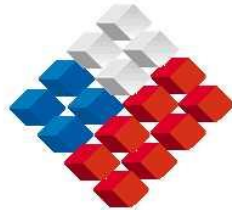


**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS**



**CONSULTORIA PM-20
PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE
DE AGUAS LLUVIAS DE LOTA Y CORONEL, VIII REGION**

RESUMEN EJECUTIVO

MARZO - 2004

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA.
INGENIEROS CONSULTORES

ÍNDICE RESUMEN EJECUTIVO

CONSULTORÍA PM-20 “PLAN MAESTRO DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE LOTA Y CORONEL, VIII REGIÓN”

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2. ÁREA DE ESTUDIO Y CUENCA APORTANTE	2
3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	4
4. ESTUDIOS BÁSICOS.....	5
4.1 PLUVIOMETRÍA	5
4.2 FLUVIOMETRÍA.....	10
4.3 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.....	10
5. IDENTIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	13
6. PATRÓN DE DRENAJE	14
7. DIAGNÓSTICO.....	15
7.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	15
7.2 SITUACIÓN FUTURA	16
7.3 LLUVIAS DE 25, 50 Y 100 AÑOS	17
7.4 SELECCIÓN DE ÁREAS A SANEAR	18
8. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	18
9. ANÁLISIS AMBIENTAL	25
10. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN	25
11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN	26
12. DEFINICIÓN DE RED PRIMARIA	30
13. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES.....	39
14. RECOMENDACIONES.....	39

RESUMEN EJECUTIVO

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El crecimiento de los principales centros urbanos, y la generalizada disminución de la cobertura vegetal en las zonas periféricas a las urbes existentes, ha provocado una disminución del porcentaje de la lluvia que se infiltra en forma natural, aumentando por consiguiente los caudales que deben ser absorbidos por las redes de aguas lluvias existentes. Adicionalmente, la baja prioridad que históricamente ha tenido en Chile la construcción de sistemas de evacuación de aguas lluvias y la disminución de la capacidad de porteo de aguas lluvias en las redes unitarias de alcantarillado, debido al aumento de la población, han contribuido a que exista un incremento de los problemas de inundaciones por aguas lluvias en las distintas ciudades del centro y sur del país.

Considerando los aspectos anteriores, el 10 de noviembre de 1997 se promulgó en el Diario Oficial la ley N° 19.525, que modificó el ámbito de la Dirección de Riego, que pasó a denominarse Dirección de Obras Hidráulicas, agregándole la tuición y responsabilidad sobre la planificación, estudio, proyección, construcción, operación, reparación, conservación y mejoramiento de la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, hasta su evacuación en cauces naturales.

Para la materialización de las disposiciones anteriores, la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas ha estudiado y puesto en marcha un programa orientado al desarrollo de los respectivos Planes Maestros de Aguas Lluvias, de los que forma parte el estudio "Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Lota y Coronel, VIII Región".

Según se desprende de lo indicado anteriormente, el objetivo central del estudio realizado fue el de formular el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de las ciudades de Lota y Coronel.

Para el logro de dicho objetivo central, se definieron algunos objetivos específicos. El primero de ellos consistió en describir y caracterizar adecuadamente los actuales sistemas de aguas lluvias de Lota y Coronel, tanto desde el punto de vista de los caudales generados para tormentas de diferente período de retorno, así como del sentido del flujo del escurrimiento, de los cauces y conducciones receptoras, de los problemas de inundaciones y otros tipos generados por dichas tormentas y de las proyecciones de dichos elementos en el tiempo, considerando las zonas de expansión urbana proyectadas como mínimo hasta el año 2030.

El segundo objetivo, a partir de los resultados logrados como cumplimiento del anterior, fue modelar la situación de aguas lluvias en la zona de

estudio, lo que permitió posteriormente simular el efecto de distintas configuraciones de sistemas de evacuación de aguas lluvias.

El tercer objetivo específico, y principal del estudio, consistió en analizar y seleccionar las alternativas de solución para cada uno de los casos, considerando los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales relevantes, generando así el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de las ciudades de Lota y Coronel.

2. ÁREA DE ESTUDIO Y CUENCA APORTANTE

El área de estudio comprende al menos toda la zona urbana, tanto actual como sus zonas de expansión, de las ciudades de Lota y Coronel, determinadas en los Planes Reguladores Comunales existentes o en estudio, considerando además lo establecido en el nuevo Plan Regulador Metropolitano de Concepción. Esta área contiene como mínimo una proyección a futuro hasta el año 2030. Dicha área cubre aproximadamente 82 km² y su cuenca aportante cubre aproximadamente 226 km². En la Figura 2-1 se muestra el área de estudio y su cuenca aportante, en un contexto regional.

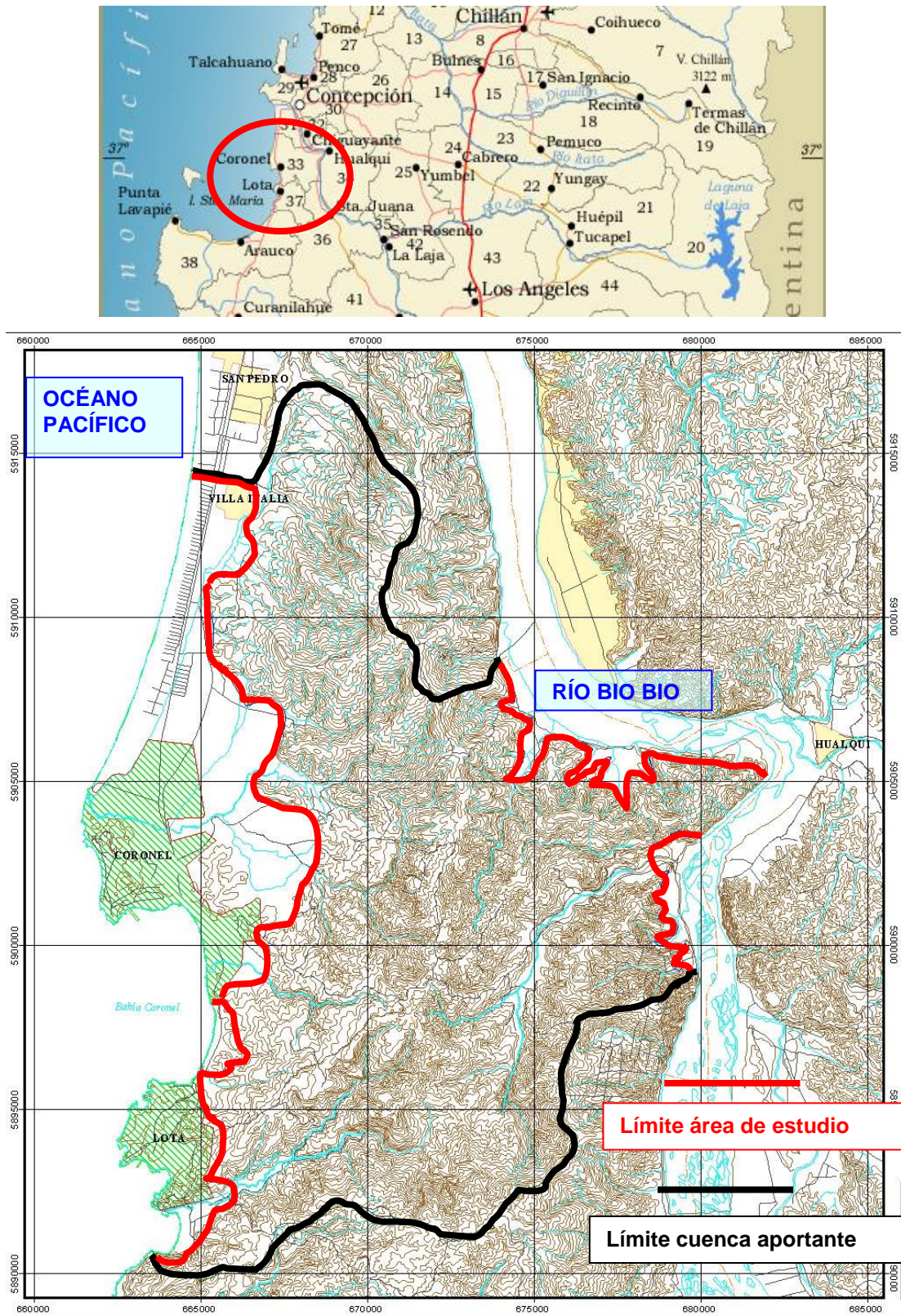
Las ciudades de Lota y Coronel pertenecen a las comunas del mismo nombre, y forman parte de las diez comunas de la provincia de Concepción, Región del Bío-Bío. Ambas ciudades poseen un clima templado mediterráneo con estaciones muy marcadas, y fueron fundadas en una planicie litoral a mediados del siglo XIX a raíz del descubrimiento de yacimientos carboníferos.

La comuna de Lota limita al Norte por la comuna de Coronel, al Sur por la comuna de Arauco, al Este por la comuna de Santa Juana y al Oeste por el Océano Pacífico. Por su parte, la comuna de Coronel limita al Norte por la comuna de San Pedro, al Sur por las comunas de Lota y Santa Juana, al Este por el Río Bío-Bío y al Oeste por el Océano Pacífico.

Lota se encuentra en la zona de contacto entre 4 tipos de relieve: Cordones montañosos y la Cordillera de la Costa, representada por el bloque solevantado de Nahuelbuta y la Planicie Costera representada por el sistema de plataformas o terrazas marinas, llanuras fluviales y marinas y valles. Respecto a la geomorfología de Coronel, el relieve de la comuna es variado, predominando los terrenos altos y que prácticamente dividen a la zona en tres tipos generales de sectores: el litoral fluvial del Bio Bio, el Coordillerano Intermedio y el Litoral Marino.

Lota y Coronel están comunicados a través de la ruta N° 160, que a su paso cruza también por la ciudad de San Pedro de La Paz.

FIGURA 2-1: ÁREA DE ESTUDIO Y CUENCA APORTANTE



La población de Lota alcanza los 52.052 habitantes y la de Coronel los 96.711 habitantes, según la proyección del INE para el año 2001. Del total de la población, sólo un 0,2 % corresponde a población rural en Lota mientras que en Coronel la población rural corresponde a un 4,4 %. Además, según la encuesta Casen de Mideplan, de 1998, existe un 12,3 % y 12,9 % de indigentes en Lota y Coronel respectivamente.

El cierre de las minas de carbón en Lota y Coronel ha significado que la actividad industrial decaiga notablemente; en sus barrios mineros se registran los índices de desempleo más altos del país. En Coronel, la decadencia de la actividad minera alcanzó su mayor crisis en 1994, cuando la mina Schwager, principal fuente de empleo de la comuna, fue cerrada, ocasionando un aumento del desempleo y graves problemas económicos en la población. Sin embargo, la instalación de fábricas de harina de pescado y el plan colectivo de reconversión laboral realizado por el Estado le han dado un nuevo impulso a la actividad industrial en ambas comunas.

La actividad económica más relevante en ambas comunas es el comercio, seguido de otras actividades tales como transporte y comunicaciones, servicios, industria manufacturera, agricultura, silvicultura y pesca, finanzas, construcción, minería, y electricidad, gas y agua.

3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Como primera actividad del estudio se recopiló y analizó la información disponible en diferentes instituciones tanto estatales como privadas, entre las cuales se encuentran el SERVIU, MINVU, ESSBIO, la Dirección General de Aguas y otras. La información recopilada fue separada en proyectos existentes de aguas lluvias, pavimentación, etc., antecedentes hidrológicos, antecedentes de uso del suelo, planes reguladores, cartografía del estudio y otros antecedentes.

El detalle de la cartografía digital existente utilizada para el presente estudio, se indica a continuación:

- Para generar la cartografía del área de expansión urbana a escala 1:5.000 en Lota se empleó el levantamiento escala 1:1.000 desarrollado por Geocen Ltda, con curvas de nivel cada 1 m y curvas índices cada 5 m. A su vez, la cartografía del área de expansión urbana en Coronel a escala 1:5.000 fue generada a partir del levantamiento escala 1:5.000 de la cartografía del MINVU VIII Región desarrollado por Aerotop, con curvas de nivel cada 5 m y curvas índices cada 25 m.
- En la cartografía 1:5.000 se actualizó y generaron las curvas de nivel cada 2 m, referida al nivel medio del mar, mediante la vinculación de la altimetría a un vértice de cota geométrica certificada por el IGM.

- La cartografía 1:2.500 se generó a partir de cartografía escala 1:5.000. Las curvas de nivel cada 1 m se obtuvieron por interpolación de las curvas cada 2 m del levantamiento a escala 1:5.000 antes descrito.
- La cartografía 1:20.000 fue íntegramente generada con fotografías aéreas existentes del vuelo GEOTEC escala 1:70.000 realizado en el año 2000.

Por último, se realizó un vuelo escala 1:15.000 a través del cual se realizó una actualización de la planimetría en sectores de notorio cambio, principalmente en las orillas del límite de la expansión urbana

4. ESTUDIOS BÁSICOS

El objetivo principal del estudio hidrológico consistió en determinar las tormentas de diseño del área de estudio para diferentes períodos de retorno de las precipitaciones. Para ello se realizó un análisis de precipitaciones máximas en 24 horas, elaborando un plano de isoyetas anuales, para posteriormente generar curvas de Intensidad – Duración - Frecuencia representativas del área de estudio, las que en conjunto con los datos de tormentas observadas permitieron determinar las lluvias de diseño.

Adicionalmente, se determinaron los principales parámetros hidrológicos característicos de las diferentes cuencas aportantes al área de estudio. Dichos parámetros serán antecedentes relevantes para el posterior estudio de crecidas de tales cauces.

4.1 PLUVIOMETRÍA

A partir de los antecedentes contenidos en el estudio “Investigación de Eventos Hidrometeorológicos Extremos. Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas” (Dirección General de Aguas, BF, 1989), se estructuraron las estadísticas de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones pluviométricas existentes en la zona, las que fueron actualizadas con los datos disponibles en el “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Concepción” (DOH, 1999) y en el “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Talcahuano, San Pedro y Chiguayante” (DOH, 2000), así como también con los datos recopilados en la Dirección Meteorológica de Chile.

Las estadísticas de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones del área de estudio, fueron sometidas a los procesos habituales de revisión, corrección, relleno y extensión, para el período comprendido entre los años hidrológicos 1941/ 1942 y 2000 / 2001.

Las series rellenas de precipitaciones máximas diarias fueron sometidas a un análisis de frecuencia analítico, adoptándose la distribución de frecuencia de mejor ajuste en cada estación pluviométrica para el cálculo de lluvias diarias asociadas a diferentes períodos de retorno en la zona.

Considerando la estadísticas de precipitaciones diarias de la estaciones Carriel Sur y Nonguén para el período 1965-2001, se procedió a determinar el número de días promedio al año, en que las precipitaciones están dentro de ciertos intervalos dados, en cada estación, lo que se presenta en el Cuadro 4-1.

Cuadro 4-1 Recurrencia Anual de Lluvias Diarias.

Rango (mm)	Nº de días promedio	
	Carriel Sur	Nonguén
0	263	266
0 – 10	66	56
10 – 20	18	19
20 – 30	9	11
30 – 50	6	9
50 – 70	2	3
> 70	1	1

El Área de Estudio fue dividida en 3 sectores, a saber, Bío-Bío, Coronel y Lota. En cada uno de ellos y en el total del área de estudio, se determinó el valor de $P(10,24)$, a partir de las isoyetas de precipitaciones máximas diarias construidas con los resultados del análisis de frecuencia realizado.

Además, se asignaron los coeficientes de frecuencia de las estaciones Chiguayante, Coronel y Lota Estanque a los sectores Bío-Bío, Coronel y Lota, respectivamente; al total del área se le asignó el promedio ponderado por área de los coeficientes de frecuencia anteriores.

Por último, se adoptaron los coeficientes propuestos por Varas en “Relaciones Intensidad-Duración-Frecuencia Generalizadas” (VI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, 1983), y también recomendados en “Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos” (MINVU, 1996).

Con todo lo anterior, se generaron las curvas I-D-F para los 3 sectores señalados, a partir de las cuales se determinaron posteriormente las lluvias de diseño. En las Figuras 4-1 a 4-6 se presentan las curvas I-D-F de cada sector para duraciones entre 10 minutos y 24 horas, y períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Figura 4-1 Curvas I-D-F Sector Bío-Bío ($t < 2$ horas)

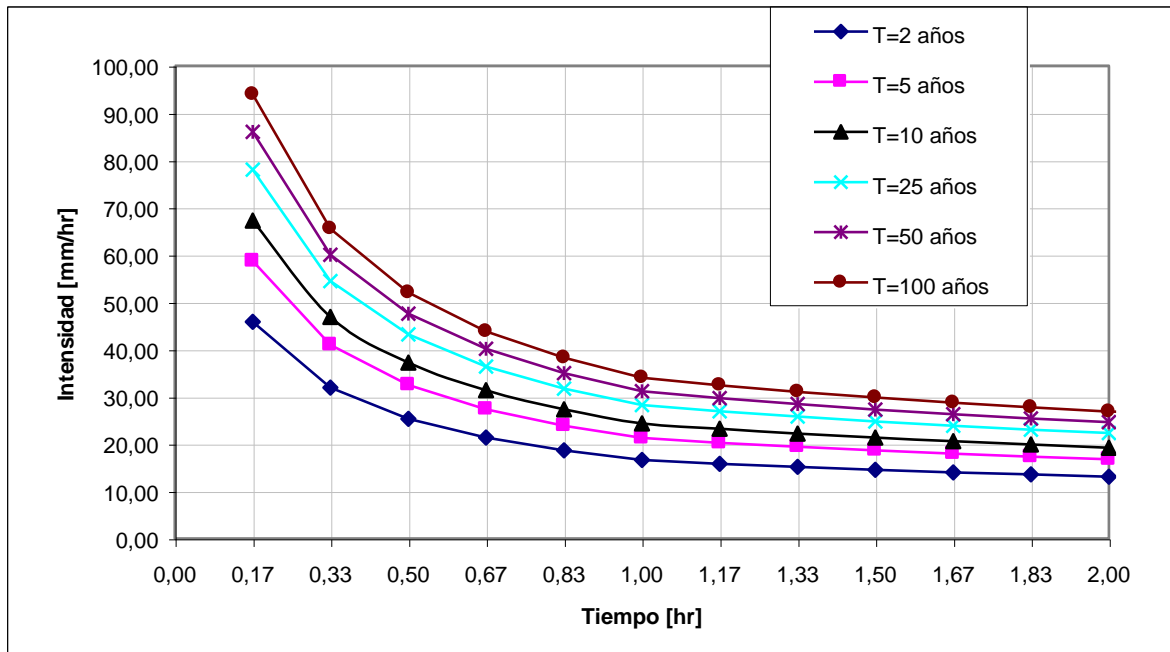


Figura 4-2 Curvas I-D-F Sector Bío-Bío ($2 < t < 24$ horas)

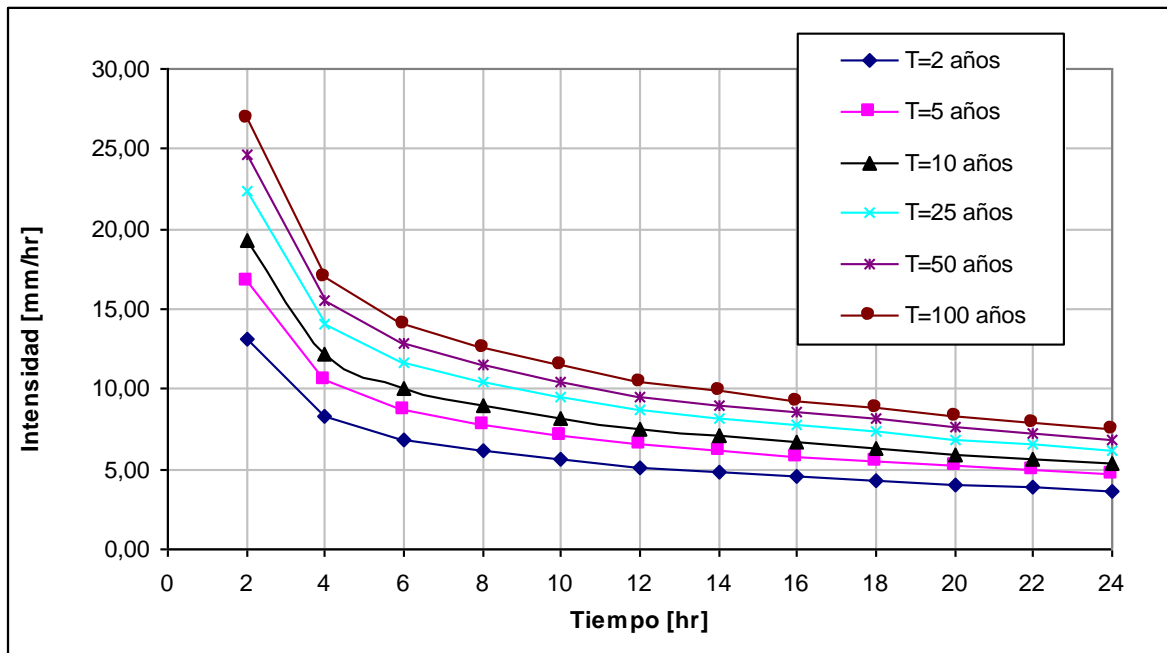


Figura 4-3 Curvas I-D-F Sector Coronel ($t < 2$ horas)

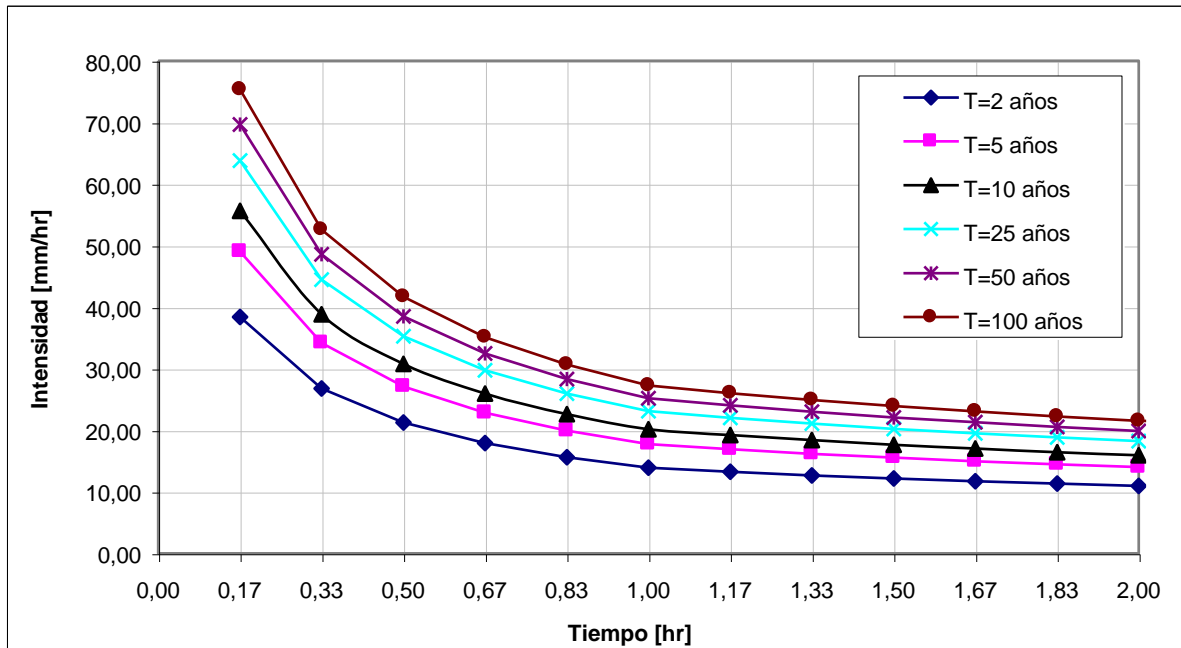


Figura 4-4 Curvas I-D-F Sector Coronel ($2 < t < 24$ horas)

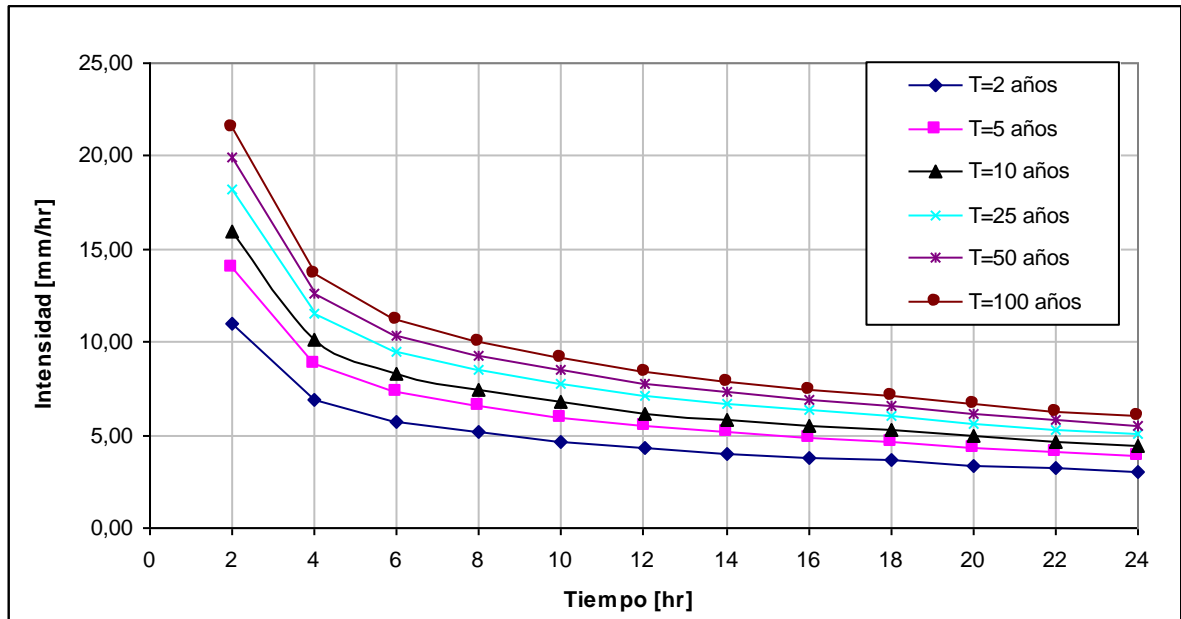


Figura 4-5 Curvas I-D-F Sector Lota (t < 2 horas)

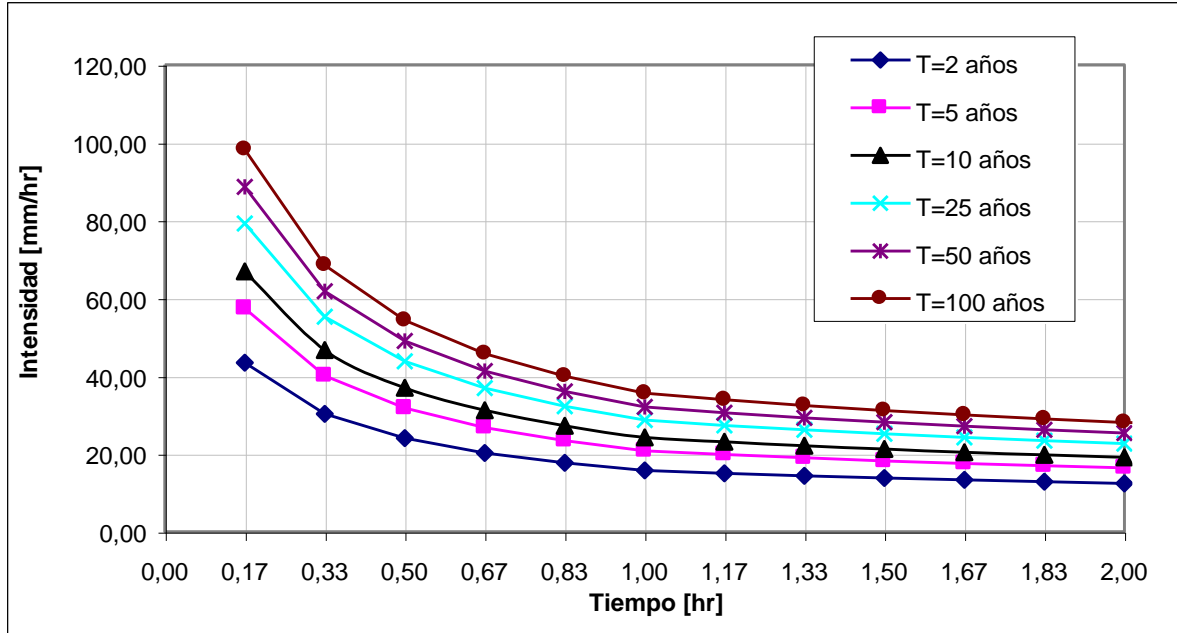
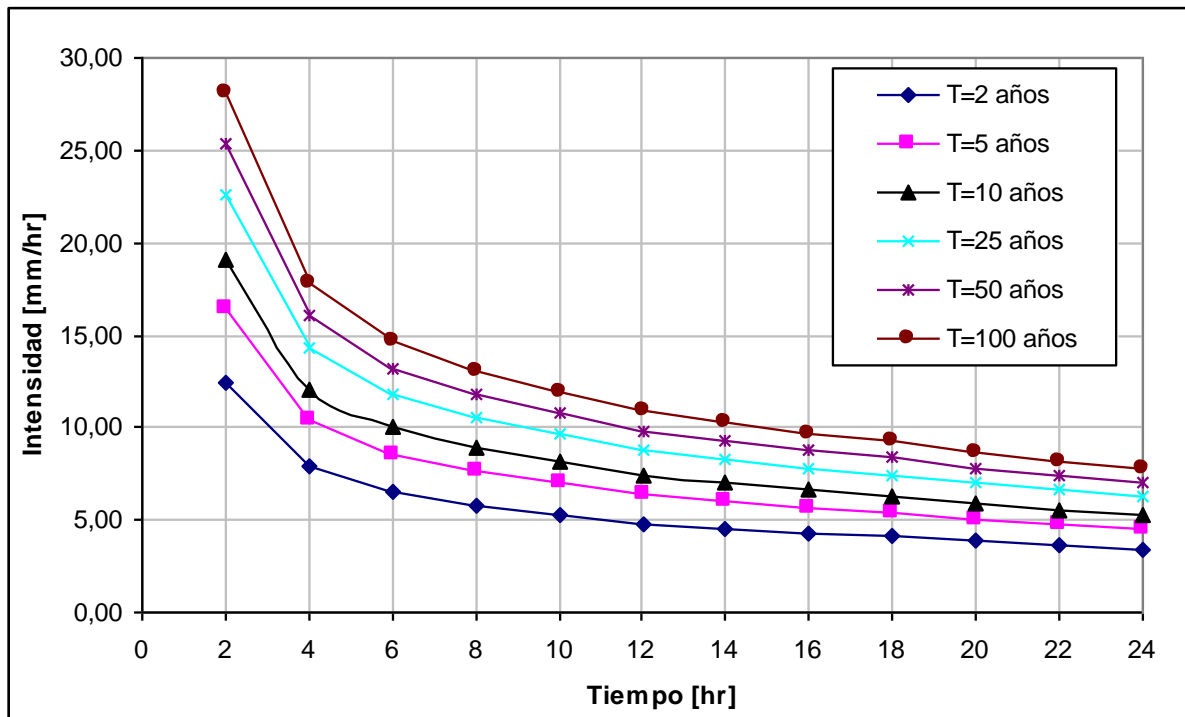


Figura 4-6 Curvas I-D-F Sector Lota (2 < t < 24 horas)



Las lluvias de diseño corresponden a aquellas tormentas de una duración tal que la escorrentía generada en toda la cuenca alcanza el punto de salida de la misma, con una intensidad media calculada para un período de retorno dado y con una cierta distribución durante la tormenta determinada a partir del análisis de tormentas observadas en el área o mediante un criterio conservador asociado a la distribución más desfavorable.

Tanto las obras existentes como las obras de mejoramiento o nuevas obras, en el área urbanizada o en el área de expansión urbana, fueron calculadas para el caso en que ocurrieran dichas lluvias, de manera de asegurar un adecuado drenaje frente a precipitaciones de iguales características o menores.

Luego de efectuar un análisis de distintas distribuciones de precipitación se determinó que la distribución más conservadora como base de diseño es la distribución según el método de los bloques alternos. Por lo tanto, se adoptó el hietograma de bloques alternos para la elección de la lluvia el diseño.

4.2 FLUVIOMETRÍA

En términos generales, y de acuerdo con los análisis y resultados obtenidos recientemente en los Planes Maestros de Puerto Montt y Valdivia (desarrollados por este Consultor), el Método Racional Modificado es la herramienta adecuada para generar hidrogramas de crecidas en cauces rurales y urbanos. La simplicidad de su aplicación y los buenos resultados obtenidos han concluido la conveniencia de su uso en el presente estudio.

El cálculo de la escorrentía de las cuencas urbanas y rurales (cuenca aportante) se realizó a través de la aplicación del software MOUSE. El método que utiliza el software incorpora una rutina de generación de hidrogramas a partir de las precipitaciones, que utiliza el coeficiente de escorrentía de la fórmula racional.

Por último, se recurrió al trabajo del Plan Maestro de Chiguayante (GSI) con el objetivo de estudiar los niveles del eje hidráulico en el río Bío Bío, de modo de analizar cómo afectan dichos niveles en las descargas de las quebradas y esteros del área de estudio, y, eventualmente, como podría afectar el nivel de agua del río en colectores de aguas lluvias que se diseñen en dicha zona.

4.3 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

Los diferentes coeficientes de escorrentía que han sido estimados corresponden a distintas combinaciones de zonas homogéneas definidas y ubicación del nivel freático, a cada uno de los cuales se le asignó un coeficiente de escorrentía. Dicha estimación, basada en la observación de terreno, en la experiencia del Consultor, en valores medios recomendados en diferente literatura y en los

resultados obtenidos de la aplicación de similar metodología a sectores urbanos y semiurbanos en otras ciudades, corresponde a la mejor estimación factible de hacer de dichos parámetros.

El aspecto de pendientes del suelo fue considerado en la ciudad de Lota y Coronel, no obstante en esta última es menos importante debido a las pocas variaciones de las cotas de terreno que hay.

A continuación, en los Cuadros 4-2 y 4-3 se presentan los tipos de suelos adoptados y los rangos de coeficientes de escorrentía para las situaciones de uso actual y futuro de suelos de Lota, respectivamente. De manera análoga, se muestra similar información para Coronel en los Cuadros 4-4 y 4-5.

Posteriormente, en el diagnóstico realizado en este estudio se efectuó el ajuste o calibración de los valores estimados, a través de datos de lluvia registrados en el pluviógrafo instalado y de caudales estimados en las secciones de aforo del canal Bannen (escorrentía urbana) y del estero Manco (escorrentía rural).

Cuadro 4-2 Rangos de Coeficientes de Escorrentía por Sector Homogéneo.
Ciudad de Lota – Uso Actual del Suelo

Nº Sector	Sector Homogéneo	Rango de Coeficientes de Escorrentía
	Áreas Verdes	
1	Plantaciones, bosques y matorrales	0,22 – 0,52
2	Praderas y agricultura	0,21 – 0,51
3	Zonas de Humedales	0,00 – 0,10
	Industrial	
4	Zona Industrial Densa	0,50 – 0,70
5	Zona Industrial Baja Densidad	0,37 – 0,63
	Urbano	
6	Edificación en Altura	0,48 – 0,73
7	Residencial Densa	0,52 – 0,73
8	Residencial Semidensa	0,47 – 0,69
9	Residencial Baja Densidad	0,42 – 0,59
10	Áreas Verdes Deportivas	0,41 – 0,66
11	Universidades y Colegios	0,37 – 0,61
12	Cementerios	0,65 – 0,86
13	Sitios Eriazos	0,24 – 0,50
	Otros	
14	Playas y Zona Costera Rocosa	0,46 – 0,65

Cuadro 4-3 Rangos de Coeficientes de Escorrentía por Sector Homogéneo.
Ciudad de Lota – Uso Futuro del Suelo

Nº Sector	Sector Homogéneo	Rango de Coeficientes de Escorrentía
1	Uso Urbano Consolidado	0,52 – 0,73
2	Áreas de Expansión Urbana	0,42 – 0,59
3	Uso Industrial Consolidado	0,50 – 0,70
4	Uso Forestal y Bosques	0,22 – 0,52
5	Áreas de Uso Industrial Futuro	0,44 – 0,67
6	Uso Turístico	0,46 – 0,65

Cuadro 4-4 Rangos de Coeficientes de Escorrentía por Sector Homogéneo.
Ciudad de Coronel – Uso Actual del Suelo

Nº Sector	Sector Homogéneo	Rango de Coeficientes de Escorrentía
	Áreas Verdes	
1	Plantaciones, Bosques y Matorrales	0,23 – 0,51
2	Praderas naturales	0,22 – 0,51
3	Zona de Humedales	0,00 – 0,10
4	Áreas Taladas sin Cobertura	0,28 – 0,48
5	Áreas Deportivas	0,28 – 0,51
	Industrial	
6	Zona Industrial Alta Densidad	0,60 – 0,80
7	Zona Industrial Mediana Densidad	0,46 – 0,67
8	Zona Industrial Baja Densidad	0,45 – 0,64
	Urbano	
9	Habitacional Denso	0,72 – 0,93
10	Habitacional Semi Denso	0,51 – 0,76
11	Habitacional Baja Densidad	0,35 – 0,56
12	Cementerios	0,55 – 0,80
	Otros	
13	Playas	0,31 – 0,48
14	Áreas de Dunas	0,29 – 0,48
15	Sitios Eriazos	0,23 – 0,50

Cuadro 4-5 Rangos de Coeficientes de Escorrentía por Sector Homogéneo. Ciudad de Coronel – Uso Futuro del Suelo

Nº Sector	Sector Homogéneo	Rango de Coeficientes de Escorrentía
1	Uso Urbano Consolidado	0,72 – 0,93
2	Uso Urbano en Proceso de Consolidación	0,62 – 0,85
3	Expansión Urbana	0,51 – 0,76
4	Reserva Urbana	0,53 – 0,75
5	Expansión Urbana SERVIU	0,72 – 0,93
6	Áreas Mixtas (Urbano – Turística)	0,32 – 0,54
7	Uso Turístico	0,31 – 0,48
8	Inundables	0,22 – 0,51
9	Uso Industrial Consolidado	0,60 – 0,80
10	Parque Industrial	0,60 – 0,80
11	Uso Industrial Mixto (Industrial y Equipamiento)	0,45 – 0,64
12	Uso Industrial Futuro	0,46 – 0,67
13	Uso Forestal (Plantaciones, Matorrales, Bosques)	0,23 – 0,51
14	Áreas Verdes Urbanas	0,28 – 0,51
15	Zona de Humedales	0,22 – 0,51

5. IDENTIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

Como parte del estudio se recopiló y catastró la infraestructura existente en el área de estudio, destinada a recibir y conducir las aguas lluvias. Asimismo se calculó su capacidad de porteo de aguas lluvias.

Dicha infraestructura, está conformada por una red de colectores existente de aguas lluvia, mas una extensa red de canales y canaletas urbanas y cauces naturales.

Adicionalmente, las calles de las ciudades de Coronel y Lota presentan actualmente una relevancia importante dentro de la red de drenaje superficial, ya sea actuando como superficies recolectoras que conducen las aguas hacia los sumideros de aguas lluvias, o directamente como verdaderos “cauces artificiales” que conducen las aguas lluvias hasta sectores de menor cota. En función de lo anterior, se definieron un total de 14 secciones de calles en Coronel y 10 en Lota, en las cuales se realizaron levantamientos de perfiles transversales y se determinaron capacidades máximas de escurrimiento.

En cuanto a la red catastrada de colectores de aguas lluvias existente en Coronel, esta tiene una extensión total de 31.015 m, donde 27.661 m corresponden a colectores circulares con diámetros variables entre 200 y 1.200 mm. Por su parte, en Lota la red de colectores tiene una extensión total de 9.738 m, con 8.241 m de colectores circulares con diámetros que varían entre 200 y 1.300 mm. De estos colectores circulares en Lota, 1.075 m corresponden a colectores unitarios.

En cada uno de los canales y canaletas catastrados, se levantaron perfiles transversales en secciones representativas, en secciones de cambio de dirección y/o sección, obras de arte y secciones especiales. En Lota, la longitud total de canales fue de 13.141 m, mientras que la longitud total de las canaletas fue de 6.692 m., incluyendo las secciones abiertas y cerradas de canal y canaleta. A su vez, en Coronel la longitud total de canales fue de 10.641 m, mientras que la longitud total de las canaletas fue de 12.300 m.

Se realizó también un catastro de los cauces naturales existentes cuyos caudales de crecida comprometían sectores de ambas ciudades, principalmente en Coronel, y se aplicó la misma metodología utilizada para el caso de los canales urbanos. Es decir, se levantó perfiles transversales en secciones representativas de los cauces y en secciones especiales y en algunos casos se tomó adicionalmente cotas en el eje en secciones intermedias, para poder determinar sus capacidades de porteo de aguas lluvia. La longitud total de cauces fue de 32.705 m, con 22.573 m de cauce en Coronel, 4.766 m de cauce en Lota y 5.366 m de cauce en el sector de Bío-Bío.

6. PATRÓN DE DRENAJE

En la descripción del patrón de drenaje de las ciudades de Coronel y Lota, se utilizó en forma conjunta la información recopilada en el catastro y las actividades de reconocimiento desarrolladas en terreno durante los días de lluvia.

Las áreas de drenaje definidas y las redes de evacuación de aguas lluvias existentes (colectores y canales evacuadores de aguas lluvias) fueron consideradas como antecedentes básicos para la sectorización en cada una de las ciudades.

Como simplificación, la descripción se ha dividido en 2 grandes áreas: cuenca aportante (áreas rurales) y área de estudio (áreas urbanas). En el caso de la cuenca aportante, esta se subdividió en 25 subcuencas aportantes al área de estudio. Por su parte, el área de estudio fue dividida en áreas homogéneas desde el punto de vista de las direcciones del escurrimiento de las aguas lluvias, teniendo como resultado un total de 3 grandes sistemas de drenaje en Coronel, 6 en Lota y 1 en el sector de Bío-Bío. Cada uno de ellos se caracteriza por un único lugar de salida de las aguas lluvias, tanto de las que escurren superficialmente como las conducidas por la red de colectores de aguas lluvias en los lugares en que existen.

Adicionalmente, dentro de cada uno de dichos sistemas se han definido subsistemas utilizando el mismo criterio anterior, de modo de permitir una caracterización detallada de los sistemas. De esa forma, el análisis se ha realizado por sistemas y a través de las interrelaciones de sus respectivos subsistemas, considerando el escurrimiento superficial de las aguas lluvias, la red de colectores de aguas lluvias, canales, esteros y otras vías de drenaje existentes.

7. DIAGNÓSTICO

Para llevar a cabo el diagnóstico del sistema de evacuación y drenaje del área de estudio de Coronel y Lota, se elaboraron modelos de simulación de cada uno de los sistemas, generando un modelo para Coronel y otro para Lota, a través del software Mouse 2001 para las condiciones de uso actual y futuro del suelo. Los sistemas de drenaje están conformados por una red de drenaje natural compuesta de esteros, a saber, esteros La Posada, Lagunillas, Villa Mora y Manco en Coronel y esteros quebrada Playa Blanca y Colcura en Lota, más una red artificial constituida por colectores de aguas lluvias, canales, canaletas y calles.

Una vez elaborada la representación cada sistema de drenaje, se evaluó su comportamiento frente a tormentas asociadas a distintos períodos de retorno. La evaluación de la respuesta del sistema consistió en establecer qué zonas se inundan debido a la ocurrencia de una cierta tormenta impuesta.

Para el diagnóstico de la situación actual y futura del sistema de evacuación de aguas lluvia de Coronel y Lota se definieron dos escenarios. El primero consideró la red de colectores sin mantenimiento y uso actual del suelo mientras que el segundo consideró la red de colectores con mantenimiento y con uso futuro del suelo. En ambos escenarios, se operó el modelo para las tormentas asociadas a los siguientes períodos de retorno:

➤	Colectores, canales pequeños y canaletas	=	2, 5 y 10 años
➤	Canales	=	5, 10 y 25 años
➤	Cauces	=	25, 50 y 100 años

7.1 SITUACIÓN ACTUAL

Para el caso de colectores, canales pequeños y canaletas según la operación del modelo de Coronel considerando el uso actual de suelo, se apreció el desborde de 356 tramos hacia las calles para la lluvia de 2 años, 393 para la lluvia de 5 años y 402 para la de 10 años. A su vez, para la misma situación en el modelo de Lota, desbordaron 119 tramos hacia las calles para la lluvia de 2 años, 158 para la lluvia de 5 años y 165 para la de 10 años.

Según el mismo análisis, en el modelo de Coronel se apreció el desborde de 67 tramos de colectores, canales pequeños y canaletas hacia terrenos aledaños para la lluvia de 2 años, 71 para la lluvia de 5 años y 74 para la de 10 años. Por su parte, en el modelo de Lota desbordaron 19 tramos para la lluvia de 2 años, 24 para la lluvia de 5 años y 25 para la de 10 años.

Por otro lado, en el caso de los canales más grandes, el modelo de Coronel arrojó un total de 59 tramos de canal con desborde hacia las calles aledañas para la lluvia de 5 años, 60 para la lluvia de 10 años y 61 para la de 25 años. En el caso de Lota, el modelo registró el desborde de 20 tramos de canal para la lluvia de 5 años, 23 para la lluvia de 10 años y 26 para la de 25 años.

De manera similar, la operación del modelo de Coronel detectó que 19 tramos de canal desbordan directamente al terreno para la lluvia de 5 años y 21 tramos lo hacen para las lluvias de 10 y 25 años en Coronel. Por su parte, en Lota el modelo estableció que 50 tramos de canal desbordan para la lluvia de 5 años, 56 para la lluvia de 10 años y 58 para la lluvia de 25 años.

7.2 SITUACIÓN FUTURA

Empleado el mismo modelo elaborado para Coronel, pero evaluando el escenario con el uso futuro del suelo y mantenimiento, se obtuvo para el caso de colectores, canales pequeños y canaletas que 390 tramos desbordaron hacia las calles para la lluvia de 2 años, 432 para la lluvia de 5 años y 437 para la de 10 años.

Lo anterior indicó un aumento de los tramos excedidos respecto de la situación actual, de entre 34 y 39 tramos más para cada T evaluado, lo cual mostró que en general, para Coronel, es más importante el aumento que sufre la escorrentía superficial producto del uso futuro del suelo que el aumento que se produce por la mayor capacidad de los conductos que quedan libres de embanque a futuro.

En el caso de Lota, se excedieron 102 tramos para la lluvia de 2 años, 157 para la lluvia de 5 años y 167 para la de 10 años. A diferencia de Coronel, se apreció en particular para la lluvia de 2 años que la cantidad de tramos excedidos fue menor que en la situación actual, por lo que la limpieza del embanque en los conductos tuvo una mayor incidencia. Sólo para las lluvias de 5 y 10 años, la cantidad de tramos excedidos fue mayor, pero sólo en 1 y 2 tramos más, respectivamente.

Para el caso de los canales, se apreció que en Coronel en general aumentan los tramos de canal que desbordan a la calle para la situación futura, registrándose 63 tramos para la lluvia de 5 años, 65 tramos para la lluvia de 10 años y 66 tramos para la lluvia de 25 años. De manera similar, en Lota se observó un aumento leve en la cantidad de tramos de canal con desborde, con 21 tramos

desbordados para la lluvia de 5 años, 25 para la lluvia de 10 años y 28 para la lluvia de 25 años.

Lo anterior permitió concluir que los canales de Coronel y Lota no sufrieron un aumento importante en la capacidad de conducción al limpiar los tramos con embanque, incidiendo en mayor medida el aumento de la escorrentía producto del cambio del uso del suelo (uso futuro).

7.3 LLUVIAS DE 25, 50 Y 100 AÑOS

Se analizó el escurrimiento por los cauces principales para el caso de tormentas con período de retorno 25, 50 y 100 años para la situación actual y futura. Para ello, se empleó la misma malla de modelación, tanto en Coronel como en Lota, tomando en cuenta que las características físicas de los cauces no se modifican para ambas situaciones.

Según los resultados de la modelación se apreció claramente que el escenario futuro fue más desfavorable en Coronel, ya que en la situación actual desbordaron 30 tramos de cauce para la lluvia de 25 años, 35 para la lluvia de 50 años y 37 para la lluvia de 100 años, mientras que en el caso futuro desbordaron 36 tramos de cauce para la lluvia de 25 años, 42 para la lluvia de 50 años y 47 para la lluvia de 100 años. Lo anterior concuerda con lo esperado ya que los cauces se mantienen iguales pero la escorrentía superficial aumenta, pues los cauces reciben importantes aportes desde zonas urbanas que en el futuro tienden a ser mas impermeables.

En el caso de Lota la situación fue distinta, ya que según los resultados del modelo el total de tramos que desbordaron y los caudales de desborde aumentaron levemente en el escenario futuro respecto al actual. Para la situación actual desbordaron 27 tramos de cauce para la lluvia de 25 años y 28 para las lluvias de 50 y 100 años, mientras que en el caso futuro desbordaron 29 tramos de cauce para las lluvias de 25, 50 y 100 años. Esto se debe en gran medida a que el aumento en la escorrentía futura no es tan considerable como en el caso de Coronel, ya que la mayor parte de la escorrentía en los cauces de Lota proviene de las cuencas rurales aportantes, cuyo uso a futuro no tiende a cambiar.

Por su parte en el sector de Bío-Bío se evaluaron los esteros El Llano y El Patagual mediante un modelo, el cual arrojó como resultado en el estero El Llano caudales de desborde de 46 (m³/s) en promedio para la lluvia de 25 años, 54 (m³/s) para la lluvia de 50 años y 61 (m³/s) para la lluvia de 100 años, produciéndose principalmente en los tramos cercanos al cruce con la ruta 0-70Q. Para el caso del estero El Patagual, el diagnóstico con el modelo arrojó que los últimos tramos del estero hasta su descarga al río Bío-Bío presentaron problemas de desbordes, registrándose en promedio un caudal de desborde máximo de 66 (m³/s) para la lluvia

de 25 años, 85 (m³/s) para la lluvia de 50 años y 103 (m³/s) para la lluvia de 100 años.

7.4 SELECCIÓN DE ÁREAS A SANEAR

A partir de la información recopilada en el estudio, particularmente la identificación de los puntos de inundación y su caracterización en cuanto a importancia o prioridad, efecto y causas, se definió las áreas prioritarias a sanear dentro de la zona actualmente urbanizada.

De acuerdo a dichos criterios, se definieron 17 áreas principales que requieren actualmente de alguna forma de saneamiento desde el punto de vista de las aguas lluvias, ya sea mediante medidas estructurales o no estructurales. Estas se dividieron en 9 áreas para Coronel, 6 para Lota y 2 en el sector de Bío-Bío.

Por otra parte, aunque las áreas corresponden a las de mayor relevancia para las condiciones actuales, debe tenerse en consideración que como resultado del Plan Maestro, toda el área de estudio debe quedar cubierta dentro del conjunto de soluciones, sirviendo la sectorización indicada para focalizar y priorizarlas, dando preferencia a las asociadas a los problemas más graves, desde el punto de vista de su extensión y de los daños originados.

8. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para toda el área de estudio, y considerando los problemas de inundación identificados en el diagnóstico, se propusieron proyectos para dar solución a dichos problemas. Previo al diseño de las soluciones se determinó mediante una evaluación económica el período de retorno de diseño de las obras, seleccionando el sector urbano aledaño al estero Manco en Coronel y todo el sector aledaño al canal Bannen en Lota.

Producto de dicho análisis se determinó que los colectores de aguas lluvias propuestos o canales pequeños fuesen dimensionados para tormentas asociadas a períodos de retorno de 2 años, mientras que para los canales urbanos se consideró las tormentas de períodos de retorno de 10 años y por último los mejoramientos de cauces u obras de regulación de crecidas se diseñaron para tormentas de períodos de retorno de 25 años. Las duraciones de las lluvias de diseño consideradas fueron de 4 horas en general, y 24 horas en el caso de las obras tipo lagunas de retención.

La metodología de simulación contempló la modificación del modelo elaborado en la etapa de diagnóstico, incorporando las soluciones propuestas. La malla de modelación de Coronel contempló un total de 1.518 nodos y 40 nodos de descarga, mientras que los conductos considerados fueron 1.655 links y multilinks.

Por su parte, el modelo de Lota consideró 1.004 nodos con 26 nodos de descarga y 1.016 links y multilinks. En forma adicional se modeló el sector de Bío-Bío ubicado al oriente del área de estudio con una malla compuesta por 76 nodos, 8 nodos de descarga, y 77 links y multilinks.

La simulación se realizó considerando la situación de uso futuro del suelo, es decir, los valores de los coeficientes de escorrentía estimados para la situación del año 2030, calibrados en diagnóstico realizado previamente. Al simular cada una de las alternativas propuestas, para un período de retorno dado, se iteró hasta obtener las dimensiones y características geométricas adecuadas para cada tramo de colector.

En el sector urbano se extendió o completó la red existente, mediante soluciones del tipo colector, de modo de satisfacer la demanda de evacuación de aguas lluvias. Se analizaron los subsectores que poseen drenaje independiente, y en cada uno de ellos se incorporaron la o las alternativas elegidas, evaluando su efecto en el flujo. Para los casos en que se agregó una red de colectores, ella se incluyó a través de conexiones y nodos con la geometría establecida en el diseño.

Existen sectores urbanizados que debido a condiciones topográficas no presentan problemas de inundaciones (condiciones como pendiente y cercanía a una descarga a cauce natural) por lo cual no se proyectaron alternativas de colectores para los mismos.

Entre los cauces urbanos que requirieron un mejoramiento se pueden nombrar a los esteros Maule, La Posada, Lagunillas y Manco junto al canal Prat González en el caso de la ciudad de Coronel, y el estero Colcura más los canales Bannen y Caupolicán en la ciudad de Lota. En dichos elementos se cambió la geometría existente iterando posteriormente a las soluciones que cumplan con los criterios de diseño.

En general los canales existentes tendieron a ser mejorados, existiendo otros casos en que se descartó su uso, siendo remplazados por sistemas de colectores a través de trazados similares a los actuales.

Luego de efectuar el diseño definitivo de las obras propuestas y cumpliendo con los criterios de diseño, se procedió mediante cubicación y análisis de precios unitarios a determinar el monto de inversión de las obras. Según lo anterior, el costo global con IVA (19%) de inversión total de los proyectos propuestos en la ciudad de Coronel alcanza a 1.218.770 U.F, en el caso de Lota el costo total es de 208.790 U.F. y finalmente el costo total del sector de Bío Bío asciende a 91.901 U.F.

En los Cuadros 8-1 al 8-3 se presenta un resumen de los costos de inversión por proyecto para las ciudades de Coronel, Lota y el sector de Bío-Bío respectivamente, agrupados según el sector a sanear.

Cuadro 8-1 Costos por Proyecto Coronel

Sector	Proyecto		Total Neto (U.F.)
	Código	Nombre	
A	La Posada norte		304.081
1	CLLP	Colector Laguna La Posada	24.636
2	CDLP	Descarga Laguna La Posada	67.338
3	ELP	Proyecto Mejoramiento de Cauce Estero La Posada	5.351
4	CN1	Costa Norte 1	9.945
5	CN2	Costa Norte 2	3.222
6	CN3	Costa Norte 3	3.161
7	CN4	Costa Norte 4	3.408
8	CN5	Costa Norte 5	4.229
9	CN6	Costa Norte 6	3.190
10	CN7	Costa Norte 7	7.918
11	CN8	Costa Norte 8	5.701
12	CN9	Costa Norte 9	15.134
13	CN10	Costa Norte 10	3.559
14	CPO1	Posada Oriente 1	3.975
15	CPO2	Posada Oriente 2	10.556
16	CPO3	Posada Oriente 3	10.863
17	CCOL	Colector Colegio	9.905
18	CPO4	Posada Oriente 4	8.918
19	SISE	Saneamiento en Industrias Sector Escuadrón Poniente	-
20	CSES	Colector Sector Escuadrón	45.885
21	CPLA	Colector Población Lagunillas	12.229
22	CSFO	Colector San Francisco Oriente	3.076
23	CACB	Colector Av. Carbonífero	7.514
24	CMAE	Colector Maestranza	7.372
25	CFSC	Colector Federico Schwager	9.253
26	CIND	Colector Industrial	3.262
27	CAFR	Colector Av. Forestal	6.731
28	CSFP	Colector San Francisco Poniente	7.750

B	Lagunillas		289.083
29	ELG	Proyecto Mejoramiento de Cauce Estero Lagunillas	11.091
30	LREL	Laguna de Retención estero Lagunillas	14.981
31	CLAN	Colector Lagunillas Norte	25.760
32	CQUN	Colector Quiñenco Norte	49.583
33	CBPN	Colector By-Pass Norte	6.662
34	CCOS	Colector Coronel Oriente Sur	36.421
35	CCOC	Colector Coronel Oriente Centro	26.209
36	CCON	Colector Coronel Oriente Norte	7.120
37	CLCA	Colector Los Canelos	18.476
38	RLE	Colector Los Robles Reemplazos	2.601
39	RCLE	Colector Los Robles	11.095
40	CCSE	Colector Calle Seis	13.632
41	CLAR	Colector Las Araucarias	3.691
42	SJAR	Colector Juan Antonio Ríos	8.918
43	CLDI	Colector Los Diaguitas	4.368
44	VN	Colector Volcán Villarrica	13.737
45	RLB	Colector Los Boldos	2.780
46	RLM	Colector Los Molles	2.732
47	RMQ	Colector Los Maquis	7.022
48	REL	Colector Estero Lagunillas	7.734
49	COLI	Colector Oscar Lizama	7.538
50	CDBA	Colector D. Barriga	5.199
51	C2OR	Colector 2 Oriente	5.873
52	CDBI	Colector Dalmiro Barriga I	21.621
53	CLPH	Colector Los Pehuenches	9.161
C	Maule Norte		70.683
54	CTOS	Colector Las Toscas	27.065
55	CLLA	Colector Los Laboreros	28.607
56	CJAR	Colector Juan Antonio Ríos Sur	15.010
D	Maule Poniente		17.815
57	CLOB	Colector La Obra	14.437
58	CSHO	Colector Sor Hortensia	599
59	CEMR	Colector El Mirador	2.779
E	Maule Oriente		205.611
60	EML	Proyecto Mejoramiento de Cauce Estero Maule	65.780
61	VD	Proyecto Mejoramiento de Vías de Drenaje de las Franjas de Protección	5.970
62	CSYP	Colector Sector Yobilo Poniente	15.237
63	CSYO	Colector Sector Yobilo Oriente	19.470
64	CSBC	Colector Sector By-Pass Coronel	13.441
65	CQUS	Colector Quiñenco Sur	58.552
66	CLAL	Colector Lago Llanquihue	2.509
67	CRHQ	Refuerzo Colector Lago Llanquihue	8.975
68	CYOB	Colector Yobilo	4.431
69	CRAA	Refuerzo Colector Alejandro Alveal	10.475
70	RBR	Colector Leoncio Medel	11.674
71	CBRT	Colector Buen Retiro	2.645

F	Centro Costa		86.130
72	CAPR	Colector Arturo Prat	7.176
73	C3OR	Colector 3 Oriente	9.516
74	CSIG	Colector San Ignacio	4.231
75	C1PO	Colector 1 Poniente	11.844
76	CLMR	Colector Las Mercedes	1.545
77	C2SR	Colector 2 Sur	443
78	CMMT	Colector Manuel Montt	12.565
79	C1OR	Colector 1 Oriente	37.661
80	CPJ5	Colector Pasaje 5	1.149
G	Lo Rojas		45.899
81	CABI	Atraveso Arenas Blancas I	1.825
82	CABII	Atraveso Arenas Blancas II	551
83	QCSC	Quebrada camino Schwager	349
84	QMCE	Quebrada Miguel cervantes	3.346
85	C21M	Colector 21 de Mayo	12.827
86	CLR3	Colector Lo Rojas 3	6.517
87	CLR1	Colector Lo Rojas 1	8.735
88	CCGO	Colector Capitán Gory	1.344
89	CDUR	Colector Durán	10.405
H	Manco Poniente		58.698
90	CCRR	Colector Los Carrera	9.145
91	CSAL	Colector Stgo. Aldea	8.131
92	CRCT	Colector remigio Castro	10.822
93	CISN	Colector Isla Nueva	9.026
94	RFR	Colector Francia	21.573
I	Manco Oriente		92.300
95	LREM	Laguna Retención estero Manco	2.011
96	PEEM	Proyecto encauzamiento Estero Manco	2.520
97	MEMN	Proyecto Mejoramiento de Cauce Estero Manco	4.916
98	CTUC	Colector Tucapele	16.528
99	CBPS	Colector By-Pass Coronel	29.331
100	CGRI	Colector Galvarino Riveros	27.041
101	CDMC	Colector Democracia	9.953
TOTAL			1.218.770

Cuadro 8-2 Costos por Proyecto Lota

Sector	Proyecto		Costo Neto (U.F.)
	Código	Nombre	
J	Norte Lota		33.751
1	MEPB	Proyecto Mejoramiento de Cauce Estero Playa Blanca	476
2	QPBL	Quebrada Playa Blanca	253
3	MQM	Mejoramiento Canal El Morro	1.527
4	MQE	Mejoramiento Canal Essbio	652
5	MAER	Mejoramiento Canal A. Ercilla	2.992
6	PB	Colector Chacabuco	2.573
7	CMPU	Colector Maipú	4.883
8	CSLS	Colector C. Silva Sur	3.157
9	CERQ	Colector Ernesto Riquelme	3.837
10	C21M	Colector 21 de Mayo	2.583
11	CLNR	Colector Los Naranjos	292
12	CBLL	Colector B. Lillo	315
13	CCST	Colector Costanera	1.072
14	CCHF	Colector Chiflón	566
15	CDVI	Colector Distrito Victoria	1.019
16	CTME	Colector Túneles Melisos	202
17	CPB5	Colector Patagonia B-5	940
18	CPCA	Colector Pique Carlos	67
19	CSMA	Colector San Martín	216
20	CLIB	Colector Libertad	4.243
21	CEPR	Colector el Progreso	892
22	CCSÑ	Colector Cousiño	995
K	Bannen		53.815
23	QGPR	Quebrada G. Purcell	108
24	QRLG	Quebrada Ricardo Lagos	91
25	QLIL	Quebrada La Ilusión	121
26	QMCO	Quebrada Matias cousiño	71
27	MCAR	Mejoramiento Canal Argomedo	4.280
28	MQCC	Mejoramiento Canal Cancha Calama	385
29	MBAN	Mejoramiento Canal Bannen	18.063
30	CDPT	Colector D. Portales	7.934
31	CTRP	Colector Tarapacá	677
32	CIPT	Colector I. Pinto	486
33	CATC	Colector Atacama	1.076
34	CALP	Colector Av. La Paz	1.094
35	CARG	Colector J. Argomedo	1.362
36	CCAI	Colector Cantera I	8.960
37	CCAIL	Colector Cantera II	9.107
L	Lota Alto		10.553
38	QSEN	Quebrada Sector Enacar	625
39	CCSI	Colector Cousiño I	307
40	COII	Colector Cousiño II	9.620

M	Centro Lota		54.533
41	MCAU	Mejoramiento Canal Caupolicán	38.354
42	MQLO	Mejoramiento Canal Los Aromos	678
43	MQLL	Mejoramiento Canal Los Litres	536
44	RAN	Mejoramiento Canaleta Ruta Arauco	868
45	CCFM	Canaleta Fdo. Maira	1.763
46	CP3	Colector Calle 3	1.203
47	CEBS	Colector El Bosque	2.654
48	PASM	Colector Alvaro Santa María	2.397
49	CRSC	Colector R. Schneider	3.077
50	CLBJ	Colector Lota Bajo	3.003
N	Sur Lota		18.694
51	PCMA	Colector Matta	10.335
52	MCCO	Mejoramiento Canaleta Cousiño	945
53	MAT	Mejoramiento Canal Matta	1.376
54	SO	Refuerzo Sotomayor	6.038
O	Colcura		37.443
55	CPAS	Quebrada Punta Astorga	162
56	CPNU	Quebrada Puerto Nuevo	245
57	MCOL	Mejoramiento estero Colcura	16.636
58	MSCO	Mejoramiento Canal Sector Colcura	3.603
59	MPSC	Mejoramiento Canal Población Colcura	4.416
60	CCBR	Colector Brasilia	7.675
61	CCBO	Mejoramiento Canal Bogotá	345
62	CCQC	Mejoramiento Canal Quebrada	695
63	CCVC	Colector Valle Colcura	937
64	CBAL	Colector Balmaceda	2.730
TOTAL			208.790

Cuadro 8-3 Costos por Proyecto Bío - Bío

Sector	Proyecto		Costo Neto (U.F.)
	Código	Nombre	
P	Bío Bío		91.901
1	MELL	Mejoramiento Cauce Estero El Llano	35.488
2	MEEP	Mejoramiento Cauce Estero El Patagual	7.134
3	CEL	Colector El Llano	6.315
4	CPS	Colector Patagual Sur	3.488
5	R71	Cruce Ruta 0-70 1	440
6	R72	Cruce Ruta 0-70 2	158
7	R73	Cruce Ruta 0-70 3	223
8	CRS	Colector Ruta 0-70 Sur	22.615
9	CPN1	Colector Patagual Norte 1	4.544
10	CPN2	Colector Patagual Norte 2	8.195
11	CRN	Colector Ruta 0-70 Norte	3.301
TOTAL			91.901

9. ANÁLISIS AMBIENTAL

Una vez definidos los proyectos se procedió a efectuar un Estudio de Análisis Ambiental (E.A.A.). Para ello, se revisaron los antecedentes generales referentes a las características de las obras de colectores y modificaciones de cauces que constituyen las partes fundamentales del Plan Maestro.

Posteriormente, se elaboró de manera específica la exposición y análisis del Marco Legal Ambiental, para establecer la base que debe ser considerada en el desarrollo del proyecto en estudio.

Luego, se caracterizó el área de influencia del proyecto en estudio, a través de un Diagnóstico Ambiental Territorial del Área de Influencia (D.A.T.) y de las Unidades Territoriales Ambientales (U.T.A.). A través de este análisis, se obtuvo la información necesaria para establecer y caracterizar las unidades ambientales territoriales (UAT) del área de estudio y finalmente, estimar la sensibilidad ambiental de cada una de las unidades ambientales.

A continuación se efectuó la identificación de los impactos para el área de estudio, en atención a la distribución espacial de la UAT, su sensibilidad ambiental y las obras proyectadas propuestas, tanto para la etapa de construcción como de operación.

Teniendo como base la identificación de impactos, se propusieron medidas de manejo y control ambiental para los probables impactos que se podrían producir en las UAT del área de estudio.

Sobre la base de las medidas de manejo y control, se expuso una estimación de costos asociados, correspondiente a aquellas acciones que deberían presentar costos monetarios para la ejecución de las medidas de mitigación y reforzamiento de los impactos ambientales del proyecto.

Por último, sobre la base de la estimación de impactos ambientales y sus correspondientes medidas de mitigación, se expuso una síntesis de los procedimientos y acciones recomendadas a través del análisis de los antecedentes y resultados obtenidos en el desarrollo del E.A.A. Las consideraciones ambientales generales definidas pretenden dar una orientación para establecer las acciones específicas a considerar en la etapa de construcción de los proyectos del Plan Maestro de Aguas Lluvias.

10. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN

Según el análisis efectuado en el área de estudio, se determinó que una de las causas que agravan la obstrucción en la redes de drenaje natural es el arrastre de material erosionado desde aquellas zonas rurales y urbanas

estructuradas por calles no pavimentadas, y que posteriormente sedimentan en sectores planos. A esto se adiciona el problema de aquellas zonas de importantes pendientes en las que se producen flujos de altas velocidades y corrientes de barro, principalmente en la localidad de Lota.

Por otro lado, respecto a la deforestación, esto no presenta un problema en lo que a soluciones propuestas se refiere, dado que las obras proyectadas se emplazarían en su mayoría en zonas desprovistas ya de cubierta vegetal, en cuanto a los proyectos pensados para zonas consolidadas; mientras que en las áreas actualmente no consolidadas, en general, se ha respetado los usos de suelos de acuerdo a los antecedentes expuestos en los Planes Reguladores Comunales de Lota y de Coronel, en el Plan Regulador Metropolitano de Concepción e información proporcionada por la Dirección de Obras de la Municipalidad de Lota entre otros, esto es respetando aquellas zonas definidas como bosques y reservas forestales y desarrollando obras exclusivamente en las zonas definidas como de expansión urbana.

11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN

Para fines de la evaluación y priorización de las obras proyectadas, los proyectos previamente definidos fueron agrupados para ser evaluados en forma conjunta.

El agrupamiento indicado se realizó considerando diversos aspectos, tales como la cercanía geográfica de los proyectos, la cercanía de las áreas a sanear, aspectos constructivos y la complementariedad de los proyectos. Lo anterior se relaciona también con la asignación de los beneficios a los proyectos, ya que en algunos casos un proyecto que resulta indispensable para el saneamiento de un sector no tiene asociado directamente un número de afectados importantes, o escurre por sectores poco urbanizados, resultando así poco rentable por sí solo, mientras que resulta rentable en el contexto de los proyectos que lo complementan.

Según lo señalado anteriormente, se definió los grupos de proyectos del área de estudio, estableciéndose un total de 13 grupos para la localidad de Coronel y 8 grupos para la localidad de Lota, a los que se les realizó una evaluación económica.

En el Cuadro 11-1 se presenta un resumen de las principales variables involucradas en la evaluación económica y los indicadores económicos VAN y TIR para cada grupo perteneciente a la localidad de Coronel. Análogamente, el Cuadro 11-2 muestra los resultados obtenidos para la localidad de Lota.

Cuadro 11-1 Resumen Evaluación Económica. Localidad de Coronel

Sector	Beneficio Anual	Inversión Social	Inversión Privada	Costo priv. Mantención	VAN priv. Proyecto	TIR	Beneficio - Mantención	Beneficio Actualizado	VAN soc. Proyecto	TIR
C-1	714,1	21.363,5	26.760,6	270,7	-22.581,0	-4,0%	443,4	4.179,6	-17.183,9	-2,8%
C-2	3.479,4	55.939,0	70.071,0	684,4	-43.722,4	1,2%	2.795,0	26.348,6	-29.590,5	2,8%
C-3	1.063,8	25.671,6	32.157,1	306,5	-25.017,9	-2,1%	757,3	7.139,2	-18.532,4	-0,8%
C-4	7.838,1	45.570,2	57.082,7	567,9	11.452,6	12,3%	7.270,2	68.535,2	22.965,0	15,8%
C-5	5.027,5	27.277,3	34.168,4	320,6	10.203,0	13,5%	4.706,9	44.371,3	17.094,1	17,1%
C-6	8.808,0	13.569,6	16.997,8	168,8	64.442,8	50,8%	8.639,2	81.440,6	67.870,9	63,7%
C-7	1.896,9	27.256,2	34.141,9	343,7	-19.499,8	2,1%	1.553,2	14.642,1	-12.614,0	3,9%
C-8	1.749,8	57.986,1	72.635,2	700,3	-62.741,4	-4,7%	1.049,5	9.893,7	-48.092,3	-3,6%
C-9	4.332,1	39.999,0	50.104,0	466,9	-13.667,1	6,6%	3.865,2	36.436,8	-3.562,1	8,9%
C-10	6.599,9	63.627,9	79.702,4	775,2	-24.794,1	6,1%	5.824,6	54.908,2	-8.719,7	8,3%
C-11	16.611,3	43.562,9	54.568,2	552,0	96.821,3	29,4%	16.059,3	151.389,5	107.826,6	36,9%
C-12	11.943,8	20.575,1	25.773,0	260,7	84.362,7	45,3%	11.683,1	110.135,7	89.560,6	56,8%
C-13	24.849,6	51.766,8	64.844,7	656,0	163.226,3	37,3%	24.193,6	228.071,0	176.304,3	46,7%

Cuadro 11-2 Resumen Evaluación Económica. Localidad de Lota

Sector	Beneficio Anual (UF)	Inversión Social (UF)	Inversión Privada (UF)	Costo Mantención (UF)	VAN priv. Proyecto (UF)	TIR (%)	Beneficio - Mantención (UF)	Beneficio Actualizado (UF)	VAN soc. Proyecto (UF)	TIR (%)
L-1	366,8	17.579,7	22.020,9	217,0	-20.609,5	-8,2%	149,7	1.411,4	-16.168,3	-7,2%
L-2	1.312,9	9.441,5	11.826,8	113,2	-517,1	9,5%	1.199,7	11.309,6	1.868,1	12,3%
L-3	4.232,4	37.583,9	47.078,8	448,0	-11.403,7	7,0%	3.784,4	35.675,1	-1.908,8	9,4%
L-4	103,4	12.876,3	16.129,2	76,6	-15.877,0	-13,7%	26,8	252,2	-12.624,0	-12,9%
L-5	7.860,2	41.707,1	52.243,6	491,3	17.221,9	13,8%	7.368,8	69.465,5	27.758,4	17,5%
L-6	2.245,2	17.532,0	21.961,2	186,9	-2.558,1	8,6%	2.058,3	19.403,1	1.871,1	11,3%
L-7	6.162,5	13.945,2	17.468,2	176,7	38.959,3	34,3%	5.985,8	56.427,4	42.482,2	42,9%
L-8	42.072,4	15.282,8	19.143,8	193,7	375.643,6	218,8%	41.878,7	394.787,4	379.504,5	274,0%

Luego de evaluados los proyectos, ellos fueron priorizados, considerando los valores de los indicadores económicos obtenidos, y teniendo en cuenta la importancia de las obras respecto de la solución general del drenaje del área de estudio, el grado de urbanización del área beneficiada y otros. La priorización se realizó considerando los grupos de proyectos definidos, definiendo tres rangos de prioridad, que corresponden a Alta, Media y Baja. El resultado de la priorización se presenta en forma resumida en los Cuadro 11-3 y 11-4 para las localidades de Coronel y Lota respectivamente

Cuadro 11-3 Resumen de Prioridades por Grupo de Proyectos - Coronel

Prioridad	Grupos de Proyectos
Alta	C-4, Maule Centro Norte C-5, Maule Norte C-6, Maule Centro Sur C-11, La Posada C-12, Lagunillas C-13, Maule
Media	C-9, Costa Sur C-10, Coronel Sur
Baja	C-1, La Posada Poniente C-2, La Posada Centro C-3, Lagunillas Centro C-7, Costa Norte C-8, Costa Centro

Cuadro 11-4 Resumen de Prioridades por Grupo de Proyectos - Lota

Prioridad	Grupos de Proyectos
Alta	L-2, Nororiente Lota L-5, Centro Lota L-6, Sur Lota L-7, Colcura Sur L-8, Colcura Norte
Media	L-3, Bannen
Baja	L-1, Norponiente Lota L-4, Lota Alto

En el nivel de Alta prioridad se incluyó 6 grupos de proyectos asociados con los mejores valores de indicadores económicos en la localidad de Coronel y 5 de la localidad de Lota, los cuales resuelven los principales problemas de evacuación de aguas lluvias en el área de estudio o que son condición para el correcto funcionamiento del sistema en su conjunto.

Partiendo con la localidad de Coronel, el primer grupo de proyectos con alta prioridad es C-6, Maule Centro Sur. Este incluye 3 proyectos que solucionan el problema del sector del sistema Maule Centro Sur, el cual se encuentra en gran parte urbanizado, y por urbanizar prontamente todas aquellas áreas que actualmente no lo

están. En esta zona se producen graves problemas de inundación que de acuerdo a la evaluación de daños, serían solucionados con una inversión baja en consideración a la magnitud de los daños evitados, según se ve reflejado en las cifras que entregan los indicadores económicos, lo cual permitiría el asentamiento de los nuevos pobladores y la permanencia de los actuales con una calidad de vida adecuada. Dentro de este grupo de proyectos el más importante lo constituye el colector La Obra. Cabe destacar que la inversión necesaria para llevar a cabo la ejecución de estas obras es la más baja de todos los grupos en estudio para la localidad de Coronel.

Los siguientes grupos de proyectos en orden de prioridad corresponderían a C-12 (Lagunillas), C-13 (Maule), C-11 (La Posada) y representan en general al mejoramiento de los esteros, de este modo, el grupo C-12 cuenta con los proyectos Mejoramiento de estero Lagunillas y laguna de retención Lagunillas, el grupo C-13 corresponde al Mejoramiento de estero Maule y finalmente C-11 comprende las obras Mejoramiento de cauce estero La Posada, Colector descarga laguna La Posada y laguna de retención La Posada. Estos tres grupos presentan tasas de rentabilidad bastante altas a pesar de que corresponden a grandes inversiones, en el contexto de la totalidad de las inversiones asociadas de los proyectos de Coronel. Esto demuestra que la alta necesidad de subsanar los problemas de inundación que se producen en los sectores aledaños a los esteros producto principalmente de su desborde en condiciones de lluvia resulta atractiva económicamente hablando.

Finalmente en la localidad de Coronel se clasifica los grupos C-5 (Maule Norte) y C-4 (Maule Centro Norte) como de alta prioridad. Con estos dos últimos grupos se completan todas las obras proyectadas para solucionar los problemas de inundación asociados al estero Maule, esto significa, en consideración a los valores de los indicadores económicos que todas las obras propuestas para los sectores cercanos o de descarga al estero Maule tendrían un alto atractivo económico y de ahí su calificación en este análisis como de alta prioridad sobre todo en consideración a la urgencia de solucionar los graves problemas de inundación que presenta el sector.

Para la localidad de Lota, las más altas cifras presentadas en los indicadores económicos y que hacen atractiva la idea de llevar a cabo los proyectos contemplando la gran necesidad de subsanar los graves problemas de inundaciones, lo constituyen los grupos L-7 (Colcura Sur) y L-8 (Colcura Norte), ambos atañen a zonas aledañas al estero Colcura y constituyen una de las con mas graves problemas de inundación de la localidad. La obra más importante de estos grupos es el Mejoramiento de cauce del estero Colcura que pertenece al grupo L-8, éste presenta cifras excesivamente altas en los indicadores económicos que reflejan que las inversiones necesarias resultan menores comparativamente a los daños y beneficios que producirían, por lo que se han calificado como de alta prioridad.

Por otra parte, los grupos L-5 (Centro Lota), L-2 (Nororiente Lota) y L-6 (Sur Lota) representan los últimos grupos clasificados como de alta prioridad en la localidad de Lota. Estos tienen en común, que presentan valores atractivos en los indicadores económicos y que se encuentran en zonas identificadas como las de importantes problemas de inundaciones.

En particular el grupo L-5 abarca entre sus proyectos el Mejoramiento canal Caupolicán, siendo ésta la más importante del grupo y significativa en la totalidad de los proyectos de Lota respecto a la inversión requerida, corresponde a la más alta inversión considerando todos los proyectos por separado, sin embargo, los beneficios generados son todavía mayores, lo que lo hace estar clasificado como de alta prioridad. En tanto el grupo L-2 está formado por una serie de proyectos relativamente pequeños, pero que en conjunto logran solucionar todos los problemas del sector nororiente de la localidad de Lota y fueron calificados como de alta prioridad dado que como sistema constituyen la más baja inversión generando importantes beneficios. Finalmente el grupo L-6 incluye como obra más importante el Colector Sotomayor que soluciona importantes problemas que actualmente sufre el sector en condiciones de lluvia y considerando que no se requiere una gran inversión para su construcción y los grandes beneficios que provocaría se contempla dentro de los proyectos de alta prioridad.

En el nivel de Media prioridad, se distinguió en la localidad de Coronel a los grupos C-9 (Costa Sur) y C-10 (Coronel Sur), en tanto que en la localidad de Lota solo el grupo L-3 (Bannen) fue incluido en esta categoría. En este nivel de prioridad quedaron incluidos en general aquellos grupos que generan grandes beneficios para sectores con problemas de inundaciones de alta prioridad, pero cuyo elevado monto de inversión provoca que las cifras de los indicadores económicos no sean del todo favorables.

Finalmente, en el nivel de Baja prioridad se incluyeron los cinco grupos de proyectos restantes de Coronel y los dos de Lota, que corresponden a los grupos de proyectos de menores beneficios en comparación a sus inversiones, donde su futura ejecución dependerá de factores tales como el aumento de la densidad habitacional y flujos vehiculares en el área.

12. DEFINICIÓN DE RED PRIMARIA

Como actividad final del desarrollo del Plan Maestro de Aguas Lluvias, y como producto de las actividades previas realizadas, se definió la red Primaria de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias. El resto de la red definida en este estudio se denominó red Complementaria.

La definición de ambos niveles de la red considera tanto el sistema existente como los proyectos definidos.

Para definir la red primaria se tuvo en cuenta diferentes aspectos, tales como que todos los elementos principales que actúan como ejes del sistema de evacuación de aguas lluvias deben formar parte de la red primaria. Debido a ello forman parte de la red primaria todos los cauces naturales. Adicionalmente, se examinó los porcentajes de la extensión total de la red que quedarían incorporados en la red primaria al definir ésta desde un cierto diámetro hacia arriba.

Luego de examinar la información de diámetros de la red, se definió que en el caso de colectores la red primaria estará formada por aquellos tramos de diámetros iguales o superiores a 600 mm para Coronel y 500 mm para Lota. Para el caso de cajones cerrados la red primaria estará formada por aquellos tramos de áreas superiores a 1 m² para ambas ciudades. Lo anterior constituye la regla general adoptada, excepto casos en que dicho criterio resultó inapropiado por diferentes razones, tales como aumento excesivo de la densidad de la red primaria, tramos de colectores de poca longitud, etc.

De la aplicación de los criterios indicados a la red existente y proyectada, de Coronel, se obtuvo una extensión final de la red primaria de colectores de 68.495 m, mientras que la red complementaria tiene una extensión de 24.953 m. Es decir, la red primaria de colectores corresponde a un 73,3% del sistema completo, mientras que la red complementaria corresponde al 26,7%. A lo anterior debe sumarse una longitud total de 34.919 metros de canales y cauces naturales, definidos como parte de la red primaria. Se han incluido en esta red primaria la canalización de franjas de protección por estar estas ubicadas en áreas de expansión urbana, las que serán urbanizadas en un futuro cercano.

Para la localidad de Lota, se obtuvo una extensión de 7.977 m para la red primaria y de 9.936 m para la red complementaria de colectores. Es decir, la red primaria de colectores corresponde a un 44,6% del sistema completo, mientras que la red complementaria corresponde al 55,4%. A lo anterior se adiciona una red de 16.753 metros de canales y cauces naturales correspondientes a la red primaria. En el caso de Bio-Bio, la red primaria corresponde en su totalidad a la red proyectada con una extensión de 9.835 m. Forman parte de esta red primaria los cauces naturales catastrados en el sector que tienen una longitud de 5.267 metros

Finalmente, es importante tener en cuenta que de las redes indicadas, la mayor parte corresponde a redes proyectadas. De esta manera, en Coronel se tiene que el 68,6% de la red primaria es proyectada, cuya inversión asciende a U.F. 864.993. A su vez, en la localidad de Lota la red primaria proyectada corresponde al 62,4%, con una inversión de U.F. 113.244. Por último, en el sector Bío-Bío el presupuesto la red primaria proyectada es de U.F. 90.012.

En los Cuadros 12-1, 12-2 y 12-3 se muestran los costos de inversión (privada) y de mantención detallados por proyecto para las redes primarias y complementarias para las localidades de Coronel, Lota y Bio-Bio respectivamente.

Cuadro 12-1 Costos de Inversión de las Obras Proyectadas Primarias y Complementarias – Coronel

PROYECTO	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM.	RED PRIM.	RED COM.	RED COM.	TOTAL	TOTAL	RED PRIM.	RED PRIM.	RED COMPL.	RED COMPL.	TOTAL	TOTAL
	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]
COLECTOR FEDERICO SCHWAGER	9,253	156.6	-	-	9,253	156.6	46	0.8	-	-	47	0.8
COLECTOR SAN FRANCISCO ORIENTE	3,076	52.1	-	-	3,076	52.1	15	0.3	-	-	16	0.3
COLECTOR LOS CANELOS	11,133	188.4	7,343	124	18,476	312.6	56	0.9	37	0.6	93	1.6
COLECTOR LAS ARAUCARIAS	3,691	62.4	-	-	3,691	62.4	18	0.3	-	-	19	0.3
COLECTOR LOS DIAGUITAS	-	-	4,368	74	4,368	73.9	-	-	22	0.4	22	0.4
COLECTOR O. LIZAMA	7,538	127.5	-	-	7,538	127.5	38	0.6	-	-	38	0.6
COLECTOR LOS LABOREROS	28,607	484.0	-	-	28,607	484.0	143	2.4	-	-	145	2.4
COLECTOR D. BARRIGA	4,105	69.5	1,094	19	5,199	88.0	21	0.3	5	0.1	26	0.4
COLECTOR JUAN ANTONIO RIOS SUR	15,010	254.0	-	-	15,010	254.0	75	1.3	-	-	76	1.3
COLECTOR LAGO LLANQUIHUE	2,200	37.2	309	5	2,509	42.5	11	0.2	2	0.0	13	0.2
COLECTOR YOBILO	-	-	4,431	75	4,431	75.0	-	-	22	0.4	22	0.4
COLECTOR SOR HORTENCIA	599	10.1	-	-	599	10.1	3	0.1	-	-	3	0.1
COLECTOR LA OBRA	14,266	241.4	170	3	14,437	244.3	71	1.2	1	0.0	73	1.2
COLECTOR BUEN RETIRO	-	-	2,645	45	2,645	44.7	-	-	13	0.2	13	0.2
COLECTOR 3 ORIENTE	9,516	161.0	-	-	9,516	161.0	48	0.8	-	-	48	0.8
COLECTOR ARTURO PRAT	7,103	120.2	73	1	7,176	121.4	36	0.6	0	0.0	36	0.6
COLECTOR SAN IGNACIO	2,828	47.9	1,403	24	4,231	71.6	14	0.2	7	0.1	21	0.4
COLECTOR 1 PONIENTE	11,241	190.2	603	10	11,844	200.4	56	1.0	3	0.1	60	1.0
COLECTOR LAS MERCEDES	-	-	1,545	26	1,545	26.1	-	-	8	0.1	8	0.1
COLECTOR 21 DE MAYO	9,578	162.1	3,250	55	12,827	217.0	48	0.8	16	0.3	65	1.1
COLECTOR LO ROJAS 3	6,517	110.3	-	-	6,517	110.3	33	0.6	-	-	33	0.6
COLECTOR LO ROJAS 1	8,735	147.8	-	-	8,735	147.8	44	0.7	-	-	44	0.7
COLECTOR CAPITAN GORY	1,344	22.7	-	-	1,344	22.7	7	0.1	-	-	7	0.1
COLECTOR DURAN	5,262	89.0	5,143	87	10,405	176.1	26	0.4	26	0.4	52	0.9
COLECTOR 2 SUR	-	-	443	7	443	7.5	-	-	2	0.0	2	0.0
COLECTOR MANUEL MONTT	6,075	102.8	6,490	110	12,565	212.6	30	0.5	32	0.5	63	1.1
COLECTOR PASAJE 5	-	-	1,149	19	1,149	19.4	-	-	6	0.1	6	0.1
COLECTOR LOS CARRERA	4,526	76.6	4,619	78	9,145	154.7	23	0.4	23	0.4	46	0.8
COLECTOR STGO. ALDEA	6,269	106.1	1,862	32	8,131	137.6	31	0.5	9	0.2	41	0.7

PROYECTO	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM.	RED PRIM.	RED COM.	RED COM.	TOTAL	TOTAL	RED PRIM.	RED PRIM.	RED COMPL.	RED COMPL.	TOTAL	TOTAL
NOMBRE	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]
COLECTOR REMIGIO CASTRO	9,252	156.5	1,570	27	10,822	183.1	46	0.8	8	0.1	55	0.9
COLECTOR BY-PASS CORONEL	27,649	467.8	1,682	28	29,331	496.3	138	2.3	8	0.1	149	2.5
COLECTOR GALVARINO RIVEROS	27,041	457.5	-	-	27,041	457.5	135	2.3	-	-	137	2.3
COLECTOR DEMOCRACIA	9,953	168.4	-	-	9,953	168.4	50	0.8	-	-	51	0.8
COLECTOR TUCAPEL	16,528	279.7	-	-	16,528	279.7	83	1.4	-	-	84	1.4
COLECTOR ISLA NUEVA	1,557	26.3	7,469	126	9,026	152.7	8	0.1	37	0.6	45	0.8
COLECTOR BY-PASS NORTE	6,662	112.7	-	-	6,662	112.7	33	0.6	-	-	34	0.6
COLECTOR ATRAVIESO ARENAS BLANCAS I	1,825	30.9	-	-	1,825	30.9	9	0.2	-	-	9	0.2
COLECTOR ATRAVIESO ARENAS BLANCAS II	551	9.3	-	-	551	9.3	3	0.0	-	-	3	0.0
COLECTOR EL MIRADOR	1,471	24.9	1,308	22	2,779	47.0	7	0.1	7	0.1	14	0.2
COLECTOR LOS PEHUENCHES	7,627	129.1	1,534	26	9,161	155.0	38	0.6	8	0.1	46	0.8
COLECTOR D. BARRIGA I	21,621	365.8	-	-	21,621	365.8	108	1.8	-	-	110	1.8
COLECTOR 2 ORIENTE	5,873	99.4	-	-	5,873	99.4	29	0.5	-	-	30	0.5
COLECTOR POBLACION LAGUNILLAS	12,229	206.9	-	-	12,229	206.9	61	1.0	-	-	62	1.0
COLECTOR LAGUNILLAS NORTE	25,760	435.9	-	-	25,760	435.9	129	2.2	-	-	131	2.2
COLECTOR AVENIDA CARBONIFERO	7,514	127.1	-	-	7,514	127.1	38	0.6	-	-	38	0.6
COLECTOR MAESTRANZA	7,372	124.7	-	-	7,372	124.7	37	0.6	-	-	37	0.6
COLECTOR INDUSTRIAL	3,262	55.2	-	-	3,262	55.2	16	0.3	-	-	17	0.3
COLECTOR AVENIDA FORESTAL	6,731	113.9	-	-	6,731	113.9	34	0.6	-	-	34	0.6
COLECTOR SAN FRANCISCO PONIENTE	-	-	7,750	131	7,750	131.1	-	-	39	0.7	39	0.7
COLECTOR VOLCAN VILLARRICA	13,737	232.4	-	-	13,737	232.4	69	1.2	-	-	70	1.2
COLECTOR QUIÑENCO NORTE	49,583	839.0	-	-	49,583	839.0	248	4.2	-	-	252	4.2
COLECTOR SECTOR BY-PASS CORONEL	13,441	227.4	-	-	13,441	227.4	67	1.1	-	-	68	1.1
COLECTOR QUIÑENCO SUR	58,552	990.7	-	-	58,552	990.7	293	5.0	-	-	298	5.0
COLECTOR LAGUNA LA POSADA	24,636	416.8	-	-	24,636	416.8	123	2.1	-	-	125	2.1
COLECTOR DESCARGA LAGUNA LA POSADA	67,338	1,139.4	-	-	67,338	1,139.4	337	5.7	-	-	342	5.7
COLECTOR LAS TOSCAS	27,065	457.9	-	-	27,065	457.9	135	2.3	-	-	138	2.3
COLECTOR LOS ROBLES REEMPLAZOS	-	-	2,601	44	2,601	44.0	-	-	13	0.2	13	0.2
COLECTOR LOS BOLDOS	2,780	47.0	-	-	2,780	47.0	14	0.2	-	-	14	0.2

PROYECTO NOMBRE	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM. [UF]	RED PRIM. [\$ MM]	RED COM. [UF]	RED COM. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]	RED PRIM. [UF]	RED PRIM. [\$ MM]	RED COMPL. [UF]	RED COMPL. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]
COLECTOR LOS MOLLES	-	-	2,732	46	2,732	46.2	-	-	14	0.2	14	0.2
COLECTOR LOS MAQUIS	5,003	84.6	2,019	34	7,022	118.8	25	0.4	10	0.2	36	0.6
COLECTOR ESTERO LAGUNILLAS	5,477	92.7	2,257	38	7,734	130.9	27	0.5	11	0.2	39	0.7
COLECTOR LEONCIO MEDEL	9,423	159.4	2,250	38	11,674	197.5	47	0.8	11	0.2	59	1.0
COLECTOR JUAN ANTONIO RIOS	4,657	78.8	4,261	72	8,918	150.9	23	0.4	21	0.4	45	0.8
QUEBRADA CAMINO SCHWAGER	349	5.9	-	-	349	5.9	2	0.0	-	-	2	0.0
QUEBRADA MIGUEL CERVANTES	3,346	56.6	-	-	3,346	56.6	17	0.3	-	-	17	0.3
COLECTOR LOS ROBLES	8,652	146.4	2,443	41	11,095	187.7	43	0.7	12	0.2	56	0.9
COLECTOR CALLE SEIS	13,632	230.7	-	-	13,632	230.7	68	1.2	-	-	69	1.2
COLECTOR 1 ORIENTE	37,661	637.2	-	-	37,661	637.2	188	3.2	-	-	191	3.2
REFUERZO COLECTOR LAGO LLANQUIHUE	8,975	151.9	-	-	8,975	151.9	45	0.8	-	-	46	0.8
REFUERZO COLECTOR ALEJANDRO ALVEAL	10,475	177.2	-	-	10,475	177.2	52	0.9	-	-	53	0.9
COLECTOR FRANCIA	21,573	365.0	-	-	21,573	365.0	108	1.8	-	-	110	1.8
MEJORAMIENTO DE CAUCE ESTERO LA POSADA	5,351	90.5	-	-	5,351	90.5	27	0.5	-	-	27	0.5
MEJORAMIENTO DE CAUCE ESTERO LAGUNILLAS	11,091	187.7	-	-	11,091	187.7	55	0.9	-	-	56	0.9
MEJORAMIENTO DE CAUCE ESTERO MAULE	65,597	1,109.9	-	-	65,597	1,109.9	328	5.5	-	-	334	5.5
ENCAUZAMIENTO ESTERO MANCO	2,520	42.6	-	-	2,520	42.6	13	0.2	-	-	13	0.2
MEJORAMIENTO CAUCE ESTERO MANCO	4,916	83.2	-	-	4,916	83.2	25	0.4	-	-	25	0.4
CANALIZACIÓN FRANJAS DE PROTECCIÓN VÍAS DE DRENAJE	5,906	99.9	-	-	5,906	99.9	30	0.5	-	-	30	0.5
COSTA NORTE 1	9,945	168.3	-	-	9,945	168.3	50	0.8	-	-	51	0.8
COSTA NORTE 2	3,222	54.5	-	-	3,222	54.5	16	0.3	-	-	16	0.3
COSTA NORTE 3	3,161	53.5	-	-	3,161	53.5	16	0.3	-	-	16	0.3
COSTA NORTE 4	3,408	57.7	-	-	3,408	57.7	17	0.3	-	-	17	0.3
COSTA NORTE 5	4,229	71.6	-	-	4,229	71.6	21	0.4	-	-	22	0.4
COSTA NORTE 6	3,190	54.0	-	-	3,190	54.0	16	0.3	-	-	16	0.3
COSTA NORTE 7	7,918	134.0	-	-	7,918	134.0	40	0.7	-	-	40	0.7
COSTA NORTE 8	5,701	96.5	-	-	5,701	96.5	29	0.5	-	-	29	0.5
COSTA NORTE 9	15,134	256.1	-	-	15,134	256.1	76	1.3	-	-	77	1.3

PROYECTO NOMBRE	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM. [UF]	RED PRIM. [\$ MM]	RED COM. [UF]	RED COM. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]	RED PRIM. [UF]	RED PRIM. [\$ MM]	RED COMPL. [UF]	RED COMPL. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]
COSTA NORTE 10	3,559	60.2	-	-	3,559	60.2	18	0.3	-	-	18	0.3
POSADA ORIENTE 1	3,975	67.3	-	-	3,975	67.3	20	0.3	-	-	20	0.3
POSADA ORIENTE 2	10,556	178.6	-	-	10,556	178.6	53	0.9	-	-	54	0.9
POSADA ORIENTE 3	10,863	183.8	-	-	10,863	183.8	54	0.9	-	-	55	0.9
POSADA ORIENTE 4	9,905	167.6	-	-	9,905	167.6	50	0.8	-	-	50	0.8
COLECTOR COLEGIO	7,120	120.5	-	-	7,120	120.5	36	0.6	-	-	36	0.6
COLECTOR CORONEL ORIENTE NORTE	26,209	443.5	-	-	26,209	443.5	131	2.2	-	-	133	2.2
COLECTOR CORONEL ORIENTE CENTRO	19,470	329.4	-	-	19,470	329.4	97	1.6	-	-	99	1.6
COLECTOR CORONEL ORIENTE SUR	36,421	616.2	-	-	36,421	616.2	182	3.1	-	-	185	3.1
COLECTOR SECTOR YOBILLO ORIENTE	8,918	150.9	-	-	8,918	150.9	45	0.8	-	-	45	0.8
COLECTOR SECTOR YOBILLO PONIENTE	15,237	257.8	-	-	15,237	257.8	76	1.3	-	-	77	1.3
COLECTOR SECTOR ESCUADRON	45,885	776.4	-	-	45,885	776.4	229	3.9	-	-	233	3.9
TOTALES	860,689	14,563	86,815	1,469	947,505	16,032	4,303	73	434	7	4,810	80

Cuadro 12-2 Costos de Inversión de las Obras Proyectadas Primarias y Complementarias – Lota

PROYECTO NOMBRE	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM. [UF]	RED PRIM. [\$ MM]	RED COMPL. [UF]	RED COMPL. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]	RED PRIM. [UF]	RED PRIM. [\$ MM]	RED COMPL. [UF]	RED COMPL. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]
COLECTOR MAIPU	-	-	3,801	64.3	3,801	64.3	-	-	19	0.32	19	0.32
COLECTOR C. SILVA SUR	-	-	2,493	42.2	2,493	42.2	-	-	12	0.21	12	0.21
COLECTOR 21 DE MAYO	-	-	2,583	43.7	2,583	43.7	-	-	13	0.22	13	0.22
COLECTOR COSTANERA	318	5.4	754	12.8	1,072	18.1	2	0.03	4	0.06	5	0.09
COLECTOR LOS NARANJOS	-	-	292	4.9	292	4.9	-	-	1	0.02	1	0.02
COLECTOR B. LILLO	-	-	315	5.3	315	5.3	-	-	2	0.03	2	0.03
COLECTOR DIEGO PORTALES	-	-	6,069	102.7	6,069	102.7	-	-	30	0.51	30	0.51
COLECTOR AVENIDA LA PAZ	-	-	1,094	18.5	1,094	18.5	-	-	5	0.09	5	0.09
COLECTOR ATACAMA	979	16.6	97	1.6	1,076	18.2	5	0.08	0	0.01	5	0.09

PROYECTO	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM [UF]	RED PRIM [\$ MM]	RED COMPL. [UF]	RED COMPL. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]	RED PRIM [UF]	RED PRIM [\$ MM]	RED COMPL. [UF]	RED COMPL. [\$ MM]	TOTAL [UF]	TOTAL [\$ MM]
COLECTOR TARAPACA	-	-	677	11.5	677	11.5	-	-	3	0.06	3	0.06
COLECTOR COUSIÑO	319	5.4	676	11.4	995	16.8	2	0.03	3	0.06	5	0.08
COLECTOR LIBERTAD	-	-	3,466	58.6	3,466	58.6	-	-	17	0.29	17	0.29
COLECTOR COUSIÑO I	-	-	307	5.2	307	5.2	-	-	2	0.03	2	0.03
COLECTOR COUSIÑO II	-	-	7,335	124.1	7,335	124.1	-	-	37	0.62	37	0.62
COLECTOR LOTA BAJO	1,083	18.3	1,190	20.1	2,273	38.5	5	0.09	6	0.10	11	0.19
COLECTOR R. SCHNEIDER	190	3.2	2,190	37.1	2,380	40.3	1	0.02	11	0.19	12	0.20
COLECTOR EL BOSQUE	-	-	2,041	34.5	2,041	34.5	-	-	10	0.17	10	0.17
COLECTOR CHIFLON	-	-	566	9.6	566	9.6	-	-	3	0.05	3	0.05
COLECTOR BALMACEDA	2,730	46.2	-	-	2,730	46.2	14	0.23	-	-	14	0.23
COLECTOR CANTERA I	-	-	6,918	117.1	6,918	117.1	-	-	35	0.59	35	0.59
COLECTOR CANTERA II	1,571	26.6	5,497	93.0	7,067	119.6	8	0.13	27	0.47	35	0.60
COLECTOR SAN MARTIN	-	-	216	3.7	216	3.7	-	-	1	0.02	1	0.02
COLECTOR ERNESTO RIQUELME	153	2.6	2,726	46.1	2,880	48.7	1	0.01	14	0.23	14	0.24
COLECTOR I. PINTO	-	-	358	6.1	358	6.1	-	-	2	0.03	2	0.03
COLECTOR PATAGONIA B-5	-	-	687	11.6	687	11.6	-	-	3	0.06	3	0.06
COLECTOR TUNELES MELISOS	-	-	202	3.4	202	3.4	-	-	1	0.02	1	0.02
COLECTOR DISTRITO VICTORIA	-	-	778	13.2	778	13.2	-	-	4	0.07	4	0.07
COLECTOR PIQUE CARLOS	-	-	67	1.1	67	1.1	-	-	0.3	0.01	0.3	0.01
COLECTOR CHACABUCO	-	-	1,919	32.5	1,919	32.5	-	-	10	0.16	10	0.16
MEJORAMIENTO CANAL BANNEN	17,314	292.9	-	-	17,314	292.9	87	1.46	-	-	87	1.46
MAJORAMIENTO CANAL CAUPOLICAN	35,898	607.4	147	2.5	36,045	609.9	179	3.04	1	0.01	180	3.05
COLECTOR CALLE 3	1,013	17.1	-	-	1,013	17.1	5	0.09	-	-	5	0.09
COLECTOR SOTOMAYOR	5,228	88.5	-	-	5,228	88.5	26	0.44	-	-	26	0.44
COLECTOR J. ARGOMEDO	-	-	1,276	21.6	1,276	21.6	-	-	6	0.11	6	0.11
COLECTOR MATTÁ	7,417	125.5	829	14.0	8,247	139.5	37	0.63	4	0.07	41	0.70
MEJORAMIENTO CANAL POBLACION COLCURA	4,416	74.7	-	-	4,416	74.7	22	0.37	-	-	22	0.37
COLECTOR EL PROGRESO	-	-	821	13.9	821	13.9	-	-	4	0.07	4	0.07
COLECTOR VALLE COLCURA	-	-	717	12.1	717	12.1	-	-	4	0.06	4	0.06
COLECTOR BRASILIA	5,323	90.1	694	11.7	6,017	101.8	27	0.45	3	0.06	30	0.51
COLECTOR ALVARO SANTA MARIA	-	-	2,315	39.2	2,315	39.2	-	-	12	0.20	12	0.20

PROYECTO	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM	RED PRIM	RED COMPL.	RED COMPL.	TOTAL	TOTAL	RED PRIM	RED PRIM	RED COMPL.	RED COMPL.	TOTAL	TOTAL
NOMBRE	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]
MEJORAMIENTO CANAL ARGOMEDO	1,341	22.7	2,513	42.5	3,854	65.2	7	0.11	13	0.21	19	0.33
MEJORAMIENTO CANALETA COUSIÑO	885	15.0	-	-	885	15.0	4	0.07	-	-	4	0.07
COLECTOR PUERTO NUEVO	245	4.1	-	-	245	4.1	1	0.02	-	-	1	0.02
COLECTOR PUNTA ASTORGA	162	2.7	-	-	162	2.7	1	0.01	-	-	1	0.01
MEJORAMIENTO CANAL EL MORRO	1,527	25.8	-	-	1,527	25.8	8	0.13	-	-	8	0.13
MEJORAMIENTO CANAL ESSBIO	652	11.0	-	-	652	11.0	3	0.06	-	-	3	0.06
MEJORAMIENTO CANAL CANCHA CALAMA	385	6.5	-	-	385	6.5	2	0.03	-	-	2	0.03
MEJORAMIENTO CANAL LOS AROMOS	678	11.5	-	-	678	11.5	3	0.06	-	-	3	0.06
MEJORAMIENTO CANAL LOS LITRES	536	9.1	-	-	536	9.1	3	0.05	-	-	3	0.05
MEJORAMIENTO ESTERO COLCURA	16,465	278.6	-	-	16,465	278.6	82	1.39	-	-	82	1.39
MEJORAMIENTO CANAL SECTOR COLCURA	3,397	57.5	-	-	3,397	57.5	17	0.29	-	-	17	0.29
MEJORAMIENTO CANAL BOGOTA	345	5.8	-	-	345	5.8	2	0.03	-	-	2	0.03
MEJORAMIENTO CANAL QUEBRADA	695	11.8	-	-	695	11.8	3	0.06	-	-	3	0.06
MEJORAMIENTO CANAL MATTA	1,163	19.7	-	-	1,163	19.7	6	0.10	-	-	6	0.10
QUEBRADA PLAYA BLANCA	253	4.3	-	-	253	4.3	1	0.02	-	-	1	0.02
CANALETA FDO. MAIRA	-	-	1,627	27.5	1,627	27.5	-	-	8	0.14	8	0.14
MEJORAMIENTO CANALETA RUTA ARAUCO	-	-	868	14.7	868	14.7	-	-	4	0.07	4	0.07
QUEBRADA G. PURCELL	-	-	108	1.8	108	1.8	-	-	1	0.01	1	0.01
QUEBRADA RICARDO LAGOS	-	-	91	1.5	91	1.5	-	-	0.5	0.01	0.5	0.01
QUEBRADA LA ILUSION	-	-	121	2.0	121	2.0	-	-	1	0.01	1	0.01
QUEBRADA MATIAS COUSIÑO	-	-	71	1.2	71	1.2	-	-	0.4	0.01	0.4	0.01
QUEBRADA SECTOR ENACAR	-	-	625	10.6	625	10.6	-	-	3	0.05	3	0.05
TOTALES	112,681	1,907	68,136	1,153	180,816	3,059	563	9.53	341	5.76	904	15.30

Cuadro 12-3 Costos de Inversión de las Obras Proyectadas Primarias y Complementarias – Bío-Bío

PROYECTO NOMBRE	COSTO TOTAL GLOBAL						COSTO DE MANTENCIÓN					
	RED PRIM.	RED PRIM.	RED COMPL	RED COMPL	TOTAL	TOTAL	RED PRIM.	RED PRIM.	RED COMPL	RED COMPL	TOTAL	TOTAL
	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]	[UF]	[\$ MM]
MEJORAMIENTO CAUCE ESTERO EL LLANO	35,412	599.2	-	-	35,412	599.2	177	3.00	-	-	177	3.00
MEJORAMIENTO CAUCE ESTERO EL PATAGUAL	7,134	120.7	-	-	7,134	120.7	36	0.60	-	-	36	0.60
COLECTOR EL LLANO	6,315	106.9	-	-	6,315	106.9	32	0.53	-	-	32	0.53
COLECTOR PATAGUAL SUR	3,488	59.0	-	-	3,488	59.0	17	0.30	-	-	17	0.30
CRUCE RUTA 0-70 1	417	7.1	-	-	417	7.1	2	0.04	-	-	2	0.04
CRUCE RUTA 0-70 2	151	2.6	-	-	151	2.6	1	0.01	-	-	1	0.01
CRUCE RUTA 0-70 3	213	3.6	-	-	213	3.6	1	0.02	-	-	1	0.02
COLECTOR RUTA 0-70 SUR	21,167	358.1	-	-	21,167	358.1	106	1.79	-	-	106	1.79
COLECTOR PATAGUAL NORTE 1	4,303	72.8	-	-	4,303	72.8	22	0.36	-	-	22	0.36
COLECTOR PATAGUAL NORTE 2	7,672	129.8	-	-	7,672	129.8	38	0.65	-	-	38	0.65
COLECTOR RUTA 0-70 NORTE	3,292	55.7	-	-	3,292	55.7	16	0.28	-	-	16	0.28
TOTALES	89,564	1,515	-	-	89,564	1,515	448	7.58	-	-	448	7.58

13. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Las medidas no estructurales se refieren a reglas o normas que regulan el tema de las aguas lluvias y del uso del suelo que complementan las medidas estructurales. En general, éstas medidas pueden implementarse rápidamente y requieren una baja inversión de capital, siendo fundamental el comportamiento de la población y la buena voluntad para desarrollarlas.

En el presente Plan Maestro, las medidas no estructurales propuestas abarcan aspectos tales como la información y educación, cuidado del sistema de evacuación y drenaje de las aguas lluvias, que incluye medidas como la mantención preventiva y el control de depósitos y descargas ilícitas. La forma de controlar estos hechos es mediante un programa de educación pública (habilitar un fono denuncia) y a través de ordenanzas municipales que prohíban y penalicen estos actos. Lo anterior se debe complementar con el desarrollo de procedimientos de inspección en terreno y muestreo de las aguas.

También, se debe establecer una reglamentación clara para el control del uso de suelo, se planteó la necesidad de establecer un sistema de alerta y respuesta ante inundaciones que incluya un sistema de predicción de inundaciones para que tome las debidas medidas de alerta y evacuación.

14. RECOMENDACIONES

La principal actividad complementaria recomendada, se refirió a la necesidad de realizar un estudio del sistema mayor de evacuación de aguas lluvias del área de estudio. En efecto, el Plan Maestro realizado está orientado a definir la red primaria de evacuación de aguas lluvias, pero no se analizó el efecto de tormentas de magnitudes tales como las correspondientes a los períodos de retorno de 50 ó 100 años.

Para dichas situaciones, excepto los cauces principales, el sistema de evacuación propuesto no podrá evacuar los caudales superficiales generados, los que deberán ser manejados mediante elementos complementarios, tales como calles con sección transversal diseñada especialmente para conducir las aguas en esas eventualidades y otros.

Se recomendó definir claramente en los Planes Reguladores el carácter de área de prohibición absoluta del uso del suelo dentro de los cauces naturales incorporados a la red primaria. Dicha restricción, además de las atribuciones que posee la Dirección General de Aguas sobre el uso de cauces naturales permitirá asegurar que el sistema de drenaje cuente con vías a través de las cuales salga del área de estudio o acceda a los puntos de disposición final.

Para que el Plan Maestro desarrollado sea de utilidad, es necesario que sus soluciones sean de carácter normativo, es decir que deban ser obligatoriamente

consideradas al plantear soluciones locales para nuevas urbanizaciones, proyectos de nuevas calles, estudios de pavimentación, etc. Considerando la dinámica del crecimiento de ciudades como Coronel y Lota, dicho carácter normativo debe establecerse lo antes posible, para evitar situaciones que posteriormente obliguen a revisiones de importancia.

No obstante que el estudio desarrollado ha supuesto la situación para el año 2030, que es el horizonte del mismo, se hace necesario considerar la necesidad de revisar a futuro algunos aspectos, especialmente en cuanto al uso del suelo. Ello deberá realizarse especialmente luego de que se elabore algún nuevo Plan Regulador de la ciudad, o revisiones de importancia del actualmente vigente.

Aún cuando el estudio desarrollado se considera completo en lo que respecta a los antecedentes hidrológicos, se recomendó realizar una revisión o verificación de los resultados del análisis de frecuencia pluviométrico en alrededor de cinco a diez años más, cuando se cuente con nuevos registros históricos.

Se recomendó realizar mediciones en colectores adicionales, de manera de verificar los valores adoptados para el coeficiente de escorrentía. Lo anterior producto que los antecedentes de tormentas y caudales utilizados para la calibración de los modelos correspondieron a observaciones en una cuenca específica durante una temporada de registros, cuyos resultados fueron posteriormente extrapolados al resto del área de estudio.

En algunos de los proyectos propuestos, además de las soluciones directas de colectores u otros elementos de drenaje, la efectividad de las obras dependerá en forma importante de otros aspectos, especialmente la pavimentación de las calles.

Aún cuando en los costos no han sido incluidos los costos de dichas obras complementarias, es necesario resaltar que las soluciones propuestas requieren del conjunto de elementos identificados, y no solamente de las redes de aguas lluvias propuestas.

En varios de los proyectos considerados, especialmente los de mayor costo, deberá analizarse la alternativa de ejecutarlos en forma modular, agregando elemento o mejorando algunos aspectos en la medida del crecimiento urbano o de las disponibilidades presupuestarias. Dichos aspectos deberán ser contemplados como parte de los diseños de detalle de los proyectos definidos.

Junto con el inicio de las actividades de ejecución de las obras de la red primaria del Plan Maestro, se hace imprescindible establecer un presupuesto y operar un sistema de mantención de las redes de aguas lluvias. Sin dicha actividad, los proyectos no lograrán la efectividad esperada, y por lo tanto no se obtendrán los beneficios asociados a las inversiones realizadas.

Como primer aspecto de dicho programa de mantención, deberá considerarse la limpieza de las redes existentes, especialmente las con mayor grado de embanque que se han definido como recuperables.

En forma complementaria a las obras propuestas, será conveniente analizar y poner en práctica las medidas no estructurales propuestas que resulten de mayor relevancia para cada caso particular. Dichas medidas, de tipo normativo, educativo, etc., son de costos relativamente bajos y de alta rentabilidad.

No obstante que legalmente la tuición de las redes primarias y complementarias de evacuación de aguas lluvias se encuentra separada entre el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se recomendó establecer algún tipo de coordinación en cuanto a las labores de mantención y de expansión y mejoramiento de las redes, de manera de optimizar el uso de los recursos.

Por ejemplo, la construcción de un colector primario en conjunto con su respectiva red complementaria genera mayores beneficios, soluciona completamente los problemas de un sector y evita la repetición en el tiempo de trabajos que obstaculizan el flujo vehicular y peatonal.