rugosidad del canal dominante.
- Nivel mínimo del lecho. Se ha supuesto un nivel mínimo de 0,7 m bajo el nivel medio del lecho, en una sección transversal.
- Velocidad media del escurrimiento. Determinada por la expresión de Manning considerando los parámetros altura de agua, pendiente y rugosidad.
- Socavación potencial. En una defensa longitudinal, la socavación potencial, según la mayoría de las ecuaciones empíricas de cálculo, está linealmente ligada al tirante de agua, aplicando un factor multiplicador mínimo que se ha estimado en el valor de 0,27, sobre la altura de agua para un cauce recto. Para la estimación preliminar del nivel de fundación de las defensas, se considera la situación más desfavorable, vinculada a la máxima altura de agua en el canal principal del cauce, un factor de 0,4 para calcular la socavación potencial, y una mayor profundidad, de seguridad o prevención frente a una eventual degradación, de 0,5 m. En una defensa transversal, o espigón, su cabeza está expuesta a una socavación potencial significativamente mayor. Las dificultades constructivas y consecuentes costos que significaría fundar las defensas en los niveles determinados teóricamente para dicha socavación, llevan a optar por disponer de elementos, pantallas antisocavantes, destinados impedir que la socavación local alcance esos valores teóricos. Así, estas obras se fundan al nivel de las obras longitudinales menos el espesor de la capa de enrocado que actúa como pantalla antisocavante horizontal y menos un valor de seguridad de 0,5 m.
- Niveles de aguas máximas y nivel de coronamiento de las defensas. Se determina el nivel máximo de agua según lo señalado en el cálculo hidráulico preliminar. En las obras longitudinales se determina el nivel de coronamiento de los enrocados igual al nivel de esas aguas máximas más 0,5 alturas de velocidad. El material fluvial de respaldo del enrocado se dispone con un nivel de coronamiento superior en 0,5 m al nivel de coronamiento de la roca. En las obras transversales de defensa, el coronamiento de la roca se dispone al nivel de las aguas máximas, más una altura de velocidad, más 0,5 m de revancha. El material fluvial que conforma el núcleo del espigón, actuando como respaldo del enrocado, se dispone con un nivel de coronamiento de 0,5 m superior al de la roca.

FIGURA N°4.9
LOCALIZACIÓN EN PLANTA OBRAS PROPUESTAS

FIGURA N°4.10
LOCALIZACIÓN EN PLANTA OBRAS PROPUESTAS

TABLA N°4.3

PREDISEÑO HIDRÁULICO OBRAS PROPUESTAS

Código	Datos Básicos del Plan de Obras Propuestas					Datos Hidráulicos									
	Nombre Obra	Km.	Nueva - Reforzada	Comuna	Longitud Ribera Protegida	Pendiente		Rugosidad Media del Cauce	Caudal de Crecida Q ₁₀₀	Ancho Mínimo Cauce Régimen	Altura Agua Sobre		Velocidad Media de E scorrimiento en Canal Principal	Altura de Velocidad en Canal Principal	Socavación Potencial Bajo Nivel Mínimo Lecho
						General Cauce	Canal Principal Cauce				Nivel Medio Lecho	Nivel Mínimo Lecho			
					(m)	(%)	(%)		(m³/s)	(m)	(m)	(m)			
Ribera Izquierda															
PI-0018	Lo Conti	0,18	N	Olivar	350	1	0.85	0.05	1280	233	1.72	2.42	3.70	0.70	1.47
PI-0530	La Alpargata	5,30	R		1,000	0.91	0.77	0.05	1280	233	1.77	2.47	3.57	0.65	1.49
PI-0805	Planta Aguas Servidas Olivar	8,05	N		1,100	0.86	0.73	0.05	1600	260	1.93	2.63	3.62	0.67	1.55
PI-1145	Olivar Bajo 1	11,45	R		2,400	0.84	0.71	0.05	1600	260	1.94	2.64	3.59	0.66	1.56
PI-1325	Olivar Bajo 2	13,25	R		1,300	0.81	0.69	0.05	1600	260	1.96	2.66	3.54	0.64	1.57
PI-1424	El Crucero 1	14,24	R	Coinco	700	0.77	0.65	0.05	1700	268	2.03	2.73	3.51	0.63	1.59
PI-1544	El Crucero 2	15,44	R		1,730	0.75	0.64	0.05	1700	268	2.05	2.75	3.48	0.62	1.60
PI-2362	Tres Puentes-Chillehue	23,62	N		2,800	0.68	0.58	0.05	2100	298	2.24	2.94	3.47	0.61	1.68
PI-2865	El Rulo - Los Sajos	28,65	N		4,300	0.61	0.52	0.05	2200	305	2.35	3.05	3.37	0.58	1.72
PI-3333	Millahue	33,33	N		1,700	0.51	0.43	0.04	2400	318	2.37	3.07	3.48	0.62	1.73
PI-3685	Punta del Viento	36,85	R	San Vicente	500	0.48	0.41	0.04	2500	325	2.45	3.15	3.43	0.60	1.76
PI-3980	El Romeral	39,80	N		3,200	0.47	0.40	0.04	3000	356	2.60	3.30	3.50	0.63	1.82
PI-4370	Monte Lorenzo Arriba	43,70	N		3,200	0.41	0.35	0.04	3000	356	2.71	3.41	3.34	0.57	1.86
PI-4590	Monte Lorenzo Abajo	45,90	N		2,300	0.33	0.28	0.04	3100	362	2.92	3.62	3.12	0.50	1.95
PI-4840	Toquigua Abajo	48,40	N		800	0.31	0.26	0.04	3220	369	3.01	3.71	3.07	0.48	1.98
PI-5030	Tunca Abajo	50,30	N	Pichidegua	600	0.29	0.25	0.04	3240	180	4.74	5.44	3.84	0.75	2.68
PI-5258	La Palma	52,58	N		170	0.28	0.24	0.04	3300	373	3.13	3.83	2.98	0.45	2.03
PI-5590	La Argentina	55,90	N		1,200	0.28	0.24	0.04	3700	250	4.26	4.96	3.55	0.64	2.48
PI-5705	Santa Cecilia	57,05	N		950	0.29	0.25	0.04	3900	406	3.00	3.70	3.39	0.59	1.98
PI-5905	Viceparroquia	59,05	N		1,600	0.29	0.25	0.04	4000	411	3.02	3.72	3.41	0.59	1.99
PI-6365	Mal Paso de Larmahue	63,65	N	Pichidegua	240	0.28	0.24	0.04	4240	423	3.11	3.81	3.40	0.59	2.02
PI-6565	Pichidegua	65,65	N		1,600	0.25	0.21	0.04	4300	426	3.23	3.93	3.28	0.55	2.07
PI-6700	La Torina 1	67,00	N		1,100	0.24	0.20	0.04	4300	426	3.27	3.97	3.24	0.53	2.09
PI-6825	La Torina 2	68,25	N		1,000	0.23	0.20	0.04	4330	428	3.32	4.02	3.19	0.52	2.11
PI-7060	La Torina 3	70,60	N		850	0.22	0.19	0.04	4360	429	3.37	4.07	3.15	0.51	2.13
PI-7470	Alto Los Padilla	74,70	N	Pichidegua	800	0.24	0.20	0.04	4380	430	3.29	3.99	3.25	0.54	2.10
PI-7930	Puente Las Cabras, Aguas Abajo	79,30	N		1,600	0.2	0.17	0.04	4420	432	3.48	4.18	3.06	0.48	2.17

TABLA N°4.3

PREDISEÑO HIDRÁULICO OBRAS PROPUESTAS
(CONTINUACIÓN)

Código	Datos Básicos del Plan de Obras Propuestas					Datos Hidráulicos									
	Nombre Obra	Km.	Nueva - Reforzada	Comuna	Longitud Ribera Protegida	Pendiente		Rugosidad Media del Cauce	Caudal de Crecida Q ₁₀₀	Ancho Mínimo Cauce Régimen	Altura Agua Sobre		Velocidad Media de Escurrimiento en Canal Principal	Altura de Velocidad en Canal Principal	Socavación Potencial Bajo Nivel Mínimo Lecho
						General Cauce	Canal Principal Cauce				Nivel Medio Lecho	Nivel Mínimo Lecho			
					(m)	(%)	(%)				(m³/s)	(m)			
Ribera Derecha															
PD-0232	Puente Alta	2,32	R	Rancagua	760	0.97	0.82	0.05	1280	233	1.74	2.44	3.66	0.68	1.48
PD-0555	La Granja	5,55	N		1,100	0.91	0.77	0.05	1280	233	1.77	2.47	3.57	0.65	1.49
PD-0739	Punta de Cortés	7,39	N		780	0.88	0.75	0.05	1280	233	1.79	2.49	3.53	0.64	1.50
PD-1072	Lo Miranda	10,72	N	Doñihue	1,800	0.82	0.70	0.05	1600	260	1.96	2.66	3.56	0.65	1.56
PD-1570	California	15,70	R		1,500	0.77	0.65	0.05	1700	268	2.03	2.73	3.51	0.63	1.59
PD-1840	Paraguay	18,40	R		700	0.72	0.61	0.05	1800	276	2.11	2.81	3.46	0.61	1.62
PD-2475	Los Marcos	24,75	R		700	0.67	0.57	0.05	2200	305	2.29	2.99	3.48	0.62	1.69
PD-2840	Montegrande	28,40	N		350	0.61	0.52	0.05	2300	312	2.38	3.08	3.39	0.59	1.73
PD-2950	Tres Esquinas	29,5	N		1,400	0.6	0.51	0.05	2200	305	2.52	3.22	3.11	0.49	1.79
PD-3805	Desembocadura Estero Purén	38,05	N	Coltauco	1,300	0.48	0.41	0.04	2900	350	2.56	3.26	3.51	0.63	1.80
PD-3975	Idahue 1	39,75	N		1,200	0.47	0.40	0.04	3000	356	2.60	3.30	3.50	0.63	1.82
PD-4135	Idahue 2	41,35	N		1,500	0.44	0.37	0.04	3000	356	2.65	3.35	3.42	0.60	1.84
PD-4303	Idahue 3	43,03	N		1,300	0.29	0.25	0.04	3000	356	3.01	3.71	2.97	0.45	1.98
PD-5050	El Molino	50,50	R	Peumo	600	0.28	0.24	0.04	3240	370	3.11	3.81	2.97	0.45	2.02
PD-5625	Aguas Claras	56,25	N		1,400	0.25	0.21	0.04	3800	300	3.70	4.40	3.54	0.64	2.26
PD-7630	Santa Julia	76,30	N	Las Cabras	1,800	0.2	0.17	0.04	4400	431	3.48	4.18	3.06	0.48	2.17
PD-8255	El Seminario	82.55	N		550	0.1	0.09	0.04	4450	434	4.30	5.00	2.43	0.30	2.50

4.2.3.- Reforestación de Riberas

Adicionalmente a las obras de defensa fluvial propuestas, se plantean en el contexto del Plan Maestro, otras medidas estructurales, como es la Reforestación de Riberas. Estas medidas son complementarias a las defensas fluviales propuestas y se consideran de gran importancia para el buen funcionamiento de los sistemas de defensa diseñados.

Con relación a su implementación, cabe señalar que el Art. 92° del DFL N°850 (fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N°15.840) autoriza a la Dirección General de Obras Públicas para encomendar al Departamento de Bosques del Ministerio de Bienes Nacionales el estudio y ejecución de los trabajos que incluyan la reforestación de las hoyas. Dichas atribuciones corresponden actualmente a la Dirección de Obras Hidráulicas y a la Corporación Nacional Forestal respectivamente.

a) Generalidades

Considerando que la vegetación arbórea en las orillas del cauce juega un papel fundamental en su estabilización, esta acción plantea la reforestación de las riberas del cauce en estudio, con especies apropiadas. La reforestación de riberas, además de la protección directa de las márgenes contra la erosión, cumple otras funciones positivas, como las siguientes:

- Mejora del comportamiento hidrológico e hidráulico del río, debido al efecto de amortiguación de la onda de crecida y reducción de la velocidad de escurrimiento.
- Estabiliza la forma y trazado del cauce, protegiendo sus márgenes
- Influencia positivamente el funcionamiento del ecosistema fluvial.
- Proporciona mayor valor estético, paisajístico y cultural al entorno fluvial

b) Lineamientos Básicos

Los principios básicos que se deben seguir en las actuaciones de reforestación de riberas son los siguientes:

- Utilizar diferentes especies, de forma que la reforestación resulte diversa y heterogénea, y teniendo como modelo las pautas de distribución observadas en tramos cercanos, que se encuentren en buen estado de conservación.
- La vegetación debe quedar conectada funcionalmente con el cauce, existiendo una zona de especies en contacto con la orilla.
- La vegetación de ribera debe ofrecer un corredor continuo para el desplazamiento de la fauna.

c) Plan de Reforestación Propuesto

El plan propuesto para la reforestación de riberas en el río Cachapoal, contempla como primera prioridad, la plantación arbórea en los interespacios de los sistemas de espigones propuestos. Como segunda prioridad, se propone la plantación en la caja del río en áreas próximas a la ribera, en aquellos sectores en que se observa un cauce de mayor ancho que el dominante, en zonas en los que se defina, mediante un estudio hidráulico previo, la factibilidad de dicha medida.

Finalmente, en sectores de menor ancho, se plantea la posibilidad, en acuerdo con los propietarios ribereños, para la ocupación de las áreas respectivas, reforestar una franja sobre la ribera, con un ancho del orden de 10 a 20 m.

Para realizar la plantación en el interior del cauce, con un sustrato que es lecho de río, es conveniente el empleo de varetas grandes (largos superiores a los 2 m) de especies resistentes, tales como sauce y mimbre, las cuales son plantadas mediante el uso de retroexcavadoras, a fin de colocar las varetas con aproximadamente un tercio de su largo bajo tierra.

La reforestación de riberas es un proyecto complementario a los de defensas fluviales planteadas. Se trata de medidas biológicas que tienen como propósito fundamental la protección de márgenes ribereños afectados por la dinámica torrencial del río.

d) Estimación de Costos

Para efectos de estimación de los costos de esta medida se determinó la superficie potencialmente forestable en las márgenes del río Cachapoal, aplicando los criterios antes enunciados.

Así, se estimó en 1.600 ha la superficie susceptible de ser forestada. Con un costo unitario de 1.000 M\$/ha, se determina una inversión estimada de M\$ 1.600.000, a ser aplicada en el plan de forestación.

4.3.- Medidas No Estructurales

Estas medidas corresponden a acciones destinadas a aminorar los problemas ocasionados por las crecidas del cauce en estudio, mediante la aplicación de disposiciones de tipo administrativo-legal y de gestión. Los aspectos que se abordan, los cuales se detallan más adelante, son los siguientes:

- **Planes de Contingencia**
- **Programa de Educación**
- **Plan de Ordenamiento del Cauce**
 - Regulación Uso Cauce (extracción de áridos, bocatomas, etc.).
 - Fijación Deslindes.
 - Ordenamiento para la Ocupación de Planicies Inundables.
 - Sistema de Vigilancia y Monitoreo
- **Programa de Promoción del Plan**

Cabe señalar que, algunas de las medidas que se plantean, corresponden a funciones y atribuciones propias de la DOH en tanto que otras están asociadas a otros servicios del MOP, como a la DGA, y a organismos externos al MOP; en estos últimos casos, la intervención de la DOH se plantea como una labor de promoción y coordinación que permita impulsar la puesta en marcha de estas medidas, proporcionando el apoyo técnico en los ámbitos de su competencia.

4.3.1.- Planes de Contingencia

Corresponden a sistemas que permitan predecir y alertar a la población posibilitando tomar medidas apropiadas de prevención, las que podrían llegar a la evacuación de la población en casos de aquellos caudales capaces de generar inundaciones que afecten sectores poblados, permitiendo reducir en forma importante las consecuencias sobre la vida y salud de las personas, y disminuir en algún grado la pérdida de enseres.

Los recursos limitados y el alto costo de los sistemas de defensas fluviales no permiten, en el corto y mediano plazo, la construcción de todas las obras de defensas fluviales necesarias requeridas para la protección integral de las viviendas y sectores poblados ribereños. Por otra parte, aún en los sectores provistos de defensas, es posible que en algún momento se produzcan eventos extraordinarios, de tal magnitud, que pudiesen superar a los caudales de diseño de dichas obras, afectando seriamente a la población. Esto ha llevado a buscar otras alternativas que ayuden a mitigar el problema y permitan proteger a la población aún en el caso de estar localizadas en sectores actualmente protegidos, si eventualmente ocurriesen eventos extraordinarios del tipo indicado.

Una alternativa atractiva es la posibilidad de contar con un sistema que permita predecir y alertar a la población posibilitando tomar medidas apropiadas, las que podrían llegar a la evacuación de la población en casos de aquellos caudales capaces de generar inundaciones que afecten sectores poblados (según estudio áreas de inundación), permitiendo reducir en forma importante las pérdidas de vidas humanas, el deterioro de la salud de las personas y disminuir en algún grado la pérdida de enseres, reduciendo el impacto psicológico sobre las personas.

Tomando en cuenta lo expuesto, en el actual Plan Maestro, se propone el mejoramiento de los planes de contingencia existentes, estableciendo un sistema de alerta de crecidas orientado a registrar y transmitir de manera automatizada a un sistema de información central la información hidrometeorológica, permitiendo la predicción con una antelación suficiente, de las crecidas del río Cachapoal.

El sistema propuesto estaría compuesto básicamente por una serie de estaciones fluviométricas y pluviométricas (preferiblemente existentes), ubicadas en puntos estratégicos, en las cuales las mediciones de caudal y precipitaciones son capturadas en su origen y transmitidas por alguna vía a un centro de operaciones, lugar en que se realiza, mediante modelos predefinidos, una predicción del caudal que escurrirá horas más tarde en tramos críticos del cauce, en cuyas riberas existen sectores poblados, permitiendo de este modo tomar medidas de prevención e incluso, en casos extremos, evacuar a los habitantes y salvar parte de sus enseres, reduciendo las pérdidas de vidas y los daños que puede provocar una crecida extraordinaria.

Dadas las características de esta actividad, la cual se encuentra dentro de líneas de trabajo en desarrollo en la Dirección General de Aguas, el apoyo técnico requerido para su puesta en práctica correspondería básicamente a ese servicio.

La intervención de la Dirección de Obras Hidráulicas consistiría en promover y coordinar la medida; dirigir y gestionar las medidas de emergencia; y eventualmente participar en la elaboración de proyectos específicos que se requieran en esta materia.

4.3.2.- Programa de Educación

Se plantea el desarrollo de un Programa de Educación, que facilite la puesta en marcha, ejecución, mantenimiento y evaluación de los distintos programas y acciones que el plan considere realizar.

El Programa de Educación tendrá como objetivo principal promover la participación, conciencia, y la acción planificada, de parte de todos los actores relevantes del sector público, privado y comunitario, para enfrentar los problemas de manejo y conservación del cauce.

De acuerdo a los recorridos de terreno y acciones de Participación Ciudadana asociadas al estudio en desarrollo, se ha detectado la necesidad de crear o reforzar, en muchos actores sociales, la conciencia sobre los problemas relacionados con el manejo de los cauces, así como de los conceptos básicos que intervienen en su dinámica y comportamiento.

Adicionalmente la puesta en marcha y el buen resultado de un plan de ordenamiento de cauces, requiere de una acción concertada de todos aquellos actores sociales relevantes de las instituciones y organismos públicos y privados, así como un protagonismo efectivo de las mismas comunidades, para permitir una acción participativa acorde con el Plan de Manejo de Caudes a implementar.

En concordancia con las demás iniciativas que el plan propone, se considera necesaria la implementación de un Programa de Educación, que facilite la puesta en marcha, ejecución, mantenimiento y evaluación de los distintos programas y acciones que el plan considere realizar.

El Programa de Educación tendrá como objetivo principal promover la participación, conciencia, y la acción planificada, de parte de todos los actores relevantes del sector público, privado y comunitario, para enfrentar los problemas de manejo y conservación del cauce del río Cachapoal, en los sectores en estudio, que permitan contribuir a lograr una eficiente implementación del Plan de Manejo de Caudes propuesto.

Para el logro de los objetivos antes enunciados, el Programa de Educación deberá abordar las siguientes líneas de trabajo:

- Desarrollar una estrategia educacional orientada a lograr una conceptualización clara y asequible a toda la población, respecto a los aspectos básicos del manejo y conservación de los cauces, que permitan asegurar la implementación con éxito de los proyectos propuestos por el Plan de Manejo de Caudes.
- Promover y generar la participación activa de los actores públicos, privados y comunitarios, para favorecer una disposición común, concertada y global, en la ejecución, sustentación y mantención de los proyectos y acciones no estructurales propuestas por el Plan de Manejo de Caudes.
- Promover y fortalecer la participación de los actores relevantes relacionados con el cauce en estudio, para favorecer actitudes conservacionistas en relación con su medioambiente. Particularmente, fomentar la preservación del cauce como bien natural, paisaje, belleza escénica, medioambiente limpio, etc.
- Desarrollar, afianzar y dar sustentabilidad a estructuras participativas y representativas de actores públicos, privados y comunitarios, para hacer efectiva y eficiente la gestión futura de los proyectos y acciones propuestas.

El programa de educación antes señalado deberá considerar, en su formulación de detalle, los aspectos de educación ambiental insertos dentro de los programas de CONAMA. Al respecto, cabe señalar la existencia del Plan de Gestión Ambiental Río Cachapoal elaborado por la CONAMA en el año 2002.

La puesta en marcha de este programa se efectuaría en conjunto con el Ministerio de Educación, a través de las acciones relacionadas con la Educación Ambiental que este ministerio ha venido desarrollando en el tiempo.

La Dirección de Obras Hidráulicas tendrá, en este contexto, la responsabilidad de promover las acciones para la formulación detallada del plan y desarrollar las componentes relacionadas con su quehacer, vale decir, lo relacionado con el uso y regulación de los cauces naturales.

Las acciones propuestas incluyen la organización y puesta en práctica de actividades de difusión, tales como cursos, charlas y seminarios destinados a entregar información sobre los programas, planes y proyectos en desarrollo en los cauces por parte de la Dirección de Obras Hidráulicas, así como nociones básicas sobre la normativa vigente relacionada con los cauces.

4.3.3.- Plan de Ordenamiento del Cauce

a) Regulación Uso Cauce

El objetivo de esta medida se orienta a definir normas y procedimientos específicos para regular el uso del cauce del río Cachapoal, en lo que se refiere a la extracción de materiales áridos, bocatomas y otros usos que se pueda dar al cauce, tal como el turístico. El resultado esperado con la aplicación de esta medida será el de perfeccionar el control de los usos referidos, de tal manera de evitar desbordes o erosión de riberas, como asimismo impedir daños sobre obras fluviales existentes en el cauce.

Las medidas propuestas referente a la regulación del uso del cauce están orientadas a la formulación de acciones relacionadas con:

- Extracción de áridos
- Bocatomas
- Otros usos (turismos y otros)

i) Extracción de Áridos

- **Aspectos Generales:** De acuerdo a lo establecido en el diagnóstico, en la actualidad se realizan diversas extracciones de áridos tanto de tipo artesanal como industrial. Para desarrollar estas faenas, la Dirección de Obras Hidráulicas ha dado, en general, su aprobación técnica a los proyectos de extracción presentados por los interesados, y las municipalidades han otorgado los permisos de explotación correspondientes.

No obstante lo anterior, debido a la carencia de control, en varios sectores se observan zonas de extracción no autorizadas, las que en algunos casos generan situaciones de riesgo en el cauce y su área de influencia directa, afectando potencialmente obras fluviales y otras (puentes, bocatomas, etc.) existentes, desmejorando la sección de escurrimiento por mala disposición de los materiales sobrantes, no explotados (rechazo) o creando desvíos hacia las zonas ribereñas. Igual situación se observa en algunas de las zonas autorizadas donde no se respetan las disposiciones técnicas que regulan este tipo de faena.

- **Objetivos de las Acciones Propuestas:** El objetivo de esta medida se orienta a regularizar la extracción de materiales áridos desde el cauce del río Cachapoal, de tal forma que ella se realice de manera planificada y controlada.

El resultado esperado con la aplicación de esta medida será el de obtener que a través de las extracciones de áridos se logre un mejoramiento de la sección de escurrimiento, contribuyendo a evitar desbordes o erosión de riberas, como asimismo a impedir daños sobre obras fluviales existentes en el cauce. Por otra parte, a partir de la regularización de estas faenas, se logrará un beneficio directo para las municipalidades correspondientes, al

tener un mejor control de los volúmenes extraídos y por lo tanto de los cobros de permisos de extracción.

El río Cachapoal presenta a lo largo de todo el sector en estudio un cauce de tipo trenzado, con múltiples subcauces separados por islas. Dada esta condición, casi todo este sector es apto para la extracción de áridos, por lo que no resulta apropiado definir de antemano zonas preferentes, ya que la selección de un tramo determinado dependerá del interés que exista sobre dicho tramo, en función de la cercanía a los centros de consumo, las facilidades de acceso e instalación de las plantas procesadoras, etc.

No obstante lo anterior, existen algunas zonas del cauce donde no resulta conveniente autorizar la explotación de áridos, como son las cercanías de obras de infraestructura, como puentes, atraviesos y bocatomas, así como las zonas estrechas del cauce.

De acuerdo a lo anterior, en este aspecto se entregan sólo recomendaciones a tener en cuenta al momento de otorgar autorizaciones o concesiones de extracción de áridos, ya que la definición de sectores específicos dependerá de las futuras solicitudes que se presenten. Al respecto, cabe señalar que en algunas comunas del país, como Limache (5ª Región), Colina y Talagante (R.M.), las Municipalidades respectivas han efectuado, en sectores de cauces naturales con alta demanda por extracción de áridos, licitaciones de tramos, contando con el apoyo técnico de la D.O.H.

Para implementar esta medida, se recomienda tener en consideración las siguientes disposiciones generales:

- Autorizar extracciones sólo en sectores amplios del cauce, con preferencia de zonas expuestas a desbordes.
- Los proyectos de explotación mecanizada de áridos que se presenten deben considerar la excavación de uno o más canales orientados en el sentido del escurrimiento y localizados lo más cerca posible del centro del cauce. Dichos canales deben diseñarse de tal manera que su rasante de fondo se enlace con la cota de fondo en sus extremos aguas arriba y aguas abajo.
- De ser necesario desviar el escurrimiento para realizar las faenas, esto debe hacerse sólo en cauces secundarios, dejando un espacio suficiente para el escurrimiento normal del cauce sin crear un estrechamiento.
- Si se trata de una explotación mecanizada, en la cual se prevé extraer un volumen importante de material, el área de explotación debe alejarse como mínimo del orden de 300 a 500 m de puentes y bocatomas de canales.
- En caso de que alguna municipalidad opte por licitar algún tramo del río para extracción de áridos, es altamente conveniente que ello se haga en coordinación con la municipalidad de la ribera localizada al frente y que, previo a la licitación, se formule un Plan específico para el sector, preferiblemente sobre la base de una aerofotogrametría del mismo. Par estos efectos, se debe necesariamente solicitar la asesoría técnica de la DOH.

La responsabilidad de la puesta en marcha de esta actividad está radicada en las municipalidades ribereñas, con la asesoría técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas, de acuerdo a la normativa vigente.

ii) Bocatomas

De acuerdo a los antecedentes recopilados en terreno, parte de las inundaciones identificadas en los sectores ribereños al cauce del río Cachapoal, se originan por deficiencias en el diseño, equipamiento y operación de bocatomas de canales de riego, algunas de las cuales carecen de estructuras adecuadas para el control de ingreso de aguas.

Al respecto, cabe señalar que la normativa vigente (Código de Aguas, Artículo 304) faculta a la Dirección General de Aguas para ordenar que los canales de riego cierren sus bocatomas ante el peligro de grandes avenidas, de modo de evitar el ingreso de las aguas durante dichos eventos. Esta operación con frecuencia, en la práctica se realiza en forma irregular, en especial en canales que carecen de estructuras de control de entrada. En estos casos los propietarios efectúan cierres de sus bocatomas mediante la acumulación de material fluvial u otros materiales, los cuales en general, presentan el riesgo de ser removidos por las crecidas, permitiendo el ingreso descontrolado del agua y posterior desborde de los canales a lo largo de su recorrido.

La solución de los problemas ocasionados por la falta de control de ingreso de aguas en las bocatomas durante las crecidas, debe abordarse ya sea por de la disposición de nuevos elementos que limiten el caudal entrante, como pudiese ser una sección de tuberías, o la construcción de un dispositivo en la compuerta que limite en forma permanente a un máximo su apertura. Asimismo, las bocatomas deben disponer de un vertedero de caudales excedentes complementado con un canal de devolución al cauce. Estas obras de mejoramiento deben basarse en un diseño aprobado por la DGA. Cabe señalar que el MOP, a través de la DGA, está legalmente facultado para ordenar tales medidas, de acuerdo a lo dispuesto en los Artículos 304 y 38 del Código de Aguas.

La responsabilidad de la puesta en marcha de esta medida está radicada en la Dirección General de Aguas en los aspectos legales, de acuerdo a lo dispuesto por el Código de Aguas, La Dirección de Obras Hidráulicas podrá brindar apoyo técnico a las respectivas asociaciones de usuarios, en lo referente a la protección fluvial de las obras, particularmente sus diseños.

iii) Otros Usos

Además de los usos extracción de agua para regadío y explotación de áridos, es factible que eventualmente se puedan plantear, ya sea por organismos del estado o particulares, otros usos alternativos del cauce. Entre éstos, cabe mencionar en forma especial, las actividades asociadas al turismo.

Las actividades turísticas basadas en el disfrute humano de los recursos de la naturaleza, conocidas como ecoturismo, han tenido un creciente desarrollo en estos últimos años en nuestro país.

Las condiciones naturales del río Cachapoal, permiten el desarrollo de una gran variedad de proyectos turísticos, los que demandan distintos niveles de inversión y donde las comunidades locales pueden tener un rol relevante en su implementación y desarrollo, generando importantes alternativas económicas para la región.

En el contexto del presente Plan Maestro, la utilización del cauce para este tipo de actividades, si bien no tiene relación directa con los problemas fluviales, si puede tenerla en forma indirecta, ya que la construcción de instalaciones en el cauce para propósitos turísticos u otros, puede favorecer o perjudicar el comportamiento del escurrimiento en crecidas.

En este sentido, la utilización del cauce para estas actividades, debe necesariamente ser coordinada con el resto de las acciones que se desarrollan en el cauce y con los planes y

proyectos de defensas fluviales. En esta coordinación y en la aprobación de obras a construir en los cauces, intervienen la DGA y la DOH, de acuerdo a lo dispuesto en el Código de Aguas.

b) Fijación Deslindes

i) Aspectos Legales

Según indica la experiencia, la puesta en práctica de un plan de manejo de cauces puede generar conflictos de deslindes con propietarios ribereños, en especial en aquellos sectores donde las obras propuestas por el presente Plan o en los cuales se autoriza la explotación de áridos, se localizan en áreas que no se perciben como claramente pertenecientes al cauce.

Asimismo, la materialización de las obras de protección del Plan puede significar una importante recuperación de terrenos al cauce en varios sectores de él, particularmente en los cuales se prevé proteger la ribera con defensas del tipo espigón no sumergido, en general de longitud considerable, superior a 80 m.

En estas situaciones, se considera conveniente delimitar el cauce en su condición natural actual, con anterioridad al inicio de las obras, de tal forma que las áreas recuperadas con financiamiento fiscal se transformen en zonas de protección del Bien Nacional de Uso Público, que es el cauce y, eventualmente, puedan ser desafectadas para constituirse en propiedad fiscal, y permitirse así otros usos de bien público.

La fijación de deslindes de las propiedades ribereñas con los cauces naturales se rige por el D.S. 609/78 del Ministerio de Bienes Nacionales, el que fija el procedimiento técnico-administrativo correspondiente. Este procedimiento puede realizarse a solicitud del propietario ribereño interesado o por parte de la autoridad correspondiente. En ambos casos se requiere la visación técnica de la DOH, para lo cual es necesario llevar a cabo los estudios requeridos para el establecimiento de los respectivos deslindes.

ii) Objetivos y Perspectivas Futuras de las Acciones Propuestas

De acuerdo a lo planteado, las acciones orientadas a la fijación de deslindes tienen como objetivo específico generar los antecedentes técnicos necesarios, requeridos por el Ministerio de Bienes Nacionales, para fijar los deslindes de las propiedades ribereñas con el cauce natural, según sus atribuciones legales.

Esto permitirá establecer legalmente los límites de las propiedades ribereñas facilitando la concesión de permisos de extracción y otros usos por parte de las municipalidades respectivas.

Asimismo, la ejecución de las obras fluviales propuestas por el Plan del presente Estudio en sectores previstos como potencialmente conflictivos frente a los intereses de propietarios ribereños, la delimitación del cauce en forma previa al inicio de las obras podrá prevenir controversias en este tema.

Por otra parte del Plan presenta particular interés a los proyectos de futuras vías, como pudiesen ser una variante del Camino de la Fruta o alguna vía turística situada en el entorno del río. Sus trazados podrán plantearse con ventajas económicas y operacionales ocupando áreas ribereñas recuperadas con la ejecución de las obras de defensa previstas en dicho Plan. Algunas de dichas áreas definidas en este estudio son de significativa longitud continua.

Este posible interés para los potenciales proyectos viales podrá facilitar un financiamiento más amplio de algunas de las obras del Plan.

En el sector de este estudio, entre los tramos específicos que actualmente presentan mayor interés para realizar una delimitación de riberas, se mencionan los siguientes:

- Tramo Km. 1,50 a Km. 2,50, aproximadamente, de la ribera izquierda, comuna de Olivar. En esta ribera se ha construido una cancha de carrera de go-karts en terrenos sobre cuya propiedad pública o privada existen opiniones encontradas.
- Tramo Km. 10 a Km. 11, aproximadamente, de la ribera derecha, situado en las cercanías de la localidad de Lo Miranda, comuna de Doñihue. En años pasados, sobre este sector de ribera existió un desacuerdo entre la DOH y el propietario ribereño, respecto a su propiedad. Esta circunstancia impidió, en ese momento, la ejecución de una obra de defensa.
- Tramo Km. 37,5 a Km. 44,5, aproximadamente, de la ribera derecha, en la comuna de Coltauco. En este extenso tramo de ribera, de 7 kilómetros de longitud, el Plan considera materializar una protección continua mediante la ejecución de espigones de considerable longitud, dispuestos en forma transversal al eje del cauce. Esta solución de protección, que se adecua a las características de gran amplitud transversal que posee el cauce en el lugar, significa reducir su costo frente a otras soluciones, obtener beneficios ambientales y recuperar terrenos ribereños al cauce. Una delimitación previa a la ejecución de las obras permitirá el uso de los terrenos recuperados en obras de bien público, como es la forestación de esos espacios para complementar la función de las obras de defensa, o permitir la construcción de vías ribereñas, como pudiese ser un nuevo trazado del Camino de la Fruta o una vía turística que pueda plantearse.
- Tramo Km. 38 a Km. 49, aproximadamente, de la ribera izquierda, en la comuna de San Vicente, abarcando desde el sector de Punta del Viento hasta Toquigua Abajo. En este extenso tramo de ribera, de 11 Km de longitud, al igual que el tramo anterior de la comuna de Coltauco, el Plan contempla la ejecución de espigones transversales de similares características y beneficios señalados, circunstancias que justifican realizar la delimitación legal del cauce en dicho tramo con antelación al inicio de las obras.

iii) Actividades Asociadas

La aplicación de esta medida requiere de la elaboración de los estudios específicos del cauce en cada sector de interés. Mediante esa información técnica se podrá proponer el deslinde para su aprobación y fijación legal por parte del Ministerio de Bienes Nacionales.

Los estudios señalados se refieren a materias relacionadas con la topografía del cauce, hidrología de crecidas de la cuenca tributaria y la simulación de los fenómenos hidráulicos y sedimentológicos asociados. También deberán revisarse los aspectos legales y administrativos vinculados a una delimitación, de acuerdo a la legislación y reglamentación vigentes.

c) Ordenamiento del Uso de las Planicies Inundables

Este aspecto se refiere principalmente a la ocupación con fines urbanísticos de zonas que son recurrentemente inundadas, situación que debe ser normada por los Planes Reguladores Comunes y/o Intercomunales.

El río Cachapoal se caracteriza por presentar extensas zonas inundables a consecuencia de crecidas hidrológicas extraordinarias originadas en precipitaciones extremas. De acuerdo a la información de las áreas inundadas, obtenida directamente en el terreno, la cual se plasmó en la cartografía del estudio, se aprecia que las áreas de inundación se desarrollan en general a ambos lados del cauce, en diversas comunas, involucrando en numerosos casos a sectores de viviendas.

En consideración a lo señalado se estima necesario definir “Áreas de Restricción al Desarrollo Urbano”, en los sectores ribereños del río Cachapoal expuestos a las inundaciones, en su tramo estudiado, delimitando las zonas de restricción a algunos tipos de nuevas edificaciones, como pudiesen ser aquellas destinadas a vivienda, comercio, industria, etc.

Para estos efectos, deberán desarrollarse los estudios pertinentes cuyos objetivos directos son:

- Generar los planos de planta sobre los cuales se delimitarán las zonas de inundación afectadas por crecidas de distintos períodos de retorno y se indicarán además las áreas de restricción propuestas.
- Determinar las zonas de inundación generadas por crecidas máximas asociadas a diferentes períodos de retorno.
- Definir los sectores que se encuentran actualmente afectados y realizar proposiciones de solución.
- Analizar la posibilidad de relevar una calificación de restricción en zona del cauce que se encuentra actualmente comprometida, mediante la ejecución de obras de defensas fluviales.

El resultado final de estos estudios se plasmará en los mapas de las áreas de restricción, propuestas para ser incorporados en los instrumentos de planificación urbana de las municipalidades respectivas, como son los Planes Reguladores.

En aquellos casos de viviendas que se encuentren localizadas fuera de las zonas de posible regulación urbana regidas por los Planes Reguladores, es aplicable el Artículo 97° del DFL N°850 del 12 de septiembre de 1997 (fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N°15.840, de 1964 y del DFL N°206, de 1960), el que a la letra dice:

“Se prohíbe construir casas para viviendas y con mayor razón formar poblaciones en suelos periódicamente inundables, aun cuando la inundación se presente en período de hasta 10 años”.

La responsabilidad de la puesta en marcha de esta actividad está radicada en las municipalidades respectivas. Ellas pueden contar con el apoyo técnico de la Dirección de Obras Hidráulicas.

d) Sistema de Vigilancia y Monitoreo

Se plantea el establecimiento de un sistema orgánico de vigilancia y monitoreo del cauce que asegure el cumplimiento de los proyectos de extracción de áridos; la operación adecuada de las bocatomas; la conservación de la vegetación arbórea en las riberas; y evite la ocupación ilegal y perjudicial de los lechos (botaderos de basura, escombros, construcciones ilegales de obras, etc.).

i) Sistema de Vigilancia

La vigilancia del cauce es una función que corresponde a las atribuciones de la DGA del MOP. Dichas atribuciones están establecidas en el Artículo 299 del Código de Aguas, el que especifica las atribuciones y funciones de la DGA, entre las cuales se señala:

“c) Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público e impedir que en éstos se construyan obras sin autorización del servicio o autoridad a quien corresponda aprobar su construcción o autorizar su demolición o modificación”.

Al respecto, es importante destacar que, de acuerdo con lo planteado en las actividades de participación ciudadana, esta medida puede ser apoyada en forma muy relevante por las comunidades ribereñas, lo que está muy relacionado con los programas de educación y la coordinación interinstitucional. Esta acción se enmarca dentro de la visión estratégica y objetivos generales del plan, orientada a evitar daños ocasionados por las crecidas que puedan ser inducidos por la intervención humana en los cauces. Su ámbito de acción se encuentra principalmente en la DGA, en estrecha coordinación con la DOH.

ii) Monitoreo

De acuerdo a los análisis geomorfológicos realizados, los sedimentos depositados en el cauce en estudio originan importantes inundaciones, por la reducción de sus secciones útiles de escurrimiento o socavación de riberas por desvíos del cauce generados por acumulaciones de material de arrastre. Ambas situaciones han sido originadas por acciones naturales o antrópicas, derivadas estas últimas de inadecuadas faenas de extracción de áridos o a causa de construcciones de obras que alteran las condiciones naturales del cauce (bocatomas, puentes, etc.).

En consideración a lo anterior, se propone un Plan de Monitoreo orientado básicamente a facilitar el seguimiento de los procesos que pueden afectar negativamente la morfología de los lechos del río en estudio.

Como producto de la puesta en práctica del plan de monitoreo, se tendrá un mejor control del lecho y del manejo de las acciones del Plan, en especial de las explotaciones de áridos, disponiéndose de antecedentes que permitan a la autoridad aumentar o disminuir los volúmenes de extracción autorizados.

El programa de monitoreo propuesto está conformado por acciones de tipo general, que se efectúan en toda el área en estudio, y específicas, que se relacionan con procedimientos para el control de faenas de extracción de áridos.

El programa de monitoreo general para toda el área en estudio tiene como objetivo efectuar un seguimiento de los procesos mecánico - fluviales que se registran en el lecho del cauce en estudio.

Las actividades a desarrollar, que permitirán la generación de los respectivos informes técnicos anuales, corresponden a las siguientes:

- Realizar levantamientos topográficos de perfiles transversales del cauce en los sectores en que se localizan los puentes, bocatomas u otras estructuras de importancia, cuyo funcionamiento pueda verse afectado por variaciones en las cotas del lecho. Estos perfiles deberán representar con especial detalle la geometría del cauce y la estructura asociada.

A través de la comparación entre perfiles de distintas fechas, se podrá detectar los procesos de degradación o agradación que experimente el lecho, por las razones antes

expuestas, y en especial por la explotación de áridos, como asimismo su influencia en la operación o seguridad de las estructuras que se localizan en las áreas ribereñas o en el cauce del río en estudio.

- Inspeccionar periódicamente el cauce, constatando la situación presente en los sectores ribereños, con especial énfasis en la detección de socavaciones locales. Las situaciones anómalas observadas serán registradas en informes e ilustradas mediante fotografías de terreno.
- Obtener tomas fotográficas áreas simples (verticales, no métricas), a color y con traslapes para permitir la visión estereoscópica del cauce en estudio y posibilitar una evaluación general de él, incluyendo, en particular, el avance y la regularidad de las faenas de explotación de áridos en desarrollo.

Los antecedentes antes indicados, permitirán emitir informes técnicos periódicos, anuales, o especiales, de mayor frecuencia, para registrar los efectos de crecidas de importancia, en el caso ocurrir eventos de ese tipo. En estos informes se analizará la dinámica general de los sedimentos, particularmente para anticipar situaciones críticas que puedan afectar a la infraestructura que se localiza en el cauce o en las áreas aledañas.

Los antecedentes generados permitirán establecer un manejo racional de las faenas de extracción de áridos preservando el equilibrio natural del cauce, evitando que se produzca sobre-explotación de los recursos áridos, con riesgo de afectar ese equilibrio.

Monitoreo de Extracciones de Áridos. El programa de monitoreo específico que se relaciona con el control de las faenas activas de extracción de áridos, tiene por objeto verificar que el proceso de explotación se realice de acuerdo a lo especificado en el proyecto de extracción presentado por el solicitante, respetándose en especial la localización de la zona de extracción autorizada, tanto en planta como en alzada, así como los volúmenes extraídos, como también verificar que la faena extractiva no cree un proceso de degradación del lecho.

El proceso de control de las faenas de extracción mecanizada de áridos propuesto consulta las siguientes actividades:

- En conjunto con la empresa concesionaria se procederá a efectuar el replanteo de las obras diseñadas dentro del cauce en el respectivo proyecto de extracción de áridos. Para este fin se identificarán en terreno los puntos de referencia materializados durante la realización del levantamiento topográfico de detalle efectuado para el proyecto. El perímetro de la zona de explotación será delimitado por jalones de 2 m de altura, los cuales estarán pintados de colores vistosos y ubicados de manera de asegurar su permanencia durante el tiempo.

En forma previa al inicio de las faenas de extracción, el concesionario deberá definir dos perfiles transversales del cauce, a 100 m aguas arriba y 100 m aguas abajo de la zona de explotación autorizada.

- Con una frecuencia de al menos 30 días, se realizarán visitas al sector de explotación, las que tendrán como objetivo revisar los programas de extracción de áridos y el auto control efectuado por parte de la empresa encargada de la explotación.
- Mensualmente se realizarán levantamientos topográficos de secciones transversales, en los sectores de explotación. Ello permitirá determinar los volúmenes reales extraídos, por comparación de secciones secas tomadas a través del tiempo. Para este objeto se deberán materializar puntos de control en ambas riberas, en el sector de explotación, los cuales definirán la posición de los perfiles transversales que serán tomados en el tiempo. La distancia entre perfiles será de 100 m, con un mínimo de 2 perfiles por sector de

explotación. En caso de observarse irregularidades entre perfiles se tomarán perfiles adicionales.

En el análisis de estos perfiles se tendrá especial atención en las cotas de fondo, las cuales no deberán ser inferiores a las señaladas en el proyecto de explotación.

- Con una frecuencia trimestral se generarán informes técnicos de los sectores en explotación. En estos documentos se indicarán las características de la explotación, principalmente relacionados con los avances de la faena de extracción proyectada, así como los volúmenes reales extraídos.
- Al inicio de las faenas extractivas y luego con una frecuencia anual, se realizará el levantamiento topográfico de 2 perfiles transversales del cauce, con ubicación permanente, con el objeto de determinar su nivel medio y evaluar su posible tendencia a la degradación en el tiempo como consecuencia de la extracción de materiales, y permitir con esos antecedentes, tomar las medidas del caso, adecuadas. Esos perfiles se localizarán a distancias de 100 m aguas arriba del inicio del sector de explotación, y 100 m aguas abajo de su término. El trazado de esos perfiles deberá quedar claramente definido y monografiado en el proyecto de extracción, y deberá ser materializado con PRs estables en el terreno, localizados afuera del cauce activo. Sus cotas deberán estar relacionadas con el nivel de un PR local, absolutamente permanente, localizado preferentemente sobre una obra de infraestructura importante.
- Con posterioridad a la ocurrencia de crecidas de importancia, que pudiesen generar agradación o degradación en los sectores de explotación, se emitirán informes extraordinarios en los cuales se analizarán las situaciones registradas, en relación al funcionamiento de las obras proyectadas para la extracción de áridos, así como para analizar la posibilidad de aumentar o disminuir los volúmenes autorizados, en consideración a las situaciones que se registren.
- Con los informes generados se deberá elaborar una base de datos por faena y comuna, la cual contendrá los principales antecedentes de las explotaciones de áridos en desarrollo. Los antecedentes a registrar en la base de datos serán, al menos, los siguientes:
 - Identificación de la concesión.
 - Autor del proyecto de extracción.
 - Fecha de aprobación del estudio por parte del Ministerio de Obras Públicas.
 - Identificación del sector de explotación.
 - Características granulométricas del material a extraer.
 - Características de la maquinaria a utilizar en la explotación.
 - Volumen anual autorizado a explotar.
 - Programa de explotación previsto.
 - Volúmenes reales extraídos por mes.
 - Profesional a cargo de la explotación.

En consideración a que este programa abarca varias comunas, en el caso del Programa de Monitoreo General, el desarrollo de esta actividad deberá estar radicada en la DOH del MOP. La supervisión técnica de las faenas extractivas podrá ser realizada, directamente por la DOH, o indirectamente, con financiamiento sectorial o FNDR, a través de empresas Consultoras especialistas, contratadas por licitación. También, podrá realizarlo la DOH con apoyo de las municipalidades correspondientes, con personal técnico entrenado, mediante convenio entre esas entidades, en cuyo caso el financiamiento de este programa podrá obtenerse con recursos generados por los permisos de extracción otorgados a los concesionarios.

La realización de los Programas de Monitoreo específicos, sería de responsabilidad de las municipalidades donde se localiza la explotación de áridos.

4.3.4.- Programa de Promoción del Plan

a) Justificación y Objetivos

La puesta en marcha de las acciones propuestas por el Plan de Manejo de Cauce del río Cachapoal, en el ámbito de las medidas estructurales y no estructurales, requiere de la participación coordinada de diversas instituciones públicas y privadas, así como de las organizaciones comunitarias ribereñas a los cauces, que permita en su conjunto asegurar el éxito en la implementación del plan.

En atención a lo anterior se ha formulado un Programa de Promoción para la implementación del Plan de Manejo elaborado. El programa de promoción propuesto tiene como objetivo básico establecer los mecanismos que permitan el trabajo en conjunto entre las instituciones relacionadas con la puesta en marcha de este instrumento de planificación, de manera de lograr el cumplimiento de los objetivos establecidos en la formulación del Plan.

Para alcanzar este objetivo, el Programa de Promoción deberá estructurar equipos de trabajo inter-institucionales, a través de los cuales se comprometan aportes de recursos sectoriales y se establezcan programas de monitoreo para la implementación de las medidas propuestas por el Plan. En todas estas instancias será fundamental incorporar a las autoridades regionales, tanto en el ámbito técnico como político.

b) Instituciones Relacionadas

En la siguiente Tabla, se presenta una matriz, en la cual se proponen las instancias de participación de las instituciones relacionadas con la ejecución de cada una de las acciones planteadas en el Plan de Manejo.

TABLA N°4.4**MATRIZ DE INSTITUCIONES RELACIONADAS**

Acción	Institución Relacionada										
	DOH	DGA	CONAF	SAG	INDAP	Gobernación	Municipalidad	Ministerio de Bienes Nacionales	Organizaciones Comunitarias	Ministerio de Educación	COREMA
Obras de defensa fluvial	X					X	X		X		X
Reforestación de ribera y manejo forestal de suelos			X	X	X				X		X
Plan de contingencia	X	X				X	X		X		
Programa de educación	X						X		X	X	X
Regulación uso del cauce	X	X					X				X
Fijación de deslindes	X							X	X		
Ordenamiento ocupación planicies	X						X				X
Sistema de vigilancia y monitoreo	X	X					X		X		X
Programa de Promoción	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

c) Actividades Propuestas

Las actividades propuestas por el Programa de Promoción corresponden a las siguientes:

- Dar a conocer en detalle a las instituciones relacionadas y autoridades políticas regionales, el Plan de Manejo de Cauces elaborado, a objeto de obtener el compromiso de trabajo en conjunto para la implementación de las acciones propuestas.
- Establecer grupos de trabajo permanentes, a nivel técnico y directivo, para las diferentes áreas temáticas que aborda el Plan.
- Desarrollar estrategias que permitan a las instituciones relacionadas la obtención de recursos sectoriales que puedan comprometerse para la implementación de las acciones previstas por el Plan.
- Elaborar con las instituciones participantes los programas de trabajo en conjunto, para la implementación de las acciones de corto (5 años) y mediano (10 años) plazo.

La dirección y coordinación de las actividades propuestas deberían estar radicadas en la DOH, a través de un Comité Técnico responsable de su implementación.

4.4.- Evaluación Económica

4.4.1.- Generalidades

En el presente capítulo se presenta la evaluación económica de las obras fluviales propuestas en el Plan Maestro de Manejo de Cauces.

La metodología utilizada para esta evaluación se basa en la estimación del daño evitado por las obras propuestas, que deben considerarse beneficio del proyecto. El daño evitado se relaciona con los bienes en riesgo frente a la ocurrencia de una crecida, cuya magnitud, a su vez está asociada a su probabilidad de ocurrencia.

En lo básico, se identifica la situación con y sin proyecto y se estima el daño que se produce en ambos casos al ocurrir eventos de creces con distintas probabilidades de excedencia. La reducción del daño atribuible al proyecto corresponde al beneficio que éste genera.

Los costos preliminares de las obras se han estimado sobre la base de las cubicaciones de sus principales materiales componentes y los precios unitarios considerados para ellos. En la Tabla N°4.5 se presentan esas cubicaciones y el costo privado, aproximado, de las obras.

Se realiza una evaluación económica válida para cada sector crítico y sus obras propuestas asociadas. Con los valores de costos de las obras, tanto privados como sociales, y los beneficios estimados, asociados a cada sector crítico, considerando, además, el programa de ejecución de ellas en el corto y mediano plazo, es decir, con los flujos de caja negativos y positivos conocidos, se determinaron los principales indicadores de cada proyecto, como son sus valores actuales netos (VAN) y sus tasas internas de retorno (TIR). La programación de las obras se ha basado fundamentalmente en un análisis de priorización de ellas.

Como se detalla más adelante, la evaluación económica de este tipo de proyectos, no siendo posible determinar valores firmes de sus beneficios, posee un alto grado de incertidumbre.

4.4.2.- Identificación y Valorización de los Costos

El costo de inversión corresponde a los desembolsos iniciales necesarios para materializar la obra. Posteriormente, en los flujos de caja que se consideran en la evaluación económica, también se incluyen los costos de mantención anuales, a los que se les asigna un valor correspondiente al 1,5% de la inversión inicial. Los costos estimados de las diferentes obras, a precios privados, y las cubicaciones de los principales de las obras se expresan en la tabla N° 4.5.

4.4.3.- Identificación y Valorización de los Beneficios

En el Capítulo 3, correspondiente al Diagnóstico, se describe la metodología empleada para estimar los daños directos en las áreas ribereñas asociadas a los diferentes sectores críticos definidos en ambas riberas, para la crecida del año 1986, asociada a un período de retorno de 25 años. Asimismo, en las tablas 3.7 y 3.8 se presentan los resultados respectivos por ribera.

En una síntesis de ella, se puede decir que está basada en la definición de una sucesión de áreas ribereñas, o áreas de influencia de los sectores críticos, afectadas por los efectos de las crecidas.

Seguidamente, con el apoyo de fotografías satelitales se cuantificaron, y luego se valorizaron, los principales bienes contenidos en dichas áreas, como son las viviendas, caminos, terrenos agrícolas, bodegas, galpones, etc.

A continuación, a cada uno de estos tipos de bienes se les asignó un factor de pérdida con la ocurrencia de la crecida de referencia, determinándose así el daño estimado asignado a cada una de las áreas consideradas.

Para efectos de esta evaluación, las áreas afectadas se agruparon en zonas unitarias; esta agrupación se realizó considerando que la zona definida como unitaria no sea afectada por desbordes ocurridos en otras zonas y que a su vez los desbordes que la afectan, no sean transmitidos a otras zonas. A partir de estas agrupaciones, se estableció una relación entre cada uno de los sectores críticos de la zona y los daños esperados en las sucesivas áreas de influencia que crean esos sectores. Esto permitió asignar los daños esperados en una o varias de las áreas señaladas, a un sector crítico de la ribera, vale decir, se pudo relacionar el costo de las obras que darán solución a los problemas que se presentan en un sector crítico, con los daños evitados por tales obras, lo que equivale al beneficio del proyecto.

De acuerdo a lo anterior, en la Tabla N°4.6 se resumen los códigos y costos totales de las obras relacionadas con cada sector crítico y el valor de los daños directos estimados, que corresponden a los beneficios directos esperados, que corresponden a cada uno de los sectores críticos definidos, una vez que las correspondientes obras del Plan hayan sido materializadas.

Se debe resaltar que siendo las crecidas hidrológicas eventos naturales de carácter esencialmente probabilístico, de probabilidad estadística generalmente poco firme, particularmente en el rango de caudales extremos, y dado que tampoco es posible establecer una relación firme entre los caudales y los daños originados en diferentes tipos de bienes, de carácter cuasi-aleatorio en un río inestable, de características aluviales en alta pendiente, como es el Cachapoal, los beneficios estimados de estos proyectos y, por lo tanto, los valores resultantes de una evaluación económica, con cualquier metodología que se aplique, poseen un alto grado de incertidumbre, acentuada ésta, por la general escasez de información sistematizada disponible.

TABLA N°4.5

COSTO OBRAS PROPUESTAS

Código	Datos Básicos del Plan de Obras Propuestas					Cubicaciones Resumidas				Presupuesto Estimado de la Obra
	Nombre Obra	Comuna	Km.	Nueva o Reforzada de Existente	Longitud Ribera Protegida	Volumen			Apretilamiento Especial con Maquinaria Bulldozer	
				N - R	m	Roca Clase 1000 500-2000 Kg	Roca Clase 500 250-1000 Kg	Conglomerado 10-150 Kg		
RIBERA IZQUIERDA										
PI-0018	Lo Conti	Olivar	0,2	N	350	4.980				129.467
PI-0530	La Alpargata		5,3	R	1.000				333	26.667
PI-0805	Planta Agua Servidas Olivar		8,0	N	1.100	16.543				430.123
PI-1145	Olivar Bajo 1		11,5	R	2.400	15.072				391.872
PI-1325	Olivar Bajo 2		13,3	R	1.300	7.020				182.520
PI-1424	El Crucero 1	Coinco	14,2	R	700	3.510				91.260
PI-1544	El Crucero 2		15,4	R	1.730	3.980				103.480
PI-2362	Tres Puentes-Chillehue		23,6	N	2.800	42.580				1.107.076
PI-2865	El Rulo - Los Sajos		28,7	N	4.300				1.433	114.667
PI-3333	Millahue		33,3	N - R	1.700	6.838				177.784
PI-3685	Punta del Viento	San Vicente	36,9	R	500	2.700				70.200
PI-3980	El Romeral		39,8	N	3.200	22.800				592.800
PI-4370	Monte Lorenzo Arriba		43,7	N	3.200	44.766				1.163.904
PI-4590	Monte Lorenzo Abajo		45,9	N	2.300	12.150				315.900
PI-4840	Toquigua Abajo		48,4	N	800	7.371				191.646
PI-5030	Tunca Abajo	Pichidegua	50,3	R	600		16.793			392.953
PI-5258	La Palma		52,6	N	170			1.254		14.666
PI-5590	La Argentina		55,9	N	1.200			6.293		73.626
PI-5705	Santa Cecilia		57,1	N	950		15.167			354.919
PI-5905	Viceparroquia		59,0	N	1.600		20.227			473.307
PI-6365	Mal Paso de Larmahue		63,7	N	240		3.803			88.997
PI-6565	Pichidegua		65,7	N	1.600		27.890			652.620
PI-6700	La Torina 1		67,0	N	1.100		11.421			267.258
PI-6825	La Torina 2		68,3	N	1.000		15.675			366.806
PI-7060	La Torina 3		70,6	N	850		4.991			116.789
PI-7470	Alto Los Padilla		74,7	N	800		5.280			123.552
PI-7930	Puente Las Cabras Aguas Abajo		79,3	N	1.600				12.715	148.764
Sub-Total (Ribera Izquierda)						190.309	121.248	20.261	1.767	8.163.623

TABLA N°4.5

COSTO OBRAS PROPUESTAS
(CONTINUACIÓN)

Código	Datos Básicos del Plan de Obras Propuestas					Cubicaciones Resumidas				Presupuesto Estimado de la Obra
	Nombre Obra	Comuna	Km.	Nueva o Reforzada de Existente	Longitud Ribera Protegida	Volumen			Apretilamiento Especial con Maquinaria Bulldozer	
				N - R	m	Roca Clase 1000 500-2000 Kg m3	Roca Clase 500 250-1000 Kg m3	Conglomerado 10-150 Kg m3		
RIBERA DERECHA										
PD-0232	Puente Alta	Rancagua	2,3	R	760	4.050				105.300
PD-0555	La Granja		5,6	N	1.100	3.642				94.692
PD-0739	Punta de Cortés		7,4	N	780	11.245				292.361
PD-1072	Lo Miranda	Doñihue	10,7	N	1.800	14.567				378.730
PD-1570	California		15,7	R	1.500	4.050				105.300
PD-1840	Paraguay		18,4	R	700	2.025				52.650
PD-2475	Los Marcos	Coltauco	24,8	R	700	2.700				70.200
PD-2840	Montegrande		28,4	N	350	5.891				153.166
PD-2950	Tres Esquinas		29,5	N	1.400				467	37.333
PD-3805	Desembocadura Estero Purén		38,0	N	1.300	17.625				458.256
PD-3975	Idahue 1		39,8	N	1.200	11.400				296.400
PD-4135	Idahue 2		41,3	N	1.500	11.560				300.560
PD-4303	Idahue 3	Peumo	43,0	N	1.300	12.285				319.410
PD-5050	El Molino		50,5	R	600		2.925			68.445
PD-5625	Aguas Claras		56,3	N	1.400		8.550	12.150		342.225
PD-7630	Santa Julia	Las Cabras	76,3	N	1.800		29.140			681.864
PD-8255	El Seminario		82,6	N	550			5.019		58.723
Sub-Total (Ribera Derecha)						101.039	40.615	17.169	467	3.815.615
TOTAL						291.348	161.862	37.430	2.233	11.979.238

TABLA N°4.6

RESUMEN COSTO OBRAS Y VALOR DAÑOS DIRECTOS ESTIMADOS CON CRECIDA DE TR = 25 AÑOS EN SECTORES CRÍTICOS

Sector Crítico	Comuna	Código Obras del Sector				Costo Obras de Protección	Daño Directo Esperado Crecida Tr = 25 Años
						(M\$)	
Ribera Izquierda							
Lo Conti	Olivar	PI-0018				129.467	592.275
La Alpargata	Olivar	PI-0530				26.667	504.840
Planta Aguas Servidas Olivar	Olivar	PI-0805				430.123	70.000
Olivar Bajo 1	Olivar	PI-1145				391.872	84.000
Olivar Bajo 2 El Crucero	Coinco	PI-1325	PI-1424	PI-1544		377.260	2.390.310
Tres Puentes-Chillehue	Coinco	PI-2362				1.107.076	1.782.460
El Rulo - Los Sajos	Coinco	PI-2865				114.667	253.400
Millahue	Coinco	PI-3333				177.784	115.380
Punta del Viento	San Vicente	PI-3685				70.200	1.838.158
El Romeral	San Vicente	PI-3980				592.800	1.769.900
Monte Lorenzo Arriba	San Vicente	PI-4370				1.163.904	1.626.843
Monte Lorenzo Abajo	San Vicente	PI-4590				315.900	487.638
Toquigua Abajo	San Vicente	PI-4840				191.646	115.724
Tunca Abajo	San Vicente	PI-5030				392.953	596.338
La Palma	San Vicente	PI-5258				14.666	260.332
La Argentina	Pichidegua	PI-5590				73.626	380.221
Santa Cecilia	Pichidegua	PI-5705				354.919	213.254
Viceparroquia	Pichidegua	PI-5905				473.307	217.976
Mal Paso de Larmahue	Pichidegua	PI-6365				88.997	460.582
Pichidegua	Pichidegua	PI-6565				652.620	881.465
La Torina	Pichidegua	PI-6700	PI-6825	PI-7060		750.853	1.326.036
Alto Los Padilla	Pichidegua	PI-7470				123.552	759.304
Puente Las Cabras Aguas Abajo	Pichidegua	PI-7930				148.764	474.884
Sub-Totales						8.163.623	17.201.320
Ribera Derecha							
Puente Alta	Rancagua	PD-0232				105.300	183.880
La Granja	Rancagua	PD-0555				94.692	64.488
Punta de Cortés	Rancagua	PD-0739				292.361	39.784
Lo Miranda	Doñihue	PD-1072				378.730	636.326
California - Paraguay	Doñihue	PD-1570	PD-1840			157.950	1.349.448
Los Marcos	Coltauco	PD-2475				70.200	4.670.034
Monte Grande	Coltauco	PD-2840				153.166	4.017.463
Tres Esquinas	Coltauco	PD-2950				37.333	6.044.814
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	Coltauco	PD-3805	PD-3975	PD-4135	PD-4303	1.374.626	1.643.062
El Molino	Peumo	PD-5050				68.445	2.873.024
Aguas Claras	Peumo	PD-5625				342.225	3.285.505
Santa Julia	Las Cabras	PD-7630				681.864	13.382
El Seminario.	Las Cabras	PD-8255				58.723	44.608
Sub-Totales						3.815.615	24.865.818
TOTALES						11.979.238	42.067.139

4.4.4.- Indicadores de Rentabilidad

a) Metodología

Considerando el nivel preliminar, de perfil de proyecto, que corresponde a este estudio y dada la limitada calidad de la información disponible, la determinación del BAE, parámetro básico empleado en la evaluación de proyectos como los de este estudio, en este caso fue realizada mediante la aplicación de una metodología de cálculo aproximado, la que comprendió los siguientes pasos:

- **Determinación de los Beneficios Previstos (Bc) Asociados una Crecida de Período de Retorno (Pc) Conocido, para cada Sector Crítico**

En este caso se adoptó como crecida de referencia la registrada en el año 1986, la que se asocia a un período de retorno aproximado de 25 años.

La valorización de los daños directos generados por esa crecida se realizó sobre la base de la información recopilada en los recorridos de terreno, en los cuales se entrevistó a alrededor de 190 lugareños, residentes de zonas ribereñas a los cauces. En el Capítulo 3 se describe la metodología empleada para estimar los daños directos estimados en cada sector crítico. Los resultados de dicha valorización para los sectores críticos de ambas riberas están presentados en la Tabla N°4.6 anterior.

A los daños directos así determinados, se agregó un 25%, que considera los daños indirectos, intangibles y directos no evaluados.

- **Cálculo del Beneficio Anual Esperado (BAE)**

A partir de los valores determinados para una crecida de $T_r = 25$ años se calculó el Beneficio Anual Esperado, asumiendo lo siguiente:

- Para la crecida máxima probable, estadísticamente definida como aquella que posee probabilidad de excedencia 0, se asume que los daños evitados, o beneficios del proyecto, son el doble de los calculados para el período de retorno de 25 años. Cabe señalar que este valor adoptado no tiene incidencia significativa en el resultado del cálculo que emplea esta metodología, siendo muy poco sensible a la variación del mismo.
- Para una crecida con período de retorno 5 años, es decir, con probabilidad de excedencia 0,2, se asume que no se producen daños y por lo tanto los beneficios son nulos. Este criterio se adoptó considerando que normalmente, los cauces naturales son capaces de contener esta crecida sin crear daños mayores ni ocupar sus planicies de inundación.

Las hipótesis planteadas son necesarias para proporcionar los datos estadísticos requeridos para aplicar la metodología el cálculo.

Lo anterior se resume en el siguiente cuadro:

Beneficios (B)	Probabilidad de Excedencia (P)
$2 \bullet B_c$	0
B_c	P_c
0	0,2

Finalmente el Beneficio Anual Esperado (BAE) se calcula como el área bajo la curva Beneficio v/s probabilidad de excedencia definida por los tres puntos antes indicados, considerando una curva parabólica del tipo:

$$P = a \bullet B^2 + b \bullet B + c$$

Reemplazando en esta ecuación los valores indicados en el cuadro anterior, se obtiene un sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas, cuya resolución permite obtener los siguientes valores de las constantes:

$$a = \frac{0,1 - Pc}{Bc^2} ; b = \frac{2 \bullet Pc - 0,3}{Bc} ; c = 0,2$$

De acuerdo a lo anterior, el área bajo la curva (BAE) queda expresada mediante la siguiente fórmula:

$$BAE = \frac{Bc}{3 \bullet (0,2 + 4 \bullet Pc)}$$

donde:

BAE : Beneficio Anual Esperado.

Bc : Beneficio previsto para una crecida con probabilidad de excedencia Pc.

Para este, caso Pc = 0,04, por lo cual el Beneficio Anual Esperado queda:

$$BAE = 0,12 \bullet Bc$$

b) Cálculo de Indicadores

Los indicadores de rentabilidad empleados en la calificación de los proyectos de este Estudio son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), comúnmente utilizados en variados tipos de evaluaciones. Los parámetros básicos utilizados en el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y la tasa de descuento adoptada. Respecto a este último punto, según recomendaciones de MIDEPLAN, la tasa de descuento utilizada fue r = 0,10.

Como premisa básica, se asume que el daño anual evitado, o beneficio anual esperado, corresponde a un flujo de caja positivo de naturaleza monetaria, similar a los flujos negativos correspondientes a la inversión inicial y a los costos de mantenimiento periódico de las obras.

Se consideró un período de 30 años como horizonte de evaluación.

El VAN se calcula con la siguiente expresión:

$$VAN = \sum_{i=1}^{30} \left[\frac{BAE_i - I_i - M_i}{(1+r)^{(i-1)}} \right]$$

donde:

VAN : Valor actual neto

BAE_i : Beneficio anual esperado en el año i.

M_i	:	Costo de Mantenimiento estimado en el año i (*)
r	:	Tasa de descuento
I_i	:	Inversión en el año i .

(*) Se ha considerado un 1,5 % de la Inversión Total de la obra.

Por su parte, la TIR es la tasa de descuento teórica, llamada **interna**, que aplicada a los flujos de caja conocidos de un proyecto, hace que el VAN se iguale a cero en la expresión antes indicada.

Cuando el cálculo de este indicador entrega valores muy superiores a la tasa de descuento real, comercial, pierde su significado económico. Por esta razón, cuando los resultados de la TIR han sido superiores a 50% en ciertos proyectos de protección, se ha omitido su expresión en el presente estudio, quedando en estos casos sólo el VAN como indicador válido de rentabilidad, y particularmente empleado para los efectos comparativos entre proyectos y determinación de prioridades.

En el Anexo N°10 se presentan las Fichas de Evaluación Económica a precios privados, correspondiente a cada Sector Crítico, es decir, asociados cada uno de ellos al costo de una o varias obras previstas a ser ejecutadas en esos sectores, constituyendo la inversión conjunta de cada grupo de obras, la Inversión Inicial de del proyecto correspondiente.

La información de los tiempos de aplicación de la serie de flujos positivos y negativos que emplea cada evaluación, corresponde a lo definido en Programa de Obras y Plan de Inversiones, que se presenta más adelante (ver Tabla N° 4.10). Cabe señalar que este programa fue elaborado tomando en cuenta la priorización definida (ver Tabla N° 4.8) la que a su vez considera, entre otros factores, los valores de rentabilidad VAN y TIR, derivados de este análisis. Lo anterior implicó un proceso de aproximaciones sucesivas.

En la Tabla N°4.7, se resumen los valores básicos de identificación de los sectores críticos, sus correspondientes obras propuestas, con sus códigos, los costos de inversión que significan las obras y grupo de obras de un sector, los costos de mantenimiento adoptados, el daño total esperado, el Beneficio Anual Esperado, BAE, y finalmente los indicadores VAN y TIR asociados a los proyectos de obras que dan protección a cada sector crítico. Los cálculos consideraron un cronograma de inversiones según el cronograma de obras que se plantea más adelante

En el Anexo N°10 se entrega el detalle de las tablas de evaluación de cada obra (flujos de caja).

TABLA N°4.7

RESUMEN DE EVALUACIÓN ECONÓMICA – SECTORES CRÍTICOS Y OBRAS

Sector Crítico	Obra	Código	Km.		Inversión Obra	Inversión Sector	Costos Mantenición	Daño Evitado Total	Beneficio Anual Esperado	VAN	TIR
			Inicio	Fin				(Bc)	(BAE)		
								M\$			
Ribera Izquierda											
Lo Conti	Lo Conti	PI-0018	0,00	0,36	129.467	129.467	1.942	592.275	88.841	324.713	67%
La Alpargata	La Alpargata	PI-0530	4,80	5,80	26.667	26.667	400	504.840	75.726	679.108	> 50 %
Planta Aguas Servidas Olivar	Planta Aguas Servidas Olivar	PI-0805	7,40	8,70	430.123	430.123	6.452	70.000	10.500	-204.321	NEG
Olivar Bajo 1	Olivar Bajo 1	PI-1145	10,30	12,60	391.872	391.872	5.878	84.000	12.600	-172.353	NEG
Olivar Bajo 2 - El Crucero	Olivar Bajo 2	PI-1325	12,60	13,90	182.520	377.260	5.659	2.390.310	358.547	1.483.402	> 50 %
	El Crucero 1	PI-1424	13,90	14,27	91.260						
	El Crucero 2	PI-1544	14,57	16,30	103.480						
Tres Puentes - Chillehue	Tres Puentes - Chillehue	PI-2362	22,24	25,00	1.107.076	1.107.076	16.606	1.782.460	267.369	1.009.953	34%
El Rulo - Los Sajos	El Rulo - Los Sajos	PI-2864	26,50	30,80	114.667	114.667	1.720	253.400	38.010	29.992	32%
Millahue	Millahue	PI-2365	31,80	33,50	177.784	177.784	2.667	115.380	17.307	12.100	5%
Punta del Viento	Punta del Viento	PI-3685	35,70	38,00	70.200	70.200	1.053	1.838.158	275.724	227.001	> 50 %
El Romeral	El Romeral	PI-3980	38,30	41,30	592.800	592.800	8.892	1.769.900	265.485	1.198.206	43%
Monte Lorenzo Arriba	Monte Lorenzo Arriba	PI-4370	41,80	45,80	1.163.904	1.163.904	17.459	1.626.843	244.026	549.239	17%
Monte Lorenzo Abajo	Monte Lorenzo Abajo	PI-4710	46,00	48,20	315.900	315.900	4.739	487.638	73.146	147.521	21%
Toquigua Abajo	Toquigua Abajo	PI-4840	48,00	48,80	191.646	191.646	2.875	115.724	17.359	-31.030	5%
Tunca Abajo	Tunca Abajo	PI-5030	50,00	50,60	392.953	392.953	5.894	596.338	89.451	252.385	21%
La Palma	La Palma	PI-5258	52,50	52,67	14.666	14.666	220	260.332	39.050	349.154	> 50 %
La Argentina	La Argentina	PI-5590	55,20	56,60	73.626	73.626	1.104	380.221	57.033	450.408	> 50 %
Santa Cecilia	Santa Cecilia	PI-5705	56,60	57,50	354.919	354.919	5.324	213.254	31.988	-60.247	5%
Viceparroquia	Viceparroquia	PI-5905	58,40	59,70	473.307	473.307	7.100	217.976	32.696	-128.683	2%
Mal Paso de Larmahue	Mal Paso de Larmahue	PI-6335	62,90	63,80	88.997	88.997	1.335	460.582	69.087	492.313	> 50 %
Pichidegua	Pichidegua	PI-6565	64,80	66,50	652.620	652.620	9.789	881.465	132.220	337.775	19%
La Torina	La Torina 1	PI-6700	66,50	67,50	267.258	750.853	11.263	1.326.036	198.905	820.392	25%
	La Torina 2	PI-6825	67,80	68,70	366.806						
	La Torina 3	PI-7060	70,00	71,20	116.789						
Alto Los Padilla	Alto Los Padilla	PI-7470	74,30	75,10	123.552	123.552	1.853	759.304	113.896	644.285	91%
Puente Las Cabras Aguas Abajo	Puente Las Cabras Aguas Abajo	PI-7930	78,60	80,00	148.764	148.764	2.231	474.884	71.233	197.519	46%
Totales						8.163.623	122.455	17.201.320	2.580.198	8.608.831	

TABLA N°4.7

RESUMEN DE EVALUACIÓN ECONÓMICA – SECTORES CRÍTICOS Y OBRAS
(CONTINUACIÓN)

Sector Crítico	Obra	Código	Km.		Inversión Obra	Inversión Sector	Costos Mantenición	Daño Evitado Total	Beneficio Anual Esperado	VAN	TIR
								(Bc)	(BAE)		
			Inicio	Fin				MM\$			
Ribera Derecha											
Puente Alta	Puente Alta	PD-0232	1,94	2,70	105.300	105.300	1.580	229.850	27.582	89.284	25
La Granja	La Granja	PD-0555	5,20	5,90	94.692	94.692	1.420	80.610	9.673	-11.443	7
Punta de Cortés	Punta de Cortés	PD-0739	7,00	7,60	292.361	292.361	5.968	49.730	5.968	-130.398	NEG
Lo Miranda	Lo Miranda	PD-1072	9,90	11,60	378.730	378.730	5.680	795.408	95.449	212.144	23
California - Paraguay	California	PD-1570	14,90	16,50	105.300	157.950	2.369	1.686.810	202.417	1.716.420	>50 %
	Paraguay	PD-1840	18,10	18,70	52.650	70.200	1.053	5.837.542	700.505	6.483.390	>50 %
Los Marcos	Los Marcos	PD-2475	23,60	25,90	70.200	153.166	2.297	5.021.829	602.619	5.471.614	>50 %
Montegrande	Montegrande	PD-2840	28,20	28,50	153.166	37.333	560	7.556.018	906.722	8.453.049	>50 %
Tres Esquinas	Tres Esquinas	PD-2950	28,80	30,20	37.333	105.300	1.580	229.850	27.582	89.284	25
Desembocadura Estero Purén- Cuesta Idahue	Desembocadura Estero Purén	PD-3805	37,50	38,60	458.256	1.374.626	20.619	2.053.828	246.459	546.680	16
	Idahue 1	PD-3975	39,10	40,40	296.400						
	Idahue 2	PD-4135	40,60	42,10	300.560						
	Idahue 3	PD-4303	42,40	43,65	319.410						
El Molino	El Molino	PD-5050	50,20	50,80	68.445	68.445	1.027	3.591.280	430.954	2.907.657	>50 %
Aguas Claras	Aguas Claras	PD-5625	55,50	57,00	342.225	342.225	5.133	4.106.881	492.826	3.645.517	>50 %
Santa Julia	Santa Julia	PD-7630	75,45	77,15	681.864	681.864	10.228	16.728	2.007	-390.477	NEG
El Seminario	El Seminario	PD-8255	82,30	82,60	58.723	58.723	881	55.760	6.691	-3.926	8
Totales						3.815.615	58.816	31.082.273	3.729.873	28.989.513	

4.5.- Priorización de Proyectos

4.5.1.- Definiciones

En el Capítulo 3 de este Informe se entrega la definición de los conceptos Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo, y se señala la forma de determinación de cada uno de ellos, cuantificando estos parámetros mediante indicadores que toman valores entre 1 y 5. El significado de medición que expresan esos indicadores, es:

1	Muy leve
2	Leve
3	Mediano
4	Alto
5	Muy alto

- **Amenaza.** Se relaciona con la probabilidad de ocurrencia de un evento de crecida con efecto negativo sobre un área ribereña, asociado a un sector crítico de la ribera. Está determinada por el elemento solicitante que son las solicitaciones hidráulicas, y resistentes de la ribera, en el sector crítico.
- **Vulnerabilidad.** Se relaciona con la cuantía de bienes y personas, expuestos a ser dañados por efecto del evento de una crecida. La Vulnerabilidad económica es equivalente al valor económico de los daños esperados con la ocurrencia de una crecida de determinada magnitud.
- **Riesgo.** Es un factor relacionado con los anteriores. En este estudio su valor se ha definido como la media geométrica entre los números enteros, de 1 a 5, dado a los indicadores de Amenaza y Vulnerabilidad. En esta forma el indicador de riesgo también toma valores en el rango de 1 a 5, aunque expresado con un decimal para los efectos comparativos de una priorización, donde el factor de Riesgo es un parámetro básico a ser considerado.
- **Rentabilidad económica.** Los factores de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo se refieren a una situación presente, relacionando un sector crítico de la ribera con un área ribereña que contiene bienes y personas. La rentabilidad se refiere a una situación futura en la cual el factor Amenaza, y consecuentemente, el Riesgo, son reducidos por efecto de obras que incrementan los elementos resistentes en el sector crítico de la ribera. La Rentabilidad económica de un proyecto de defensa se determina relacionando los Costos de esas obras (nuevo elemento) con los beneficios económicos que proporciona. Estos últimos se cuantifican haciéndolos equivalentes al daño esperado en situación sin proyecto, llamándolo ahora Daño Evitado, en situación con proyecto. La Rentabilidad se determina no sólo por la cuantía de los desembolsos y beneficios que se asocian al proyecto, sino también por la oportunidad en que ello ocurre. Para los efectos de la evaluación, la metodología empleada asume que los beneficios económicos del proyecto son de similar naturaleza que sus costos, y se obtienen anualmente en forma regular

4.5.2.- Criterios de Priorización

Para cada sector crítico de ribera, que puede contener uno o más obras de defensa propuestas, se define un proyecto de protección al cual se refiere los indicadores de riesgo y rentabilidad.

Los elementos básicos empleados en la priorización son los indicadores de amenaza y vulnerabilidad, que determinan el riesgo, y de rentabilidad.

Los criterios de priorización que son aplicados a los diferentes proyectos que contiene el Plan de soluciones estructurales propuestas en el sector de estudio, son los siguientes:

- a) El proceso de priorización de los proyectos es único. Abarca en conjunto a todos los proyectos, sin agruparlos por ribera o comunas.
- b) El orden de priorización obtenido por los proyectos en este proceso, no necesariamente define su orden de inicio en el programa de ejecución de las obras. Como se explica con mayor detalle en el Punto 4.6.1, esto se justifica al existir otros elementos condicionantes como son, en algunos casos, la necesidad de avanzar simultáneamente obras enfrentadas en riberas opuestas aunque posean diferentes prioridades. Igualmente, la necesidad de mantener los montos de inversión anuales dentro de un rango de variación limitado, puede significar el atraso o adelanto en la programación de algunos proyectos, con respecto al orden que definen sus prioridades determinadas en este proceso.
- c) Para los proyectos con indicador de Amenaza 5, máxima, con riesgo inminente como es el caso de los sectores afectados durante las crecidas de junio pasado, se otorga máxima prioridad siempre que su vulnerabilidad posea Indicador igual o superior a 3, es decir, siempre que existan bienes y personas amenazados que justifiquen esa prioridad. En esta priorización las obras se ordenan según el Indicador de Vulnerabilidad que posean, y en segundo término, en caso de igualarse, según su rentabilidad económica-social.
- d) La segunda priorización adoptada corresponde a las obras no incluidas en la priorización anterior, que protegen sectores con importante contenido de bienes y personas, es decir con vulnerabilidad máxima, amenazados en un grado suficientemente importante para justificar esta prioridad. En forma específica, se adoptó dar esta prioridad a las obras que proporcionan protección a sectores con Indicador de Vulnerabilidad 5, e Indicador de Amenaza igual o superior a 3. En esta priorización las obras se ordenan según sus indicadores de Amenaza. En caso de igualarse, según su rentabilidad económica-social.
- e) Las siguientes órdenes de priorización corresponde a proyectos no incluidas en las priorizaciones anteriores. Estos proyectos se ordenan según la rentabilidad económica que posean. Se selecciona el indicador VAN, para estos efectos. No se ha considerado la Tasa Interna de Retorno, TIR, en este proceso, pues muchos de los proyectos han determinado valores del TIR que se encuentran fuera del rango de validez económica de este indicador.

4.5.3.- Valores de Priorización Obtenidos

En las Tablas N°4.8 y N°4.9 se muestran los indicadores de riesgo y rentabilidad, y orden de prioridad determinados para la totalidad de los proyectos de este Estudio. La Tabla N°4.8 muestra esos valores, ordenados por ribera y kilometraje de los proyectos. La Tabla N°4.9, los muestra por orden de prioridad.

TABLA N°4.8

PRIORIZACION PROYECTOS DE DEFENSA DEL PLAN (POR RIBERA Y KILOMETRAJE)

Proyecto (Sector Crítico)	Comuna	Km.	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo	VAN	TIR	Orden de Prioridad
			Indicador					
			2 a 5	1 a 5	3 a 5	MM\$	%	
Ribera Izquierda								
Lo Conti	Olivar	0,2	2	3	2,4	325	> 50%	20
La Alpargata	Olivar	5,3	2	2	2,0	679	> 50%	13
Planta Aguas Servidas Olivar	Olivar	8,0	3	1	1,7	-204	Negativo	35
Olivar Bajo 1	Olivar	11,4	5	1	2,2	-172	Negativo	34
Olivar Bajo 2 - El Crucero	Coinco	13,2	2	5	3,2	1.483	> 50%	9
Tres Puentes – Chillehue	Coinco	23,5	4	5	4,5	1.010	34%	6
El Rulo - Los Sajos	Coinco	28,2	2	1	1,4	30	32%	26
Millahue	Coinco	32,2	5	1	2,2	12	5%	30

TABLA N°4.8

**PRIORIZACION PROYECTOS DE DEFENSA DEL PLAN (POR RIBERA Y KILOMETRAJE)
(CONTINUACIÓN)**

Proyecto (Sector Crítico)	Comuna	Km.	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo	VAN	TIR	Orden de Prioridad
			Indicador					
			2 a 5	1 a 5	3 a 5			
Ribera Izquierda								
Punta del Viento	San Vicente	37,0	2	5	3,2	227	> 50 %	23
El Romeral	San Vicente	40,0	3	4	3,5	1,198	43%	11
Monte Lorenzo Arriba	San Vicente	44,0	4	4	4,0	549	17%	10
Monte Lorenzo Abajo	San Vicente	47,0	3	1	1,7	148	21%	24
Toquigua Abajo	San Vicente	48,4	5	1	2,2	- 31	5%	29
Tunca Abajo	San Vicente	50,3	4	2	2,8	252	21%	18
La Palma	San Vicente	52,6	5	1	2,2	349	> 50 %	19
La Argentina	Pichidegua	56,0	5	1	2,2	450	> 50 %	17
Santa Cecilia	Pichidegua	57,0	3	1	1,7	- 60	5%	27
Viceparroquia	Pichidegua	59,0	3	1	1,7	- 129	2%	32
Mal Paso de Larmahue	Pichidegua	63,4	3	1	1,7	492	> 50 %	16
Pichidegua	Pichidegua	65,6	3	2	2,4	338	19 %	15
La Torina	Pichidegua	67,0	5	3	3,9	820	43 %	4
Alto Los Padilla	Pichidegua	74,7	3	2	2,4	644	> 50 %	14
Puente Las Cabras Aguas Abajo	Pichidegua	79,3	4	1	2,0	198	46%	22
Ribera Derecha								
Puente Alta	Rancagua	2,3	1	1	1,0	181	39	25
La Granja	Rancagua	5,6	2	1	1,4	27	17	28
Punta de Cortés	Rancagua	7,3	2	1	1,4	-106	Negativo	33
Lo Miranda	Doñihue	10,6	2	2	2,0	479	39	21
California – Paraguay	Doñihue	15,7	5	3	3,9	2.632	> 50%	3
Los Marcos	Coltauco	24,7	3	5	3,9	10.215	> 50%	5
Montegrando	Coltauco	28,4	5	5	5,0	9.014	> 50%	1
Tres Esquinas	Coltauco	29,5	5	5	5,0	13.413	> 50%	2
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	Coltauco	38,0	3	3	3,0	1.300	24	12
El Molino	Peumo	50,5	1	4	2,0	5.339	> 50%	8
Aguas Claras	Peumo	56,2	4	4	4,0	6.888	> 50%	7
Santa Julia	Las Cabras	76,2	1	1	1,0	-386	Negativo	36
El Seminario	Las Cabras	82,4	3	1	1,7	10	15	31

TABLA N°4.9

PRIORIZACION PROYECTOS DE DEFENSA DEL PLAN (POR ORDEN DE PRIORIDAD)

Proyecto (Sector Crítico)	Ribera	Comuna	Km.	Orden de Prioridad
Montegrando	Derecha	Coltauco	28,4	1
Tres Esquinas	Derecha	Coltauco	29,5	2
California - Paraguay	Derecha	Doñihue	15,7	3
La Torina	Izquierda	Pichidegua	67,0	4
Los Marcos	Derecha	Coltauco	24,7	5
Tres Puentes - Chillehue	Izquierda	Coinco	23,5	6
Aguas Claras	Derecha	Peumo	56,2	7
El Molino	Derecha	Peumo	50,5	8
Olivar Bajo 2 - El Crucero	Izquierda	Coinco	13,2	9
Monte Lorenzo Arriba	Izquierda	San Vicente	44,0	10
El Romeral	Izquierda	San Vicente	40,0	11
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	Derecha	Coltauco	38,0	12
La Alpagata	Izquierda	Olivar	5,3	13
Alto Los Padilla	Izquierda	Pichidegua	74,7	14

TABLA N°4.9

PRIORIZACION PROYECTOS DE DEFENSA DEL PLAN (POR ORDEN DE PRIORIDAD)
(CONTINUACIÓN)

Proyecto (Sector Crítico)	Ribera	Comuna	Km.	Orden de Prioridad
Pichidegua	Izquierda	Pichidegua	65,6	15
Mal Paso de Larmahue	Izquierda	Pichidegua	63,4	16
La Argentina	Izquierda	Pichidegua	56,0	17
Tunca Abajo	Izquierda	San Vicente	50,3	18
La Palma	Izquierda	San Vicente	52,6	19
Lo Conti	Izquierda	Olivar	0,2	20
Lo Miranda	Derecha	Dofñihue	10,6	21
Puente Las Cabras Aguas Abajo	Izquierda	Pichidegua	79,3	22
Punta del Viento	Izquierda	San Vicente	37,0	23
Monte Lorenzo Abajo	Izquierda	San Vicente	47,0	24
Puente Alta	Derecha	Rancagua	2,3	25
El Rulo - Los Sajos	Izquierda	Coinco	28,2	26
Santa Cecilia	Izquierda	Pichidegua	57,0	27
La Granja	Derecha	Rancagua	5,6	28
Toquigua Abajo	Izquierda	San Vicente	48,4	29
Millahue	Izquierda	Coinco	32,2	30
El Seminario	Derecha	Las Cabras	82,4	31
Viceparroquia	Izquierda	Pichidegua	59,0	32
Punta de Cortés	Derecha	Rancagua	7,3	33
Olivar Bajo 1	Izquierda	Olivar	11,4	34
Planta Aguas Servidas Olivar	Izquierda	Olivar	8,0	35
Santa Julia	Derecha	Las Cabras	76,2	36

4.6.- Programación de los Proyectos y Plan de Inversiones

4.6.1.- Antecedentes y Criterios de la Programación

De acuerdo a los Términos de Referencia del Estudio, se plantea ejecutar el Plan de Obras de Defensas en un plazo de 10 años. Se denominan Obras de Corto Plazo a aquellas cuya completa ejecución finaliza entre los años 1 y 5. Las obras restantes, que finalizan entre los años 6 y 10, corresponden a las Obras de Mediano Plazo.

Una característica de los proyectos propuestos, que ha sido considerada en la programación, especialmente en aquellos que involucran los mayores montos de inversión, es que ellos cumplen su función de protección de la ribera en forma progresiva, en la medida de su avance constructivo. Este avance en general debe plantearse desde aguas arriba hacia aguas abajo. Esta circunstancia permite abordar la ejecución de los proyectos en uno o varios años, en etapas sucesivas, ajustando los montos de cada etapa al de los contratos habituales que toman los Contratistas de la especialidad.

En las obras programadas para varios años, constituidas básicamente por baterías de espigones no sumergidos, elementos de considerable costo, los montos anuales previstos en el Plan de Inversiones de tales obras, consideran que en cada año se construye un cierto número de espigones completos, ya que no es conveniente programar la construcción de partes de ellos.

La programación de los diferentes proyectos en el corto y mediano plazo, se basa fundamentalmente en el orden de priorización que fue determinado para cada uno de ellos.

No obstante lo anterior, el Plan de Manejo que se plantea para el corto y mediano plazo, en algunos casos no permite programar la ejecución de las obras en estricto acuerdo con sus prioridades determinadas en la forma señalada, pues ese programa también debe adecuarse a condicionantes financieras y técnicas, como las que a continuación se indican.

- **Condicionante Financiera.** Según la concepción básica de las soluciones planteadas, que determinan el prediseño de las obras, sus ubicaciones preliminares y sus presupuestos aproximados, se calculó un costo total de las obras, que alcanza a un valor estimado de 12 mil millones de pesos. Esto significa una inversión anual cercana a los 1.200 millones de pesos.

Bajo la consideración que los presupuestos de fondos sectoriales y FNDR anuales, destinados en las regiones para proyectos de defensas fluviales, tienen rangos limitados de variación, se plantea un programa de ejecución de las obras cuyo costo anual no oscile, positiva o negativamente, más allá de un 15% de la inversión media anual, estimada en 1.200 millones de pesos.

- **Condicionantes Técnicas.** Algunos proyectos del Plan deben ser ejecutados en forma simultánea con otros cuando se sitúan enfrentados en riberas opuestas, aún cuando posean diferentes prioridades de ejecución.

Esta condicionante es particularmente válida en sectores estrechos del cauce cuando una obra que reduce los riesgos de desbordes en una ribera, a su vez incrementa esos riesgos en la ribera opuesta. Esto significa la necesidad de avanzar en ambos frentes en forma simultánea. Este caso ocurre, por ejemplo, entre el proyecto de La Argentina, en la ribera izquierda, comuna de Pichidegua, y el proyecto de Aguas Claras, en la ribera derecha de la comuna de Peumo.

De la misma forma, esa condicionante debe ser considerada aún en sectores de amplitud normal del cauce, cuando la ejecución de un espigón no sumergido de longitud significativa, construido en una ribera, enfrenta a una ribera opuesta desprotegida, incrementando en ella el riesgo de ser afectada por socavación o desborde. Este caso puede ocurrir entre los proyectos previstos a ser ejecutados en los sectores de Idahue, en la ribera derecha de la comuna de Coltauco y los proyectos de El Romeral y Monte Lorenzo, por la ribera izquierda, en la comuna de San Vicente.

4.6.2.- Cronograma de Ejecución de los Proyectos

La Tabla N°4.10 contiene el cronograma propuesto para la ejecución de los diferentes proyectos del Plan de Defensas Fluviales. En él se indican los montos anuales y el monto total de inversión de cada proyecto, y el monto consolidado anual que significa la ejecución del Plan.

4.6.3.- Planes de Ejecución a Corto y Mediano Plazo

De la información presentada en la Tabla N°4.10, con el cronograma propuesto para ejecutar las obras, se determinan los planes de Corto y Mediano plazo que significa este programa de ejecución.

En la Tabla N°4.11 se muestran estos 2 Planes, indicándose los nombres de los proyectos que incluye cada uno de ellos así como los años de su ejecución. El Plan integral se inicia el año 1 y finaliza el año 10.

TABLA N°4.10

PROGRAMA DE OBRAS Y PLAN DE INVERSIONES

Proyecto Sector	Comuna	Km.		Plan de Inversiones (MM\$)										Totales Sector
				Año										
		Inicio	Término	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ribera Derecha														
Puente Alta	Rancagua	1,94	2,70					105						105
La Granja	Rancagua	5,20	5,90								95			95
Punta de Cortés	Rancagua	7,00	7,60								97	97	97	292
Lo Miranda	Doñihue	9,90	11,60						76	76	76	76	76	379
California - Paraguay	Doñihue	14,90	18,70	158										158
Los Marcos	Coltauco	23,60	25,90	70										70
Monte Grande	Coltauco	28,20	28,50	153										153
Tres Esquinas	Coltauco	28,80	30,20	37										37
Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	Coltauco	37,50	43,70	92	275	275	275	275	92	92				1,375
El Molino	Peumo	50,20	50,80				68							68
Aguas Claras	Peumo	55,50	57,00	86	86	86	86							342
Santa Julia	Las Cabras	75,45	77,15						136	136	136	136	136	682
El Seminario.	Las Cabras	82,30	82,80										59	59
Ribera Izquierda														
Lo Conti	Olivar	0,00	0,35								129			129
La Alpargata	Olivar	4,80	5,80	27										27
Planta Aguas Servidas Olivar	Olivar	7,40	8,70						86	86	86	86	86	430
Olivar Bajo 1	Olivar	10,30	12,60						78	78	78	78	78	392
Olivar Bajo 2 - El Crucero	Olivar	12,60	16,30						94	94	94	94		377
Tres Puentes - Chillehue	Coinco	22,25	25,00	221	221	221	221	221						1,107
El Rulo - Los Sajos	Coinco	26,50	30,80									115		115
Millahue	Coinco	33,15	33,50									89	89	178
Punta del Viento	San Vicente	35,70	38,00			70								70
El Romeral	San Vicente	38,00	41,60			119	119	119	119	119				593
Monte Lorenzo Arriba	San Vicente	41,60	45,70	182	182	100	100	100	100	100	100	100	100	1,164
Monte Lorenzo Abajo	San Vicente	45,70	48,10						63	63	63	63	63	316
Toquigua Abajo	San Vicente	48,10	48,70								64	64	64	192
Tunca Abajo	San Vicente	50,00	50,60			79	79	79	79	79				393
La Palma	San Vicente	52,50	52,67	15										15
La Argentina	Pichidegua	55,20	56,60	74										74
Santa Cecilia	Pichidegua	56,60	57,50							89	89	89	89	355
Viceparroquia	Pichidegua	58,40	59,70						95	95	95	95	95	473
Mal Paso de Larmahue	Pichidegua	62,80	63,80		89									89
Pichidegua	Pichidegua	64,80	66,50		109	109	109	109	109	109				653
La Torina	Pichidegua	66,50	71,20	150	150	150	150	150						751
Alto Los Padilla	Pichidegua	74,30	75,10				62	62						124
Puente Las Cabras Aguas Abajo	Pichidegua	78,60	80,00									74	74	149
Totales por Año				1.264	1.112	1.208	1.268	1.220	1.126	1.215	1.203	1.257	1.106	11.979

TABLA N°4.11**PLANES DE CORTO Y MEDIANO PLAZO PARA LA EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS**

Proyectos de Corto Plazo	Ejecución Años	Proyectos de Mediano Plazo	Ejecución Años
Puente Alta	5	La Granja	8
California - Paraguay	1	Punta de Cortés	8 al 10
Los Marcos	1	Lo Miranda	6 al 10
Monte Grande	1	Desembocadura Estero Purén - Cuesta Idahue	1 al 7
Tres Esquinas	1	Santa Julia	6 al 10
El Molino	4	El Seminario.	10
Aguas Claras	1 al 4	Lo Conti	8
La Alpargata	1	Planta Aguas Servidas Olivar	6 al 10
Tres Puentes - Chillehue	1 al 5	Olivar Bajo 1	6 al 10
Punta del Viento	3	Olivar Bajo 2 - El Crucero	6 al 9
La Palma	1	El Rulo - Los Sajos	9
La Argentina	1	Millahue	8 y 9
Mal Paso de Larmahue	2	El Romeral	3 al 7
La Torina	1 al 5	Monte Lorenzo Arriba	1 al 10
Alto Los Padilla	4 y 5	Monte Lorenzo Abajo	6 al 10
		Toquigua Abajo	8 al 10
		Tunca Abajo	3 al 7
		Santa Cecilia	7 al 10
		Viceparroquia	6 al 10
		Pichidegua	2 al 7
		Puente Las Cabras Aguas Abajo	9 y 10