

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

CONSULTORÍA PM - 13

PLAN MAESTRO DE EVACUACIÓN Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DE CHILLÁN Y CHILLÁN VIEJO VIII REGIÓN

RESUMEN EJECUTIVO

OCTUBRE - 2002



INGENDESA
EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.

ÍNDICE RESUMEN EJECUTIVO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Etapas Desarrolladas en la Consultoría	2
2. ÁREA DE ESTUDIO Y CUENCAS APORTANTES.....	3
3. ESTUDIOS BÁSICOS	5
4. IDENTIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	8
4.1 Catastro de Redes de Colectores.....	8
4.2 Catastro de Cauces Receptores.....	9
5. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN Y DRENAJE	10
6. SOLUCIONES	18
7. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL	23
8. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN	24
9. EVALUACIÓN ECONÓMICA	24
9.1 Bases de la Evaluación	24
9.2 Costos	26
9.3 Beneficios	26
9.4 Indicadores Económicos.....	26
9.5 Resultado de la Evaluación	27
9.6 Priorización de Soluciones	27
9.6.1 Área Urbana	27
9.6.2 Zona de Expansión.....	29
10. DEFINICIÓN DE LA RED PRIMARIA.....	29

ÍNDICE RESUMEN EJECUTIVO (continuación)

	Pág.
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
11.1 Conclusiones	37
11.1.1 Diámetros de la Red Propuesta.....	37
11.1.2 Longitud de Colectores Proyectados	37
11.1.3 Utilización de la Red Existente	38
11.1.4 Costo de Inversión en Redes	38
11.1.5 Inversión Según Superficie de Área Drenada.....	39
11.2 Recomendaciones	39
11.2.1 Protección y Habilitación de los Cauces Receptores.....	39
11.2.2 Carácter del Plan Maestro	40
11.2.3 Obras Básicas de Aplicación General	41
11.2.4 Análisis de las Soluciones para una Construcción Progresiva	41
11.2.5 Mantenimiento de las Obras.....	41

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, en el marco que le confiere la Ley N° 19.525 de noviembre de 1997, ha dado inicio a la elaboración de los Planes Maestros de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias para distintas ciudades del país. En esta ley se establece que el MOP desarrollará los planes maestros que definirán las redes primarias y por exclusión las redes secundarias de evacuación y drenaje de aguas lluvias, para lo cual encarga a la DOH la planificación, estudio, proyección, construcción, operación, reparación, conservación y mejoramiento de las obras de la red primaria hasta su evacuación en cauces naturales.

Estos planes maestros deberán estar aprobados dentro del plazo máximo de 5 años, para todas aquellas ciudades o centros poblados con más de 50.000 habitantes.

Dentro del contexto de la ley precitada y teniendo en cuenta los problemas de inundación por aguas lluvias que presenta la ciudad de Chillán, la DOH ha encomendado a INGENDESA S.A. la elaboración y formulación del “Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Chillán y Chillán Viejo, VIII Región”.

1.2 Objetivos

De acuerdo a lo indicado precedentemente, el objetivo general de esta consultoría es el de formular y elaborar el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Chillán y Chillán Viejo.

Lo anterior sólo es posible en la medida que, secuencial y consecutivamente, se cumplan una serie de objetivos específicos, de modo tal que el problema de la evacuación de las aguas lluvias en el área de estudio se aborde en forma integral. Conforme a lo señalado en los Términos de Referencia, los objetivos específicos a cumplir son los siguientes:

- Estudiar el problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias del área de estudio y proponer una solución integral y coherente con su cuenca aportante.
- Realizar la caracterización y diagnóstico de la infraestructura existente en la situación actual y futura del área de estudio.
- Proponer, simular, analizar y seleccionar alternativas de solución al problema de evacuación y drenaje para el área de estudio de la ciudad de Chillán.
- Definir el período de retorno adecuado para las alternativas de solución a los problemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias de cada zona a sanear.

- Desarrollar y estudiar la viabilidad a nivel de perfil de las alternativas de sistemas de aguas lluvias, necesarios y suficientes, para la evacuación de aguas lluvias generadas en la cuenca aportante del área de estudio.
- Dimensionar los cauces receptores naturales o artificiales en conformidad a los volúmenes de agua que se les aportará, como consecuencia del drenaje planificado y de los diseños propuestos.
- Obtener una priorización de los proyectos de inversión dentro del Plan Maestro.
- Definir la Red Primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la ciudad de Chillán y Chillán Viejo.

1.3 Etapas Desarrolladas en la Consultoría

Para cumplir los objetivos anteriormente descritos la presente consultoría se dividió en las siguientes etapas:

- **Etapa I - Recopilación de Antecedentes:** Se recopiló los antecedentes existentes en las instituciones públicas y privadas, medios de información periodística, juntas de vecinos y otras fuentes.
- **Etapa II - Estudios Básicos:** Se realizaron los estudios de hidrología, de tipos de suelo y de uso de suelos, que permiten caracterizar los parámetros que definen las escorrentías.
- **Etapa III - Identificación de Infraestructura Existente:** Se topografió la red de colectores de aguas lluvias, los canales urbanos y rurales y los cauces naturales que participan del sistema de drenaje de la ciudad de Chillán.
- **Etapa IV - Diagnóstico y Proposición de Alternativas:** Sobre la base de los Estudios Básicos de la Etapa II y del catastro de la Etapa III se realizó un diagnóstico de los sistemas de drenaje.
- **Etapa V - Simulación, Análisis y Selección de Alternativas:** El propósito de esta etapa fue dimensionar mediante simulación las alternativas de solución a nivel de perfil.
- **Etapa VI - Desarrollo de las Soluciones:** Se analizó la viabilidad de las alternativas, se desarrollaron el estudio de impacto ambiental, la evaluación económica, la priorización de los proyectos y la definición de la Red Primaria de aguas lluvias.
- **Etapa VII - Informe Final:** La información contenida en las etapas anteriores se compiló en esta etapa del estudio.

2. ÁREA DE ESTUDIO Y CUENCAS APORTANTES

En la Figura N°1 se puede observar el área de estudio la cual comprende el área urbana actual y las zonas de expansión previstas al año 2.030 de la ciudad de Chillán. En el Cuadro N°1 se resumen los valores de las superficies planificadas.

Cuadro N°1
Superficie de las Áreas Planificadas

Unidad	Superficie há
A. ZONAS PRINCIPALES	
Área de Estudio	6.632
Área Urbana Actual	3.795
Área de Expansión Urbana	2.837
Cuenca Aportante al Área de Estudio	3.658
Superficie Total	16.903
B. CUENCAS APORTANTES A CAUCES	
Cuenca Aportante al Canal de La Luz	876
Cuenca Aportante al E. Camarones	266
Cuenca Aportante al E. Lechuzas	337
Cuenca Aportante al E. Las Toscas (directa)	2.938
Cuenca Aportante al E. Las Toscas (con afluentes)	4.416
Cuenca Aportante al E. Río Viejo	746
Cuenca Aportante al C. Defensa Sur Prolongado	1.941
Cuenca Aportante al C. Defensa Sur Actual	830
Cuenca Aportante al C. Defensa Norte	5.598
Cuenca Aportante al E. Las Cabras	215
Cuenca Aportante al C. Defensa Aeropuerto	1.039

De acuerdo con la normativa actual del uso del suelo se puede estimar que el área de expansión urbana disponible tendería a consolidarse dentro de esos mismos parámetros, con una ocupación máxima de suelo que promediaría el 50% y con una densidad bruta de población, establecida de igual manera, en alrededor de 160 habitantes por hectárea.

La población de Chillán, en el horizonte del estudio, crecería según se indica en el Cuadro N°2, junto con la superficie incremental que requeriría:

Cuadro N°2
Ciudad de Chillán, Población y Densidad de Ocupación del Suelo

Año	Habitantes	Área de Expansión Requerida há	Densidad de Población Habitantes/há
2000	181.582	0,0	160
2010	210.732	182,2	
2020	244.563	393,6	
2030	283.827	639,0	

Estudio de Validación de Crecimiento Poblacional para la Ciudad de Chillán en el Período 1999-2024.
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Concepción, Sep. 1999.

El área de expansión norte de Chillán es de unas 2.200 há. Es decir, al año 2030 se ocuparía aproximadamente un cuarto de esta área, unas 640 há. En consecuencia, el área de expansión disponible en Chillán es suficiente para sostener la demanda de suelo por el crecimiento demográfico previsto.

3. ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos permiten determinar los caudales efluentes desde cada cuenca hidrológica considerada en el sistema de drenaje.

En el estudio de precipitaciones se recopilaron y analizaron las precipitaciones máximas anuales, de 24 horas de duración, en la zona. También se recopilaron los pluviogramas de la Estación de Chillán Viejo de la Dirección General de Aguas, con el objeto de determinar series de precipitaciones máximas anuales con duración de 10 en 10 minutos. De lo anterior se obtienen las precipitaciones máximas anuales, para diferentes períodos de retorno y duraciones de 1, 2, 3, 4,... hasta 24 horas. Además, las máximas anuales con duración de 10, 20, 30,... hasta 120 minutos. Todo lo anterior para confeccionar las Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (curvas IDF), que se resumen en los Cuadros N°3 y 4 y en las respectivas Figuras N° 2 y 3.

Cuadro N°3
Curvas IDF Empíricas para Duraciones Menores a 2 horas (intensidad en m/hr)

Tr Años	Duraciones (min)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	38,9	26,6	21,4	18,5	16,9	15,8	15,1	14,1	13,6	13,1	12,5	11,9
5	53,3	35,0	28,2	24,8	23,3	20,9	20,3	18,9	18,4	18,2	17,1	16,2
10	62,8	40,5	32,6	29,0	27,5	24,2	23,7	22,1	21,5	21,5	20,1	19,0
25	74,8	47,4	38,3	34,2	32,9	28,4	28,0	26,1	25,5	25,7	23,9	22,5
50	83,7	52,6	42,5	38,2	36,8	31,5	31,2	29,1	28,5	28,8	26,7	25,1
100	92,6	57,7	46,7	42,0	40,8	34,6	34,4	32,1	31,4	31,9	29,6	27,7
200	101,4	62,8	50,8	45,9	44,7	37,7	37,6	35,0	34,3	35,0	32,4	30,3

Cuadro N°4
Curvas IDF Empíricas para Duraciones Entre 1 y 24 horas (intensidad en m/hr)

Tr	Duraciones (hrs)
----	------------------

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	15,8	11,9	9,7	7,6	7,0	6,5	6,2	5,8	5,5	5,2	4,9	4,7
5	20,9	16,2	12,8	10,4	9,3	8,6	8,1	7,6	7,2	6,8	6,5	6,2
10	24,2	19,0	14,9	12,2	10,8	9,9	9,3	8,7	8,3	7,9	7,5	7,2
25	28,4	22,5	17,5	14,6	12,8	11,7	10,9	10,2	9,7	9,3	8,7	8,5
50	31,5	25,1	19,5	16,3	14,2	13,0	12,0	11,3	10,7	10,3	9,7	9,4
100	34,6	27,7	21,4	18,0	15,7	14,3	13,1	12,4	11,7	11,3	10,6	10,3
200	37,7	30,3	23,3	19,7	17,1	15,6	14,3	13,5	12,8	12,3	11,6	11,3
Tr Años	Duraciones (hrs)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3
5	6,1	5,9	5,8	5,7	5,5	5,4	5,4	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8
10	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,5	6,4	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8
25	8,4	8,3	8,1	8,0	7,8	7,8	7,7	7,5	7,4	7,3	7,2	7,1
50	9,4	9,2	9,0	9,0	8,8	8,8	8,7	8,5	8,4	8,3	8,2	8,1
100	10,3	10,2	10,0	10,0	9,8	9,8	9,7	9,5	9,4	9,2	9,1	9,0
200	11,3	11,1	10,9	10,9	10,7	10,8	10,7	10,4	10,3	10,2	10,1	10,0

El estudio geomorfológico del suelo de la cuenca aportante al Área de Estudio (cuenca rural) se abordó caracterizando la textura, la cubierta vegetal y la pendiente del suelo, lo que llevó a clasificar el mismo en 12 categorías geomorfológicas.

El suelo del área urbana fue zonificado en conformidad a áreas homogéneas, que partieron con las divisiones en Unidades Vecinales. Pero al interior de ellas se pudo constatar alguna diversidad, que llevó a subdividir las dichas Unidades Vecinales en sectores homogéneos más representativos de áreas de menor extensión. Para cada sector se determinó la superficie de las diferentes cubiertas del suelo, a saber: techumbre, calzadas y veredas pavimentadas, calzadas de tierra, patios y suelos consolidados, jardines y áreas verdes, suelo agrícola y bosques. De esta manera, se determinaron los coeficientes de escorrentía ponderados por sectores. Luego, en conformidad a los estudios de Planificación Urbana se derivaron los cambios previstos en la cubierta actual para definir así los coeficientes de escorrentía futuros.

Figura N° 2
Curvas IDF Empíricas para Duraciones Entre 10 y 120 minutos

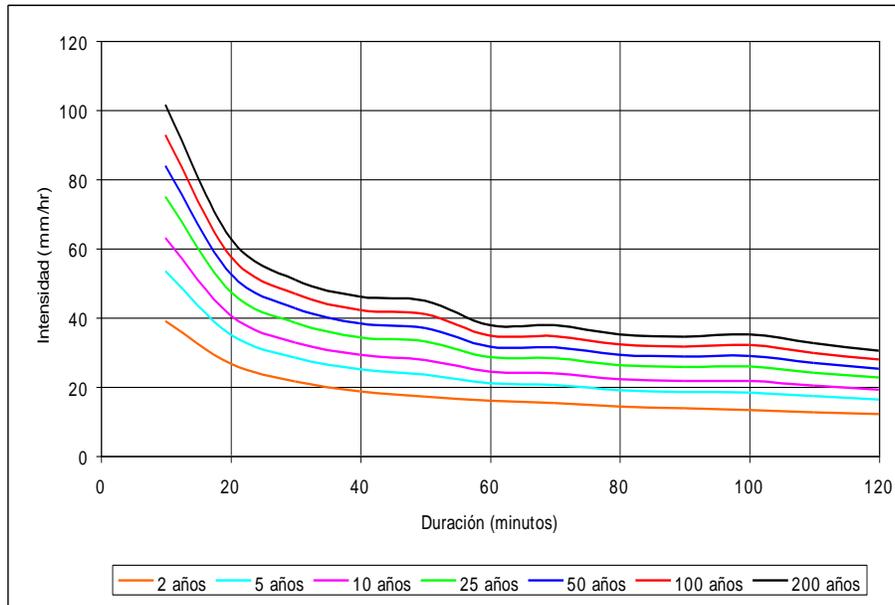
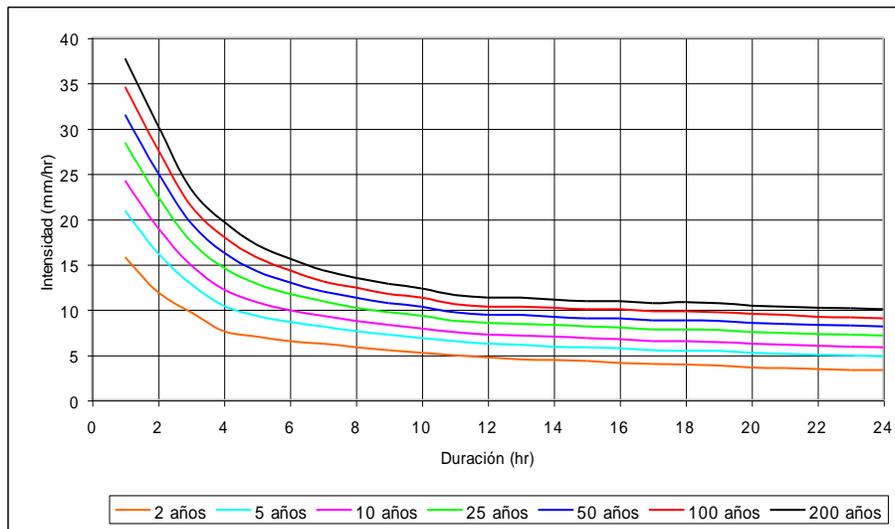


Figura N° 3
Curvas IDF Empíricas para Duraciones Entre 1 y 24 horas



4. IDENTIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

4.1 Catastro de Redes de Colectores

Se identificaron los colectores de aguas lluvias y luego se determinaron sus características, a saber: diámetro por tramo, material constitutivo, cotas de radieres, anillos de cámaras y sumideros, conectividad entre cámaras, estado de conservación, estado operativo.

Las cotas de referencia para los PR auxiliares de nivelación es el "Punto de Nivelación 1.G.50" del I.G.M., con cota 106,3957 m.s.n.m, que se ubica en el puente Paso de Piedra en la avenida B. O'Higgins.

El sistema de aguas lluvias de la ciudad de Chillán es un sistema separado del sistema de aguas servidas y está constituido por una red de colectores y canales que descargan en diferentes cauces receptores. Estos últimos tienen como destino principal el río Chillán, como se resume en el Cuadro N°5.

Cuadro N°5
Cauces Colectores y Descargas de Aguas Lluvias que Reciben

Cauce Colector	Cantidad de Descargas	Destino Final
Estero El Burro	2	E. Colliguay
Canal Los Patos	3	E. Colliguay
Canal de La Luz	2	E. Las Toscas
Estero Las Toscas	18	Río Chillán
Estero Camarones	1	E. Las Toscas
Estero Lechuzas	8	E. Las Toscas
Estero Río Viejo	6	Río Chillán
Canal Defensa Sur	2	Río Chillán
Total	42	

La red de colectores está compuesta mayoritariamente por ductos de cemento comprimido con diámetros que van entre 180 y 1.200 mm y una longitud menor de estructuras tipo cajón de hormigón. En el Cuadro N°6 se muestra la distribución de longitudes de tuberías de la red conforme su diámetro y cauce receptor.

La capacidad de conducción de los colectores se determinó sobre la base de los datos geométricos catastrados y las condiciones hidráulicas pertinentes.

Cuadro N°6

Longitud de Colectores Catastrados Según Diámetro y Cauze Receptor

Diámetro (mm)	Estero Las Toscas (m)	Estero Las Lechuzas (m)	Estero Río Viejo (m)	Canal de La Luz (m)	Otros Cauces (m)	Total (m)
180	56,4	64,0	0,0	0,0	0,0	120,4
200	527,9	786,1	135,0	331,9	22,0	1.802,9
250	835,9	404,8	0,0	583,9	0,0	1.824,6
300	4.695,8	1.906,5	969,7	682,6	753,5	9.008,1
350	333,6	443,4	0,0	45,0	0,0	822,0
400	3.794,6	2.623,4	941,1	3.637,2	15,0	11.011,3
500	3.909,0	1.297,7	109,2	1.552,6	110,2	6.978,7
600	3.556,2	1.554,2	467,7	1.547,2	484,8	7.610,1
700	956,7	353,2	430,7	0,0	231,7	1.972,3
800	4.034,0	1.109,5	581,3	1.145,3	128,7	6.998,8
900	788,3	0,0	668,3	0,0	0,0	1.456,6
1.000	741,9	236,3	1.595,2	54,2	29,0	2.656,6
1.100	463,2	254,8	605,8	239,0	0,0	1.562,8
1.200	422,2	1.090,5	0,0	246,5	98,3	1.857,5
Cajón	0,0	84,8	802,9	269,7	0,0	1.157,4
Total	25.115,7	12.209,2	7.306,9	10.335,0	1.873,2	56.840,0

La red de colectores de aguas lluvias de la ciudad ha sido implementada por la gestión de diversas instituciones. Los primeros colectores construidos en el sector céntrico fueron ejecutados por la D.O.S., en el año 1963. Desde entonces hasta ahora otras instituciones como D.S.S., las I. Municipalidades de Chillán y Chillán Viejo, SENDOS, SERVIU, MOP-D.S.S., ESSBIO S.A., D.O.H., HABITACOOOP y Asociación Chilena de Seguridad han ido incrementando la red hasta la situación actual anteriormente descrita.

A la fecha, la mantención de la red de aguas lluvias de Chillán y Chillán Viejo la realizan los Departamentos de Ornato y Aseo de los respectivos municipios.

4.2 Catastro de Cauces Receptores

Los cauces receptores (naturales y canales) se levantaron topográficamente mediante perfiles longitudinales, con detalles de los cambios de sección transversal y la presencia de singularidades, como atravesos de calles, entubamientos, etc. Luego, se procedió a levantar secciones transversales cada 200 m en promedio, identificando debidamente las singularidades: puentes, alcantarillas, tramos entubados. El trazado en planta de los cauces queda representado en el levantamiento aerofotogramétrico del año 2000, realizado para este estudio del Plan Maestro. Las referencias topográficas son las mismas señaladas para la red de colectores.

Los cauces receptores catastrados que se consideran en el Plan Maestro son los que se presentan en el Cuadro N°7.

Cuadro N°7

Catastro de Cauces Receptores

Nombre del Cauze	Longitud (m)	Secciones N°	Singularidades N°
------------------	-----------------	-----------------	----------------------

Canales:			
Lantaño Chico	6.306	32	7
De La Luz	10.375	46	55
Defensa Norte	6.720	40	5
Defensa Sur	2.826	15	3
Totales	26.227	33	70
Esteros:			
Las Toscas	12.445	57	21
Camarones	1.703	9	6
Esteros Lechuzas	2.820	12	5
Brazo Lechuzas	750	2	1
Río Viejo	7.887	39	8
Totales	25.605	119	41

En resumen, el sistema actual de evacuación y drenaje de aguas lluvias, de la ciudad de Chillán, consiste en una red de colectores que acumula una longitud total de 56,84 km y 26,23 km de canales construidos por diferentes instituciones.

5. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACIÓN Y DRENAJE

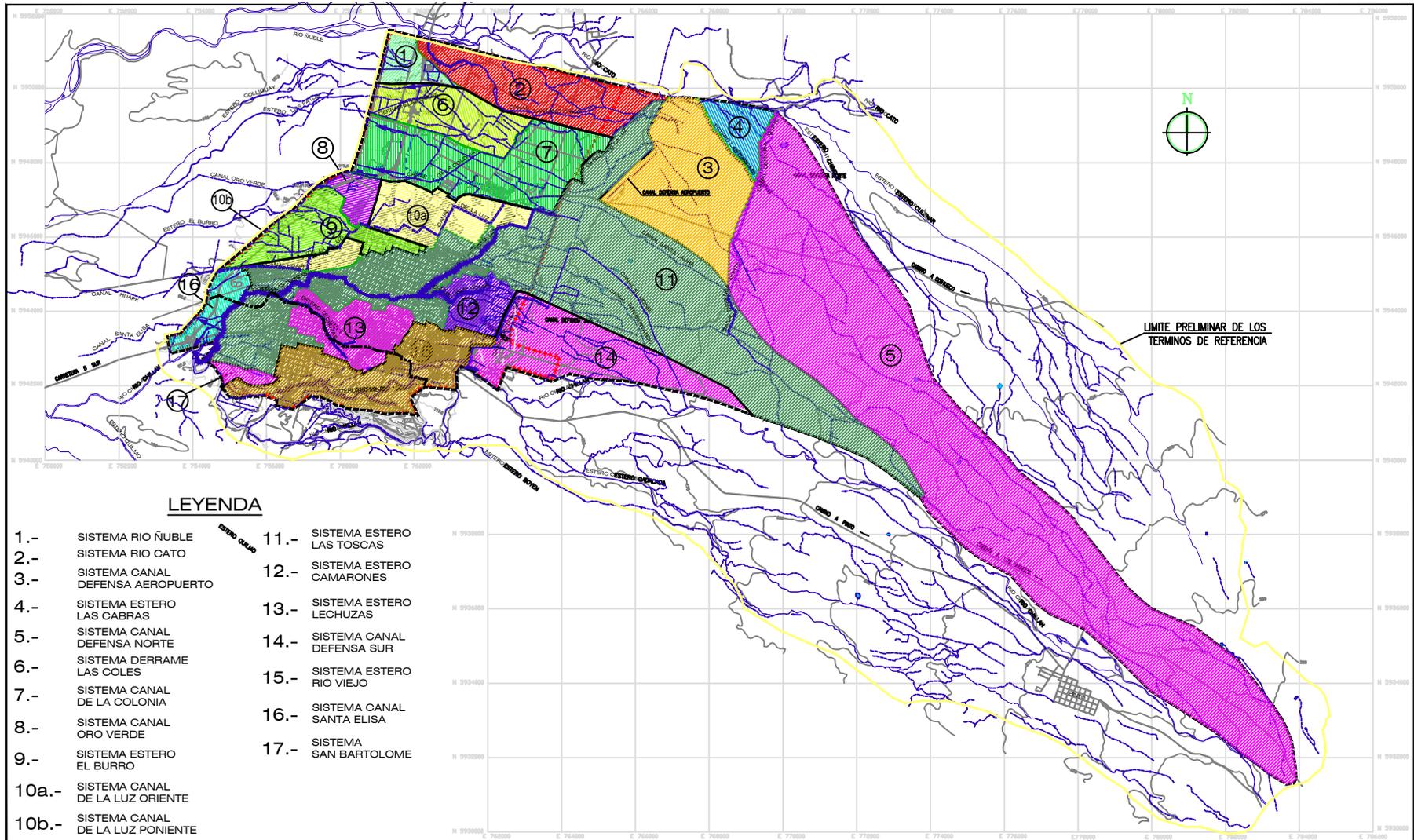
Previo al diagnóstico fue necesario definir el patrón de drenaje del área de estudio y de la cuenca aportante, es decir la manera como se evacuan las aguas lluvias colectadas en ellas. En efecto, se identificaron seis subcuencas, que reciben dichas aguas lluvias, conducidas hasta ellas por los diferentes cauces receptores. Estos últimos representan sistemas de drenaje, que son a su vez alimentados por subsistemas independientes entre si. Dichos subsistemas pueden tener una obra de drenaje (colector) o no tenerla (escurrimiento superficial).

En el Cuadro N° 8, se resumen las subcuencas y sus sistemas afluentes que configuran el patrón de drenaje del área de estudio y de la cuenca aportante. En la Figura N° 4 se muestra la ubicación relativa de los diferentes sistemas.

Cuadro N° 8
Subcuencas y Sistemas del Patrón de Drenaje

Subcuenca	Nombre del Sistema	Sistema N° (1)	Área que Drena
R. Cato-Ñuble	Río Ñuble	1	Área de Estudio
	Río Cato	2	
	C. Defensa Aeropuerto	3	Cuenca Aportante
	Estero Las Cabras	4	
	Canal Defensa Norte	5	
E. Colliguay	Derrame las Coles	6	Área de Estudio
	Canal de la Colonia	7	
	Canal Oro Verde	8	
	Estero El Burro	9	
E. Las Toscas	Canal de La Luz	10	Área de Estudio
	Estero Las Toscas	11	
	Estero Camarones	12	
	Estero Lechuzas	13	
E. Río Viejo	Estero Río Viejo	15	Área de Estudio
C. Santa Elisa	Canal Santa Elisa	16	Área de Estudio
Río Chillán	Canal Defensa Sur	14	Cuenca Aportante
	San Bartolomé	17	Área de Estudio

(1): El N° del Sistema está asociado a la Figura N° 4.



LEYENDA

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1.- SISTEMA RIO ÑUBLE | 11.- SISTEMA ESTERO LAS TOSCAS |
| 2.- SISTEMA RIO CATO | 12.- SISTEMA ESTERO CAMARONES |
| 3.- SISTEMA CANAL DEFENSA AEROPUERTO | 13.- SISTEMA ESTERO LECHUZAS |
| 4.- SISTEMA ESTERO LAS CABRAS | 14.- SISTEMA CANAL DEFENSA SUR |
| 5.- SISTEMA CANAL DEFENSA NORTE | 15.- SISTEMA ESTERO RIO VIEJO |
| 6.- SISTEMA DERRAME LAS COLES | 16.- SISTEMA CANAL SANTA ELISA |
| 7.- SISTEMA CANAL DE LA COLONIA | 17.- SISTEMA SAN BARTOLOME |
| 8.- SISTEMA CANAL ORO VERDE | |
| 9.- SISTEMA ESTERO EL BURRO | |
| 10a.- SISTEMA CANAL DE LA LUZ ORIENTE | |
| 10b.- SISTEMA CANAL DE LA LUZ PONIENTE | |

SIMBOLOGIA

- | | | | |
|--|------------------------|--|---|
| | LIMITE URBANO ACTUAL | | LIMITE SUBCUENCA |
| | LIMITE AREA DE ESTUDIO | | LIMITE SISTEMA |
| | LIMITE COMUNAL ACTUAL | | INDICA DRENAJE FINAL DE CADA SISTEMA |
| | LIMITE CUENCA | | LIMITE PRELIMINAR DE LOS TERMINOS DE REFERENCIA |

El diagnóstico del sistema de evacuación y drenaje existente se estudió mediante la simulación hidrológica e hidráulica de sus componentes. Para ello se utilizó el programa computacional SWMM de Caice Corporation. Se configuraron mallas de modelación para unidades independientes, que evacuan sus aguas en un determinado punto del cauce receptor respectivo.

La pauta metodológica seguida incluyó los escenarios del uso del suelo actual y futuro para los elementos del sistema de evacuación y drenaje, a saber:

- Sectores con colectores de aguas lluvias: Se diagnosticó el comportamiento teórico de cada colector bajo el efecto de tormentas con período de retorno de 2, 5 y 10 años. De ello se concluyó cuales tramos tienen falta de capacidad, las cámaras que rebosan, los volúmenes de agua que van a la calle, las alturas que generan en las calzadas y veredas, los tiempos de rebose y otra información de interés.
- Sectores sin colectores de aguas lluvias o de escurrimiento superficial: Estas áreas urbanas drenan mediante flujos por las calles hasta el cauce receptor correspondiente. Durante las visitas de días de lluvia se registraron aquellas calles que suelen llevar caudales importantes. En estos casos se definieron modelos con nodos en las calles y sus respectivas áreas aportantes, con el objetivo de evaluar, mediante el programa SWMM, el gasto máximo en cada nodo para las diferentes tormentas.
- Cauces Receptores: Los canales y esteros anteriormente mencionados se simularon mediante el programa SWMM. En este caso el modelo de cada cauce consideró a todos los subsistemas que descargan, las secciones topográficas y las singularidades levantadas en el catastro. En los esteros y canales, se consideraron las tormentas de 2, 5, 10, 25 y 100 años de período de retorno. Esta última con el objetivo de advertir problemas bajo exigencias más severas.

Con los resultados obtenidos de las simulaciones descritas se detectaron los sectores urbanos con problemas y se definieron las áreas a sanear.

En el Cuadro N°9 se resume el comportamiento de la red existente de cada sistema, utilizando como indicador el desborde de cámaras de inspección (C.I.) o si funcionan en presión bajo los escenarios simulados que se señalan. En él se presenta el nivel de fallas en porcentaje de C.I. con desborde respecto al total del sistema.

Cuadro N° 9 Resumen del Comportamiento de Cada Sistema de Drenaje

ITEM	Actual			Futuro		
	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=2	Tr=5	Tr=10
Sistema Estero Las Toscas (LT)						
C.I. Totales	308	308	308	308	308	308
C.I. Con desborde	66	93	108	80	103	113
% C.I. Con desborde	21%	30%	35%	26%	33%	37%
C.I. en Presión	211	239	241	225	241	249
% C.I. en Presión	69%	77%	78%	73%	78%	81%
Sistema Estero Camarones (CA)						
C.I. Totales	9	9	9	9	9	9
C.I. Con desborde	2	2	2	2	2	2
% C.I. Con desborde	22%	22%	22%	22%	22%	22%
C.I. en Presión	4	4	5	4	4	5
% C.I. en Presión	44%	44%	56%	44%	44%	56%
Sistema Estero Lechuzas (LE)						
C.I. Totales	193	193	193	193	193	193
C.I. Con desborde	30	37	45	35	48	54
% C.I. Con desborde	16%	19%	23%	18%	25%	28%
C.I. en Presión	85	116	141	116	155	167
% C.I. en Presión	44%	60%	73%	60%	80%	87%
Sistema Estero Río Viejo (RV)						
C.I. Totales	107	107	107	107	107	107
C.I. Con desborde	16	18	23	16	23	27
% C.I. Con desborde	15%	17%	22%	15%	22%	25%
C.I. en Presión	41	65	77	46	81	86
% C.I. en Presión	38%	61%	72%	43%	76%	80%
Sistema Canal de La Luz (LU)						
C.I. Totales	96	96	96	96	96	96
C.I. Con desborde	21	26	29	22	28	30
% C.I. Con desborde	22%	27%	30%	23%	29%	31%
C.I. en Presión	68	74	77	68	75	84
% C.I. en Presión	71%	77%	80%	71%	78%	88%
Sistema El Burro (EB)						
C.I. Totales	37	37	37	37	37	37
C.I. Con desborde	8	11	11	8	11	11
% C.I. Con desborde	22%	30%	30%	22%	30%	30%
C.I. en Presión	23	23	24	23	23	24
% C.I. en Presión	62%	62%	65%	62%	62%	65%
Sistema Los Patos (PA)						
C.I. Totales	17	17	17	17	17	17
C.I. Con desborde	3	4	4	3	4	4
% C.I. Con desborde	18%	24%	24%	18%	24%	24%
C.I. en Presión	13	15	15	13	15	15
% C.I. en Presión	76%	88%	88%	76%	88%	88%
Nivel de Falla Promedio	19%	23%	26%	20%	26%	28%

Nota: en paréntesis se indica la nomenclatura usada para referirse a cada sistema

De lo anterior se concluye que prácticamente el 20% de las cámaras de inspección acusan falta de capacidad en tramos de colectores para 2 años de período de retorno.

Cabe señalar, que no todas las zonas inundadas de la ciudad se deben a fallas de colectores. Las hay también debidas a escurrimiento por calles sin sistema de colectores ni de sumideros, como también las hay debidas a reboses de cauces colectores, específicamente los del canal de La Luz, (Ecuador esquina Brasil y

sector ultra estación) y algunos reboses de los esteros Camarones, Las Lechuzas, Río Viejo y el mismo estero Las Toscas.

En las Figuras N° 5 y 6 se aprecian las zonas de inundación y las vías principales de escurrimiento que se han identificado en la ciudad. Muchas de las manchas de inundación históricas, informadas por los pobladores y funcionarios municipales encuentran explicación y consistencia con la simulación de la red existente, mediante los modelos procesados en el programa SWMM. Estos casos, se muestran en color verde en las figuras mencionadas.

En relación con la zona de expansión norte, ésta drena hacia el poniente por debajo de la carretera By-Pass, mediante una serie de atravesos que no tienen la capacidad requerida por las tormentas de 5 y 10 años de período de retorno.

La conclusión más importante del diagnóstico consistió en enfocar las soluciones a los problemas de aguas lluvias de la ciudad, lo que se puede resumir en las directrices generales, presentadas en el Cuadro N°10.

Cuadro N°10
Directrices Generales de Soluciones

Problema detectado	Solución
Áreas de drenaje zona urbana	
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad insuficiente de la red existente • Falta de red de aguas lluvias • Mantenimiento e insuficiencia de sumideros 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzar colectores • Proyectar las redes faltantes • Medidas no estructurales
Cauces colectores	
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad insuficiente de secciones hidráulicas • Capacidad insuficiente de atravesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionar los cauces y singularidades para el período de retorno de diseño. • Desconexión de áreas tributarias.
Zona de expansión Norte	
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad insuficiente de atravesos bajo la carretera By-Pass 	<ul style="list-style-type: none"> • Drenar las aguas de la zona de expansión hacia los ríos Cato y Ñuble, aliviando significativamente el sector poniente del área de estudio

6. SOLUCIONES

El trazado en planta de las soluciones se basó en una concepción general del drenaje del área de estudio y el dimensionamiento de cada una de ellas tuvo en cuenta lo señalado en el Cuadro N°11.

Cuadro N°11
Planteamiento General de Soluciones

Aspecto	Acción metodológica
1. Áreas a sanear	Se definen áreas de drenaje independientes o subsistemas, y mediante colectores se llevan sus aguas hacia un cauce receptor. Si es el caso, se estudian en ella alternativas de drenaje con el objetivo de elegir la que presente las mayores ventajas, tanto económicas como de impacto.
2. Planificación General	Se ha estimado conveniente aliviar al máximo de lo posible la descarga de aguas lluvia que actualmente drenan hacia el poniente por debajo de la carretera By-Pass y que llegan al río Ñuble a través del estero Colliguay. Para lo anterior se planificó evacuar las mismas directamente a los ríos Cato o Ñuble, cerca del puente carretero. El Canal de La Luz se aprovecha como cauce receptor en sus primeros 5 km urbanos y se conecta al estero Las Toscas, mediante el colector Brasil. El sector centro considera ampliar la capacidad de drenaje de la red mediante colectores adicionales. La zona sur, adyacente al cauce del estero Río Viejo, contempla un estanque de regulación de crecidas, que posibilita utilizar dicho cauce con modificaciones poco importantes.
3. Horizonte del estudio y períodos de retorno para el dimensionamiento	Las soluciones se diseñan para las condiciones del horizonte del estudio, es decir, el año 2030, los colectores, para los períodos de retorno 2 y 5 años. Por su parte, los cauces receptores urbanos se dimensionan para períodos de retorno de 10 o 25 años según sea su importancia y condiciones hidráulicas presentes.
4. La red existente	Se aprovecha al máximo la red de colectores existente en el saneamiento de las diferentes áreas, dimensionando el refuerzo necesario si es el caso. Se contempla solamente una red separada de aguas lluvias, descartándose soluciones unitarias.
5. Drenaje gravitacional	Se privilegia la descarga gravitacional de las aguas lluvia a los grandes cauces primero (ríos Chillán y Cato). No fue necesario recurrir a medios mecánicos en ningún caso.
6. Trazado de colectores	En la zona de expansión, el trazado de los colectores contempla una distancia aproximada a los 500 m entre ellos y aprovechar la vialidad existente o la prolongación de vías iniciadas en la actualidad. En el sector urbano, los colectores van preferentemente por calles sin pavimento, siguen en preferencia las calles con pavimento asfáltico y finalmente las con pavimento de hormigón.
7. Simulación de soluciones y dimensionamiento	El dimensionamiento de las soluciones se hace mediante simulación utilizando el programa SWMM, ya mencionado.

El monto de inversión de las obras se basó en Costos Directos Unitarios de construcción, determinados en conformidad a las bases siguientes:

- Se cotizó con el fabricante el suministro y traslado de los elementos prefabricados: tuberías de c.c., tuberías reforzadas, cámaras y sumideros.
- Los costos directos de partidas de obras como excavaciones, retiro de excedentes, rellenos, rotura y reposición de pavimentos se obtuvieron de una base de datos de INGENDESA y corregidos a las condiciones locales de la obra y actualizados a marzo de 2002.
- Las interferencias subterráneas con agua potable y aguas servidas se valoraron sobre la base de obra de cruce típica.
- Los atraviesos de calles se cubican y costean cada uno.
- Los atraviesos de FF.CC y Carretera se incluyen en los ítemes de costo "Dificultad Constructiva". No se consideran relevantes otros tipos de interferencias.

- Las medidas no estructurales como la mantención y operación de la red, formación de hábitos para el cuidado de colectores están insertos en otras actividades de la comunidad por lo que no se consideran con costos relevantes.

Sobre la base de lo anteriormente expuesto se llega a los precios unitarios que se muestran en el Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12
Precios Unitarios

Designación	Unidad	P.Unitario (UF)
Colectores Enterrados		
Excavación Terreno común semiduro (0 a 2 m)	m3	0,22
Excavación Terreno común semiduro (2 a 4 m)	m3	0,30
Excavación Terreno común semiduro (> 4 m)	m3	0,65
Relleno tipo 1, Arena sin contenido de arcilla	m3	0,48
Relleno tipo 2, Suelo proveniente de la excavación	m3	0,21
Retiro de excedentes, hasta 6 Km de distancia	m3	0,18
Tubo H.S D = 400 mm	m	0,91
Tubo H.S D = 500 mm	m	1, 32
Tubo H.B.P D = 600 mm	m	1,79
Tubo H.B.P D = 700 mm	m	2,27
Tubo H.B.P D = 800 mm	m	2,90
Tubo H.B.P D = 900 mm	m	3,80
Tubo H.B.P D = 1.000 mm	m	4,29
Tubo H.B.P D = 1.200 mm	m	5,37
Tubo CCR = 1.450 mm con entibación	m	15,93
Tubo CCR = 1.600 mm con entibación	m	19,44
Tubo CCR = 1.800 mm con entibación	m	24,74
Tubo CCR = 2.000 mm con entibación	m	31,28
Cajón Prefabricado de 2,0 x 2,0 m	m	22,85
Cajón Prefabricado de 2,1 x 2,0 m	m	24,00
Cajón Prefabricado de 2,2 x 2,0 m	m	25,14
Cajón Prefabricado de 2,3 x 2,0 m	m	26,28
Cajón Prefabricado de 2,4 x 2,0 m	m	27,42
Cajón Prefabricado de 2,5 x 2,0 m	m	28,57
Cajón Prefabricado de 2,6 x 2,0 m	m	29,71
Cajón Prefabricado de 2,7 x 2,0 m	m	30,85
Cajón Prefabricado de 2,8 x 2,0 m	m	32,00
Cajón Prefabricado de 2,9 x 2,0 m	m	33,14
Cajón Prefabricado de 3,0 x 2,0 m	m	34,28
Cámara Prefabricada d = 1.200 mm tubos con d <= 500 mm	nº	18,80
Cámara Prefabricada d = 1.800 mm tubos 500<d<= 1.200 mm	nº	41,65
Cámara especial Cajón 2,0 x 2,0 m	nº	51,07
Cámara especial Cajón 2,1 x 2,0 m	nº	53,37
Cámara especial Cajón 2,2 x 2,0 m	nº	55,65
Cámara especial Cajón 2,3 x 2,0 m	nº	57,93
Cámara especial Cajón 2,4 x 2,0 m	nº	60,21
Cámara especial Cajón 2,5 x 2,0 m	nº	62,51
Cámara especial Cajón 2,6 x 2,0 m	nº	64,79

Cuadro N° 12
Precios Unitarios

Designación	Unidad	P.Unitario (UF)
Cámara especial Cajón 2,7 x 2,0 m	nº	67,07
Cámara especial Cajón 2,8 x 2,0 m	nº	69,37
Cámara especial Cajón 2,9 x 2,0 m	nº	71,65
Cámara especial Cajón 3,0 x 2,0 m	nº	73,93
Rotura y Reposición de Pavimentos Asfálticos	m2	0,54
Rotura y Reposición de Pavimentos de Hormigón	m2	1,70
Retiro de Cámaras y Tuberías	m3	1,53
Canales		
Excavación y Retiro de Excedentes	m3	0,27
Relleno de Bordes	m3	0,18
Revestimiento de Hormigón Canal Trapecial	m3	5,42
Revestimiento de Hormigón Canal Rectangular	m3	11,57
Atravesos		
Demolición Obras de Hormigón	m3	1,53
Relleno Estructural	m3	0,32
Alcantarillas Tipo Manual de Carreteras		
Hormigón H-30	m3	8,97
Enfierradura	Kg	0,04

En el Cuadro N°13 se entrega un listado de las soluciones con los respectivos montos de inversión en los aspectos estructurales planificados. Dichos montos incluyen los Costos Directos de Construcción, los Gastos Generales, Utilidades e Imprevistos (45%), la Dificultad Constructiva (variable entre 0 y 20%), Estudio de Ingeniería e Inspección (5%) y finalmente el IVA (18%). El ítem Dificultades Constructivas, se aplicó con mayor incidencia en las soluciones que contemplan obras especiales, por ejemplo, atravesos por debajo de la carretera By-Pass o del FF.CC, obras de descarga a cauces con caudales importantes (colector Brasil), cámara de empalme del Canal de la Luz con el Colector Brasil, y también, en el caso de obras de cierta magnitud dentro del radio urbano.

Cuadro N° 13
Cuadro Resumen de Costos de Inversión de las Soluciones

Subcuenca Sistema	Nº	Nombre del Colector	Código	Período de Retorno (Años)	Costo Total Inversión (UF)	
Subcuenca Cato-Ñuble						
Río Cato	1	Colector Cato Poniente	CT-301	5	182.833	
	2	Colector Cato Centro Norte	CT-302	5	48.979	
	3	Colector Cato Centro Sur	CT-303	5	164.805	
	4	Colector Cato Oriente	CT-304	5	169.043	
	98	Mejoramiento Canal Defensa Norte	DN	25	40.043	
Total Sistema Río Cato					605.703	
Río Ñuble	5	Colector Ñuble Poniente	ÑU-301	2	12.381	
	6	Colector Ñuble Oriente	ÑU-302	2	7.834	
Total Sistema Río Ñuble					20.215	
Total Subcuenca Cato-Ñuble						625.918
Subcuenca Estero Colliguay						
Estero Los Patos	7	Colector Las Coles	PA-301	5	15.170	
	8	Colector Los Patos	PA-302	5	107.575	
Total Sistema Estero Los Patos					122.745	
Estero El Burro	9	Cauce Estero El Burro	EB	10	4.249	
	10	Colector Parque Lantaño	EB-100	2	24.774	
	11	Colector Estacion	EB-101	2	4.613	
	12	Colector Estero El Burro	EB-301	2	12.955	
Total Sistema Estero El Burro					46.591	
Total Subcuenca Estero Colliguay						169.336
Subcuenca Estero Las Toscas						
Canal de La Luz	13	Mejoramiento Canal de la Luz	LU			
	13a	Cauce Canal de la Luz		10	59.315	
	13b	Colector Brasil		10	153.192	
		Ducto Huape	-	-	55.608	
	14	Colector Panamericana	LU-100	2	96.759	
	15	Colector San Martín	LU-102	2	21.790	
	16	Colector Ecuador	LU-103	2	68.044	
	17	Colector Vicente Méndez Sur	LU-104	2	24.707	
	18	Colector Vicente Méndez Norte	LU-105	2	61.502	
	19	Colector Andrés Bello	LU-106	2	18.040	
	20	Colector Jardin del Este	LU-107	2	25.376	
	21	Colector Cancha Rayada	LU-108	2	28.236	
	22	Colector Flores Millán	LU-109	2	20.182	
	23	Colector Gamero	LU-110	2	25.890	
	24	Colector La Luz	LU-301	5	118.177	
	Total Sistema Canal de La Luz					776.818
	Estero Las Toscas	25	Mejoramiento Estero las Toscas	LT	25	76.827
		26	Colector Santa Blanca	LT-04	2	1.699
		27	Colector 2 Poniente	LT-05	2	1.137
		28	Colector 3 Oriente	LT-06	2	23.589
		29	Colector Centro	LT-07	2	8.812
		30	Colector Los Castaños	LT-10	2	4.237
		31	Colector 5 de Abril	LT-11	2	11.634
		32	Colector Calle Central	LT-14	2	29.297
33		Colector Los Presidentes Oriente	LT-17	2	4.697	
34		Colector Coihueco	LT-108	2	21.331	
35		Colector Argentina Sur	LT-109	2	9.224	
36		Colector Libertad Oriente	LT-110	2	6.297	
37		Colector Las Lilas	LT-111	2	12.983	
38		Colector Hernando de Magallanes	LT-112	2	4.593	
39		Colector Los Presidentes Poniente	LT-113	2	1.569	
40		Colector Yervas Buenas	LT-114	2	5.882	

Cuadro N° 13
Cuadro Resumen de Costos de Inversión de las Soluciones

(Continuación)

Subcuenca Sistema	Nº	Nombre del Colector	Código	Período de Retorno (Años)	Costo Total Inversión (UF)
Estero Las Toscas	41	Colector Sargento Aldea	LT-115	2	1.934
	42	Colector Carrera	LT-116	2	39.825
	43	Colector Purén	LT-117	2	9.671
	44	Colector Lumaco	LT-118	2	1.298
	45	Colector Población Bartolucci	LT-119	2	37.503
	46	Colector Ignacio Carrera Pinto	LT-120	2	15.298
	47	Colector Argentina Norte	LT-124	2	19.935
	48	Colector Población Valenzuela Silva	LT-125	2	15.563
	49	Colector Collín	LT-126	2	5.059
	50	Colector Universidad	LT-127	2	6.925
	51	Colector Victoria	LT-128	2	7.651
	52	Colector Colchagua	LT-129	2	708
	53	Colector Simón Bolívar	LT-130	2	14.635
	54	Colector Nuble	LT-131	2	2.740
	55	Colector Amunátegui	LT-132	2	1.875
	56	Colector Lord Cochrane	LT-133	2	1.660
	57	Colector Lomas de Maipón	LT-134	2	4.066
	58	Colector Las Toscas Norte	LT-135	2	6.515
	59	Colector Las Toscas Sur	LT-136	2	9.468
	60	Colector Santa Elisa	LT-137	2	24.310
	61	Colector Araneda	LT-140	2	3.997
62	Colector Las Toscas Poniente 1	LT-301	5	81.341	
63	Colector Las Toscas Oriente 1	LT-302	5	28.255	
64	Colector Las Toscas Oriente 2	LT-303	5	19.112	
65	Colector Las Toscas Poniente 2	LT-304	5	15.431	
Total Sistema Estero Las Toscas					598.583
Estero Camarones	66	Mejoramiento Estero Camarones	CA	10	2.433
	67	Colector Los Puelches Sur	CA-100	2	61.812
	68	Colector Villa El Nevado	CA-101	2	1.448
	69	Colector Ampliación Purén	CA-102	2	2.555
	70	Colector Irene Frei	CA-103	2	7.347
	71	Colector El Volcán	CA-107	2	75.277
Total Sistema Estero Camarones					150.872
Estero Lechuzas	72	Mejoramiento Estero Lechuzas	LE	10	42.085
	72a	Cauce Estero Lechuzas		10	8.700
	72b	Brazo Estero Lechuzas		10	8.700
	73	Colector Valladolid	LE-01	2	4.571
	74	Colector El Tejar	LE-100	2	2.789
	75	Colector 20 de Agosto	LE-101	2	18.326
	76	Colector Los Copihues	LE-102	2	5.055
	77	Colector Tehualda	LE-103	2	6.121
	78	Colector Real Audiencia	LE-104	2	4.795
	79	Colector Baquedano Norte	LE-105	2	8.384
	80	Colector Gacitúa	LE-106	2	3.472
	81	Colector Palermo	LE-107	2	61.405
82	Colector Bernardo O'Higgins	LE-108	2	28.132	
83	Colector Las Canoas	LE-109	2	15.050	
Total Sistema Estero Lechuzas					208.885
Total Subcuenca Estero Las Toscas					1.735.158

Cuadro N° 13
Cuadro Resumen de Costos de Inversión de las Soluciones
(continuación)

Subcuenca Sistema	N°	Nombre del Colector	Código	Período de Retorno (Años)	Costo Total Inversión (UF)
Subcuenca Estero Río Viejo					
Estero Río Viejo	84	Mejoramiento Estero Río Viejo	RV		
	84a	Cauce Estero Río Viejo		10	3.436
	84b	Canal + Estanque de Regulación		10	17.767
	85	Colector Serrano	RV-01	2	21.617
	86	Colector Mariano Egaña	RV-02	2	23.552
	87	Colector Camino Yungay	RV-101	2	18.184
	88	Colector Baquedano Sur	RV-103	2	21.609
	89	Colector Anibal Pinto	RV-112	2	158.459
90	Colector Huambalí	RV-113	2	102.765	
Total Sistema Estero Río Viejo					367.389
Total Subcuenca Estero Río Viejo					367.389
Subcuenca Río Chillán					
San Bartolomé	91	Colector Antonio Varas	CH-138	2	46.229
	92	Colector Río Chillán	CH-301	2	84.980
Total Sistema San Bartolomé					131.209
Puente El Saque	93	Colector las Margaritas	CH-04	2	3.905
	94	Colector Quilmo	CH-108	2	10.708
	95	Colector San Ignacio	CH-109	2	57.595
Total Sistema Puente El Saque					72.208
Canal Defensa Sur	96	Mejoramiento Canal Defensa Sur	DS	25	9.816
	97	Colector Defensa Sur	DS-301	5	55.830
Total Sistema Canal Defensa Sur					65.646
Total Subcuenca Río Chillán					269.063
Total Plan Maestro					3.166.864

UF de referencia: \$16.200, 14 de abril de 2002.

7. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Los impactos positivos, muy significativos, se manifestarán en las etapas de construcción y operación de las soluciones. En especial la actividad económica y la calidad de vida de la población serán afectadas positivamente por la ejecución de las obras, al evitarse las inundaciones.

Los impactos negativos relevantes son transitorios y ocurrirán en la etapa de construcción. Se relacionan con los niveles de ruido, las emisiones de material particulado y gases de combustión, la disminución temporal de calzadas, veredas y áreas verdes. Todo esto por la operación de maquinaria, el despeje de terrenos y por el movimiento de tierra y excavaciones. Los impactos identificados son los habitualmente aceptados para proyectos similares sometidos al SEIA. Las medidas de mitigación y compensación son factibles y normales en este tipo de faenas, por lo que se consideran un conjunto de obras ambientalmente viable.

En conclusión, de los 99 proyectos de este Plan Maestro sólo 46 se ingresarían al SEIA mediante una Declaración de Impacto Ambiental, en virtud del artículo 294

del Código de Aguas y del Decreto N° 30 del 27 de marzo de 1997 de la Secretaría General de la Presidencia (SERPREG).

8. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN

Las características físicas de la cuenca aportante, a saber; pendiente menores de 1%, cubierta vegetal extendida, terrenos bajo cultivo con riego tecnificado y, conforme a la inspección del terreno, la inexistencia de procesos erosivos visibles, reducen este fenómeno a un factor no significativo en el área.

9. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se realizó conforme a la proposición de MIDEPLAN la que postula utilizar la metodología de daño evitado, en la cual el beneficio de los proyectos está dado por la diferencia entre el valor esperado del daño que se produce en la situación “sin proyecto” y el valor esperado del daño en la situación “con proyecto”. En tanto que el costo de los proyectos corresponde a las inversiones necesarias y costos de mantención y operación del sistema durante el período de vida útil considerado.

9.1 Bases de la Evaluación

La evaluación se hace para grupos de proyectos, los que se evaluarán económicamente considerando tres grandes grupos que se presentan en la Figura N° 7. En el Cuadro N° 14 se presenta un resumen de las consideraciones tenidas en la evaluación económica.

Cuadro N°14
Consideraciones para la Evaluación Económica

Parámetro del estudio	Acción metodológica
1. Daño evitado	Para determinar los beneficios o daño evitado se simuló con el modelo SWMM las situaciones “sin” y “con” proyecto
2. Medio de Cálculo de parámetros	Simulación con programa SWMM
3. Períodos de retorno evaluados	Colectores: 2, 5, 10 años; Cauces: 2, 5, 10, 25 años
4. Horizonte de la evaluación	30 años
5. Vida útil de las Obras	50 años, en conformidad al tipo de material
6. Valor residual a los 30 años	Se adopta el valor 20%

Figura N°7

9.2 Costos

El costo total de cada grupo de proyectos corresponde a la suma de la inversión necesaria para la construcción de cada colector más el costo actualizado de operación y mantenimiento, expresado a precios sociales de acuerdo a las pautas de MIDEPLAN.

El costo de operación y mantención de las obras se estimó como costo anual un 1% del costo de inversión, correspondiendo un 0,5% al costo de mantención y un 0,5% al costo de operación.

Los precios sociales se obtuvieron de acuerdo a los factores de conversión de MIDEPLAN, vale decir, como el 95% de los precios privados una vez descontado el IVA.

9.3 Beneficios

Como se indicara previamente los beneficios a considerar en la evaluación económica corresponden a los daños anuales evitados para las lluvias de período de retorno mayores (2, 5 y 10 años para los grupos de proyectos de colectores y de 2, 5, 10 y 25 años para los cauces o canales) y para las lluvias de menor magnitud que ocurren en promedio varias veces al año.

La determinación de daños se hizo conforme a la metodología de MIDEPLAN, es decir, los beneficios a considerar en la evaluación provienen de los daños evitados en los siguientes aspectos:

- Disminución del daño en propiedades residenciales e industriales
- Disminución de daños en la infraestructura vial
- Reducción de gastos en limpieza de vías y sumideros
- Disminución del ausentismo laboral y escolar
- Disminución de costos de viaje

9.4 Indicadores Económicos

Finalmente, a partir de los beneficios y costos sociales determinados para los diferentes grupos de proyectos se realizó una evaluación económica mediante la que se obtuvo el valor actualizado neto (VAN) en el horizonte de 30 años.

Además del VAN, se calcularon para los grupos de proyectos otros indicadores económicos, como son el Costo/Beneficio, Costo de Inversión por Superficie Drenada y Daño Evitado por Superficie Drenada. Estos indicadores se han calculado con el doble propósito de servir de herramienta de decisión para la

priorización de los proyectos y con el objeto de detectar eventuales inconsistencias en los resultados.

9.5 Resultado de la Evaluación

Los proyectos evaluados se agruparon en 21 grupos de proyectos para los colectores del área urbana (grupos de proyectos P), identificados como P-1 al P-20, y en 7 grupos de proyectos para los cauces o canales, identificados como C-1 al C-7. Para el área de expansión se definieron 20 grupos de proyectos (grupos de proyectos E), identificados como E-1 al E-20, en cuyos casos la metodología de evaluación aplicada no resulta válida, debido a que no es posible asociarle daños que sean cuantificables.

9.6 Priorización de Soluciones

9.6.1 Área Urbana

Una vez evaluados los proyectos, ellos fueron priorizados en atención a la razón entre el Costo Social y los Beneficios obtenidos. También se consideraron otros factores como la importancia de las obras, la interrelación entre los proyectos y la densidad de poblamiento del área saneada.

Para ordenar la prioridad de los proyectos se reagruparon éstos en atención a los factores mencionados, separados en 3 clases: prioridad alta, media y baja.

En el Cuadro N°15 se presenta una definición de los tipos de prioridad y en el Cuadro N°16 un resumen de las prioridades por grupos de proyectos.

**Cuadro N°15
Definiciones**

Prioridad	Descripción
Alta	Se incluyen los cauces colectores porque es el único medio con que cuenta la ciudad para drenar las aguas lluvia bajo los efectos de un temporal importante. Se puede pensar incluso, que la ciudad no cuente con el desarrollo de la red planificada, aún así, los cauces recibirían las aguas drenadas por las calles y podrían conducirla fuera del área urbana. Por otra parte, el índice costo/beneficio les favorece ampliamente. Esto último, dado que los desbordes de cauces suelen ser francamente catastróficos. El proyecto P-4 junto al mejoramiento del Canal de La Luz, genera una relación costo/beneficio mejorada para el cauce. Los proyectos P-12 y P-14 se complementan. En efecto, las aguas que llegan al colector Los Puelches Sur, desde el sector Oriente, no pasarían al P-14, localizado aguas abajo, en la medida que el colector P-12 esté en servicio.
Media	El primer proyecto a considerar es P-1, en el que casi toda su red existente permanece operativa y requiere pocos colectores adicionales. La combinación de los proyectos P-5 y P-6 es obligatoria, ya que las obras de P-5 evitan la llegada del agua lluvia al sector P-6, localizado aguas abajo. La inversión es prácticamente debido a las obras de P-5. Los Proyectos P-8, P-9 y P10 están muy relacionados con el centro de la ciudad de Chillán y dan solución a inundaciones diagnosticadas.. Los proyectos P-17a y P-17b están planificados para drenar hacia el estanque de regulación, en el sector Río Viejo. Drenan una extensa área con abundante población.

**Cuadro N°15
Definiciones
(Continuación)**

Prioridad	Descripción
	Los proyectos P-19 y P-20, que drenan un área con densidad media dentro de la ciudad, son muy similares tanto en

Baja	costo como en beneficio. Sin embargo, el Proyecto P-19 requiere para su operación el colector Chillán, que drenará en el futuro el área de expansión E-14. En consecuencia, este colector tendrá beneficios futuros no investigados por ahora. Por su parte, el proyecto P-20, descarga en el estero Río Viejo mediante colectores existentes y casi todas las obras que contempla consisten en refuerzos de la red existente. Por lo tanto, dentro del grupo es uno de los mejor ubicados. El proyecto P-15, en gran medida refuerza la red existente que dispone (colectores Rosauro Acuña y Gacitúa), siendo en el grupo el más beneficioso.
------	---

Cuadro N°16 Resumen de Prioridades por Grupos de Proyectos

Grupo de Proyectos y Cauces	Localización en el Area de Estudio (respecto al cauce receptor)	Beneficio Total Actualizado (B) (UF)	Costo Total Actualizado (C) (UF)	Relación C / B -	Relación C/B Grupos Asociados (1)
PRIORIDAD ALTA (1,30>C/B>0)					
C-1	Canal de La Luz + Colector Brasil	188.550	184.867	0,98	
C-1*	Canal de La Luz + Colector Brasil + Ducto Huape	188.550	229.637	1,22	
C-2 / C-6	E. Las Toscas + C. Defensa Sur	328.950	75.374	0,23	
C-3	Estero Camarones	17.754	2.117	0,12	
C-4	Estero Lechuzas	69.000	44.180	0,64	
C-5	Estero Río Viejo + Canal + Presa	70.049	18.445	0,26	
C-7**	Canal Defensa Norte	-	34.835	-	
P-2	Estero Las Toscas Poniente margen derecha	23.360	12.732	0,55	
P-4	Canal de La Luz Centro	220.444	226.967	1,03	
P-12	E. Camarones, margen izquierda	22.736	57.255	2,52	
P-14	E. Las Toscas Oriente, margen izq.	69.794	25.487	0,37	0,89
PRIORIDAD MEDIA (10>C/B>1,30)					
P-1	E. Las Toscas Poniente en margen derecha	3.507	13.308	3,79	
P-3	E. Las Toscas Poniente en margen derecha	6.747	32.625	4,84	
P-7	E. Lechuzas margen izq.	19.669	26.517	1,35	
P-8	E. Las Toscas centro, margen der.	11.981	81.454	6,80	
P-9	E. Las Toscas Oriente, margen der.	6.866	43.923	6,40	
P-10	E. Las Toscas Oriente, margen izq.	5.568	26.219	4,71	
P-16	E. Lechuzas, margen derecha	7.519	66.511	8,85	
P-5	E. Las Toscas Poniente margen izquierda	808	20.521	25,41	6,78
P-6	Canal de La Luz Centro	2.585	2.467	0,95	
P-17a	Afluentes Estanque de Regulación	2.106	89.399	42,45	13,22
P-17b	Afluentes Estanque de Regulación	15.089	137.849	9,14	
PRIORIDAD BAJA (C/B>10)					
P-11	E. Camarones, margen derecha	2.323	71.878	30,95	
P-13	E. Las Toscas centro, margen izq.	496	21.626	43,61	
P-15	E. Lechuzas, margen derecha	2.532	44.509	17,58	
P-18	Extremo Sur-Oriente Area de Estudio	344	62.816	182,37	
P-19	Extremo Sur-Poniente Area de Estudio	2.894	40.216	13,89	
P-20	Extremo Sur-Poniente Area de Estudio	3.052	39.294	12,88	

(*): Incluye al Ducto Huape

(**): Este canal se integra a la Red Primaria con la misma prioridad del resto de los cauces receptores por su rol importante en la protección contra inundaciones.

(1): Relación C/B para el conjunto de los proyectos indicados.

9.6.2 Zona de Expansión

En relación a la zona de expansión, se puede anticipar alguna priorización de proyectos, en atención a la relación territorial de algunas áreas urbanas con otras actualmente con urbanización incipiente. En el Cuadro N°17 se presenta una descripción de los proyectos de acuerdo a su prioridad.

Cuadro N°17
Descripción de Proyectos Agrupados según la Prioridad

Prioridad Mayor	Urbanización incipiente en el área.
Grupo de Proyectos	Descripción
E-8	Sector adyacente al área urbana norte, que ha empezado a urbanizarse y que podría enterar el Colector la Luz por partes, según el desarrollo del área.
E-9	Sector estero El Burro-Estación. Hay urbanizaciones construidas sin colectores de aguas lluvia. También aquí tendría prioridad el mejoramiento del cauce.
E-12	Presenta alguna urbanización, pero desconectada aún de los colectores planificados con descarga hacia Las Toscas.
E-16	En el sector Sur del área de estudio, camino a Yungay. También se encuentra una urbanización muy incipiente.
E-20	En el lado nor-oriental del área de estudio, con descarga al canal de la Luz. Se encuentra en este sector una superficie que se está desarrollando de forma mixta, en baja y alta densidad.
Media Prioridad	Sin urbanización presente, pero adyacente e interferencia con zonas urbanas.
Grupo de Proyectos	Descripción
E-14	Tiene alguna relación con el proyecto P-19, (colector compartido)
E-17	Sector de desarrollo recreacional. La laguna de regulación es una obra que va junta con el cauce del estero planificado.
E-18	El desarrollo de esta área parece ser desde el cauce del canal defensa hacia el oriente, de modo que el Colector defensa Sur se podría construir por parcialidades desde aguas abajo.
Baja Prioridad	Sectores rurales con insuficiente conexión vial a la ciudad.
Grupo de Proyectos	Descripción
E-1 a E-5	Sector de expansión Norte con drenaje hacia el río Cato.
E-6 y E-7	Sector de expansión nor-oriental con descarga hacia el estero Colliguay. Más apto para un desarrollo industrial por la cercanía de la carretera y del ferrocarril.
E-10, E-11	Sectores sin caminos de acceso, mal conectados a la ciudad.
E-13	Rinconada de difícil desarrollo. Mal conectado.
E-15, E-19	Sectores rurales mal conectados a la ciudad.

10. DEFINICIÓN DE LA RED PRIMARIA

La Red Primaria se configuró en conformidad a los siguientes criterios:

- **Cauces receptores:** ya que actúan como elementos principales en la evacuación de aguas lluvia y, por consistencia con lo anterior, todas las descargas de colectores en dichos cauces. Los cauces receptores considerados en el Plan Maestro de Chillán y Chillán Viejo y que forman parte de la Red Primaria son:
 - Subcuenca Cato-Ñuble: Estero Lantaño Chico y Canal Defensa Norte.
 - Subcuenca Colliguay: Estero Los Patos y Estero El Burro.

- Subcuenca Estero Las Toscas: Canal de La Luz, Estero Las Toscas, Estero Camarones, Estero Las Lechuzas.
 - Subcuenca Estero Río Viejo: Estero Río Viejo.
 - Subcuenca Río Chillán: Canal Defensa Sur.
- **Colectores existentes:** los colectores con diámetro igual o superior a 700 mm. También se incluyen los casos de colectores existentes de menor diámetro que resulten "reforzados" por colectores proyectados mayores de 700 mm de diámetro.
 - **Colectores proyectados:** los colectores con diámetro igual o superior a 700 mm. Sin embargo, en el área de expansión, se contempló incluir en la Red Primaria algunos colectores de 600 mm, cuando los nodos superiores orientan el drenaje futuro a implementar. También, se incluyen los tramos con refuerzos de colectores existentes de la red primaria, aún cuando el refuerzo sea menor de 700 mm.

En las Figuras N° 8 y 9 se muestra la Red Primaria para la ciudad de Chillán.

En el Cuadro N°18 se presenta un resumen de longitudes de las redes aquí definidas.

Cuadro N°18
Resumen de Redes de Sistemas de Evacuación y Drenaje de aguas Lluvias
Longitud de Tuberías (m)

Categoría	Existente (m)	Proyectada (m)		Cauce Natural (m)	Total (m)
		Colector	Canal		
Red Primaria	20.864	117.529	13.880	21.483	173.756
Red Complementaria	19.053	61.958	-	-	81.011
Total	39.917	179.487	13.880	21.483	254.767

Los ríos Chillán, Cato y Ñuble reciben también descargas planificadas de colectores, pero estos cauces mayores tienen una connotación distinta a la que tienen los esteros urbanos, por lo que no forman parte de la red primaria.

En el Cuadro N°19 se presenta el detalle de los costos de inversión, operación y mantención de las redes primaria y secundaria, en millones de pesos.

Cuadro N°19
Redes Primaria y Complementaria: Montos de Inversión, Operación y Mantenimiento

Subcuenca Sistema	Nº	Nombre del Colector	Código	Período de Retorno (Años)	Costo Anual de Mantenimiento y Operación (UF)			Costo de Inversión (UF)		
					Red Primaria	Red Complementaria	Total	Red Primaria	Red Complementaria	Total
Subcuenca Cato-Nuble										
Río Cato	1	Colector Cato Poniente	CT-301	5	1.828	0	1.828	182.833	0	182.833
	2	Colector Cato Centro Norte	CT-302	5	490	0	490	48.979	0	48.979
	3	Colector Cato Centro Sur	CT-303	5	1.648	0	1.648	164.805	0	164.805
	4	Colector Cato Oriente	CT-304	5	1.690	0	1.690	169.043	0	169.043
	98	Mejoramiento Canal Defensa Norte	DN	25	400	0	400	40.043	0	40.043
Total Sistema Río Cato					6.057	0	6.057	605.703	0	605.703
Río Ñuble	5	Colector Ñuble Poniente	ÑU-301	2	124	0	124	12.381	0	12.381
	6	Colector Ñuble Oriente	ÑU-302	2	78	0	78	7.834	0	7.834
Total Sistema Río Ñuble					202	0	202	20.215	0	20.215
Total Subcuenca Cato-Nuble										625.918
Subcuenca Estero Colliguay										
Estero Los Patos	7	Colector Las Coles	PA-301	5	152	0	152	15.170	0	15.170
	8	Colector Los Patos	PA-302	5	1.076	0	1.076	107.575	0	107.575
Total Sistema Estero Los Patos					1.227	0	1.227	122.745	0	122.745
Estero El Burro	9	Cauce Estero El Burro			42	0	42	4.249	0	4.249
	10	Colector Parque Lantaño	EB-100	2	228	19	248	22.839	1.935	24.774
	11	Colector Estacion	EB-101	2	0	46	46	0	4.613	4.613
	12	Colector Estero El Burro	EB-301	2	130	0	130	12.955	0	12.955
Total Sistema Estero El Burro					400	65	466	40.043	6.548	46.591
Total Subcuenca Estero Colliguay										169.336
Subcuenca Estero Las Toscas										
Canal de la Luz	13	Mejoramiento Canal de la Luz								
	13a	Cauce Canal de la Luz		10	593	0	593	59.315	0	59.315
	13b	Colector Brasil Ducto. Huape		10	1.532	0	1.532	153.192	0	153.192
				-	-	-	-	55.608	-	55.608
	14	Colector Panamericana	LU-100	2	888	80	968	88.775	7.984	96.759
	15	Colector San Martín	LU-102	2	53	165	218	5.306	16.484	21.790
	16	Colector Ecuador	LU-103	2	625	55	680	62.546	5.498	68.044
	17	Colector Vicente Méndez Sur	LU-104	2	221	26	247	22.146	2.561	24.707
	18	Colector Vicente Méndez Norte	LU-105	2	418	197	615	41.778	19.724	61.502
	19	Colector Andrés Bello	LU-106	2	158	23	180	15.768	2.272	18.040
	20	Colector Jardín del Este	LU-107	2	125	129	254	12.507	12.869	25.376
	21	Colector Cancha Rayada	LU-108	2	182	100	282	18.222	10.014	28.236
22	Colector Flores Millán	LU-109	2	113	89	202	11.269	8.913	20.182	

Cuadro N°19
Redes Primaria y Complementaria: Montos de Inversión, Operación y Mantenimiento (Continuación)

Subcuenca Sistema	Nº	Nombre del Colector	Código	Período de Retorno (Años)	Costo Anual de Mantenimiento y Operación (UF)			Costo de Inversión (UF)		
					Red Primaria	Red Complementaria	Total	Red Primaria	Red Complementaria	Total
Canal de La Luz	23	Colector Gamero	LU-110	2	212	47	259	21.218	4.672	25.890
	24	Colector La Luz	LU-301	5	1.182	0	1.182	118.177	0	118.177
	Total Sistema Canal de La Luz					6.302	910	7.212	685.827	90.991
Estero Las Toscas	25	Mejoramiento Estero las Toscas		25	768	0	768	76.827	0	76.827
	26	Colector Santa Blanca	LT-04	2	0	17	17	0	1.699	1.699
	27	Colector 2 Poniente	LT-05	2	0	11	11	0	1.137	1.137
	28	Colector 3 Oriente	LT-06	2	152	84	236	15.203	8.386	23.589
	29	Colector Centro	LT-07	2	88	0	88	8.812	0	8.812
	30	Colector Los Castaños	LT-10	2	5	37	42	493	3.744	4.237
	31	Colector 5 de Abril	LT-11	2	63	54	116	6.252	5.382	11.634
	32	Colector Calle Central	LT-14	2	78	215	293	7.832	21.465	29.297
	33	Colector Los Presidentes Oriente	LT-17	2	0	47	47	0	4.697	4.697
	34	Colector Coihueco	LT-108	2	117	96	213	11.721	9.610	21.331
	35	Colector Argentina Sur	LT-109	2	78	14	92	7.805	1.419	9.224
	36	Colector Libertad Oriente	LT-110	2	0	63	63	0	6.297	6.297
	37	Colector Las Lilas	LT-111	2	56	74	130	5.562	7.421	12.983
	38	Colector Hernando de Magallanes	LT-112	2	0	46	46	0	4.593	4.593
	39	Colector Los Presidentes Poniente	LT-113	2	0	16	16	0	1.569	1.569
	40	Colector Yerbas Buenas	LT-114	2	20	39	59	1.987	3.895	5.882
	41	Colector Sargento Aldea	LT-115	2	0	19	19	0	1.934	1.934
	42	Colector Carrera	LT-116	2	353	45	398	35.294	4.531	39.825
	43	Colector Purén	LT-117	2	26	70	97	2.648	7.023	9.671
	44	Colector Lumaco	LT-118	2	0	13	13	0	1.298	1.298
	45	Colector Población Bartolucci	LT-119	2	269	106	375	26.902	10.601	37.503
	46	Colector Ignacio Carrera Pinto	LT-120	2	36	117	153	3.648	11.650	15.298
	47	Colector Argentina Norte	LT-124	2	117	82	199	11.740	8.195	19.935
	48	Colector Población Valenzuela Silva	LT-125	2	106	50	156	10.551	5.012	15.563
	49	Colector Collín	LT-126	2	0	51	51	0	5.059	5.059
	50	Colector Universidad	LT-127	2	57	13	69	5.673	1.252	6.925
	51	Colector Victoria	LT-128	2	55	21	77	5.527	2.124	7.651
	52	Colector Colchagua	LT-129	2	0	7	7	0	708	708
	53	Colector Simón Bolívar	LT-130	2	109	37	146	10.891	3.744	14.635
	54	Colector Nuble	LT-131	2	27	0	27	2.740	0	2.740
	55	Colector Amunátegui	LT-132	2	0	19	19	0	1.875	1.875
	56	Colector Lord Cochrane	LT-133	2	0	17	17	0	1.660	1.660
	57	Colector Lomas de Maipón	LT-134	2	41	0	41	4.066	0	4.066

Cuadro N°19

Redes Primaria y Complementaria: Montos de Inversión, Operación y Mantenimiento (Continuación)

Subcuenca			Período de	Costo Anual de Mantenimiento y Operación (UF)	Costo de Inversión (UF)
-----------	--	--	------------	---	-------------------------

Sistema	Nº	Nombre del Colector	Código	Retorno (Años)	Red Primaria	Red Complementaria	Total	Red Primaria	Red Complementaria	Total
Estero Las Toscas	58	Colector Las Toscas Norte	LT-135	2	34	31	65	3.371	3.144	6.515
	59	Colector Las Toscas Sur	LT-136	2	50	45	95	4.985	4.483	9.468
	60	Colector Santa Elisa	LT-137	2	165	79	243	16.455	7.855	24.310
	61	Colector Araneda	LT-140	2	11	29	40	1.112	2.885	3.997
	62	Colector Las Toscas Poniente 1	LT-301	5	813	0	813	81.341	0	81.341
	63	Colector Las Toscas Oriente 1	LT-302	5	283	0	283	28.255	0	28.255
	64	Colector Las Toscas Oriente 2	LT-303	5	191	0	191	19.112	0	19.112
	65	Colector Las Toscas Poniente 2	LT-304	5	154	0	154	15.431	0	15.431
Total Sistema Estero Las Toscas					4.322	1663	5.986	432.236	166.347	598.583
Estero Camarones	66	Mejoramiento Estero Camarones		10	24	0	24	2.433	0	2.433
	67	Colector Los Puelches Sur	CA-100	2	493	125	618	49.337	12.475	61.812
	68	Colector Villa El Nevado	CA-101	2	14	0	14	1.448	0	1.448
	69	Colector Ampliación Purén	CA-102	2	12	13	26	1.212	1.343	2.555
	70	Colector Irene Frei	CA-103	2	42	32	73	4.163	3.184	7.347
	71	Colector El Volcán	CA-107	2	669	84	753	66.860	8.417	75.277
Total Sistema Estero Camarones					1.255	254	1.509	125.453	25.419	150.872
Estero Lechuzas	72	Mejoramiento Estero Lechuzas			0	0	0		0	
	72a	Cauce Estero Lechuzas		10	421	0	421	42.085	0	42.085
	72b	Brazo Estero Lechuzas		10	87	0	87	8.700	0	8.700
	73	Colector Valladolid	LE-01	2	30	16	46	2.992	1.579	4.571
	74	Colector El Tejar	LE-100	2	0	28	28	0	2.789	2.789
	75	Colector 20 de Agosto	LE-101	2	84	99	183	8.379	9.947	18.326
	76	Colector Los Copihues	LE-102	2	0	51	51	0	5.055	5.055
	77	Colector Tehualda	LE-103	2	0	61	61	0	6.121	6.121
	78	Colector Real Audiencia	LE-104	2	13	35	48	1.262	3.533	4.795
	79	Colector Baquedano Norte	LE-105	2	53	30	84	5.340	3.044	8.384
	80	Colector Gacitúa	LE-106	2	23	12	35	2.253	1.219	3.472
	81	Colector Palermo	LE-107	2	507	107	614	50.658	10.747	61.405
	82	Colector Bernardo O'Higgins	LE-108	2	174	107	281	17.393	10.739	28.132
	83	Colector Las Canoas	LE-109	2	39	111	151	3.946	11.104	15.050
Total Sistema Estero Lechuzas					1.430	659	2.089	143.008	65.877	208.885
								Total Subcuenca Estero Las Toscas		1.735.158

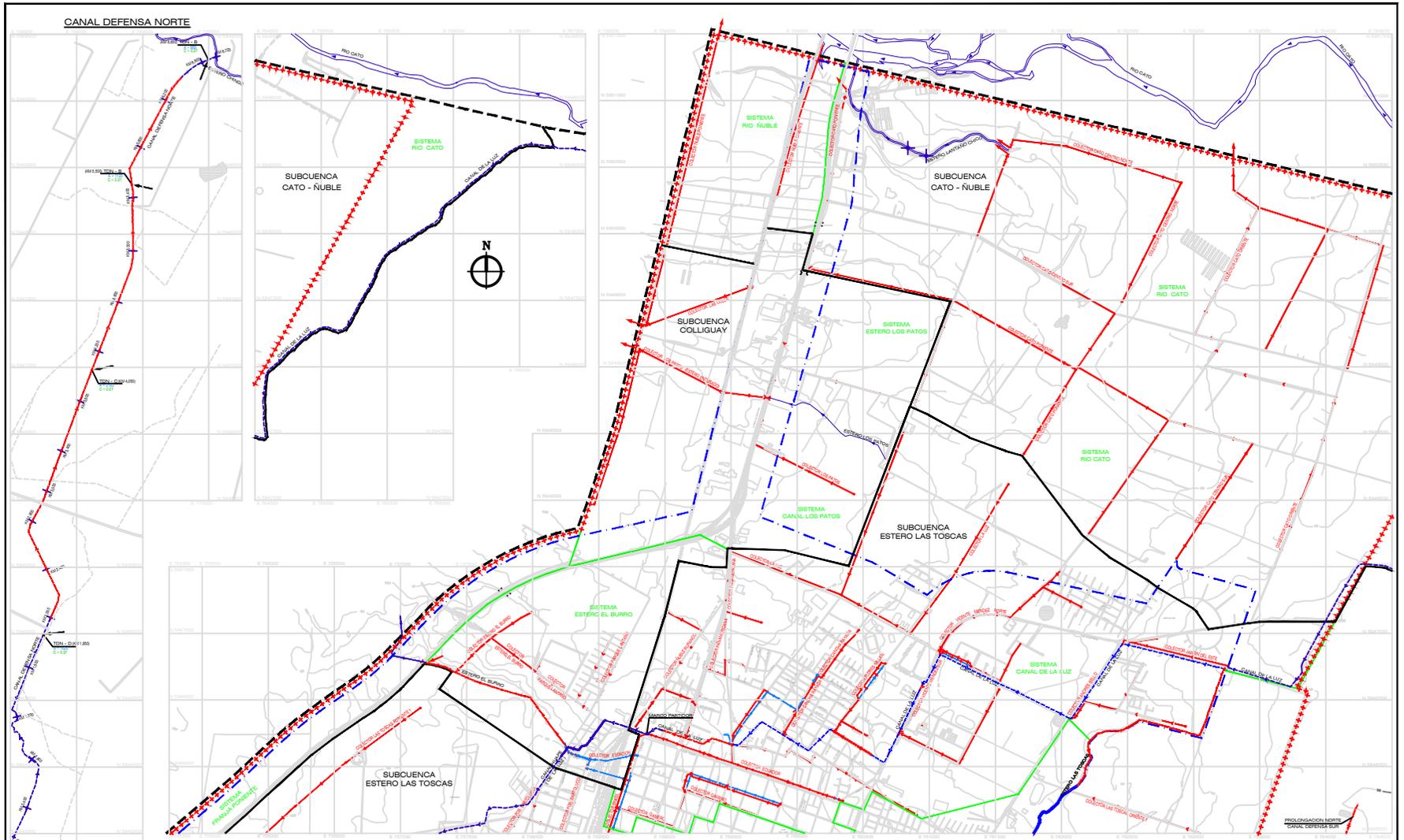
Cuadro N°19

Redes Primaria y Complementaria: Montos de Inversión, Operación y Mantenimiento (Continuación)

Subcuenca Sistema	Nº	Nombre del Colector	Código	Período de Retorno (Años)	Costo Anual de Mantenimiento y Operación (UF)			Costo de Inversión (UF)		
					Red Primaria	Red Complementaria	Total	Red Primaria	Red Complementaria	Total

Subcuenca Estero Río Viejo											
Estero Río Viejo	84	Mejoramiento Estero Río Viejo									
	84a	Cauce Estero Río Viejo		10	34	0	34	3.436	0	3.436	
	84b	Canal Colector + Estanque Reg.		10	178	0	178	17.767	0	17.767	
	85	Colector Serrano	RV-01	2	158	58	216	15.841	5.776	21.617	
	86	Colector Mariano Egaña	RV-02	2	166	70	236	16.585	6.967	23.552	
	87	Colector Camino Yungay	RV-101	2	182	0	182	18.184	0	18.184	
	88	Colector Baquedano Sur	RV-103	2	215	1	216	21.496	113	21.609	
	89	Colector Anibal Pinto	RV-112	2	1.354	231	1.585	135.356	23.103	158.459	
	90	Colector Huambalí	RV-113	2	726	302	1.028	72.587	30.178	102.765	
	Total Sistema Estero Río Viejo					3.013	661	3.674	301.252	66.137	367.389
										Total Subcuenca Estero Río Viejo	367.389
Subcuenca Río Chillán											
San Bartolomé	91	Colector Antonio Varas	CH-138	2	202	261	462	20.170	26.059	46.229	
	92	Colector Río Chillán	CH-301	2	839	11	850	83.858	1.122	84.980	
	Total Sistema San Bartolomé					1.040	272	1.312	104.028	27.181	131.209
Puente El Saque	93	Colector las Margaritas	CH-04	2	13	26	39	1.301	2.604	3.905	
	94	Colector Quilmo	CH-108	2	73	34	107	7.260	3.448	10.708	
	95	Colector San Ignacio	CH-109	2	478	98	576	47.780	9.815	57.595	
	Total Sistema Puente El Saque					563	159	722	56.341	15.867	72.208
Canal Defensa Sur	96	Mejoramiento Canal Defensa Sur		25	98	0	98	9.816	0	9.816	
	97	Colector Defensa Sur	DS-301	5	558	0	558	55.830	0	55.830	
	Total Sistema Canal Defensa Sur					656	0	656	65.646	0	65.646
										Total Subcuenca Río Chillán	269.063
				TOTAL	26.469	4644	31113	2.702.497	464.367	3.166.864	

UF de referencia: \$16.200, del día 14 de abril de 2002



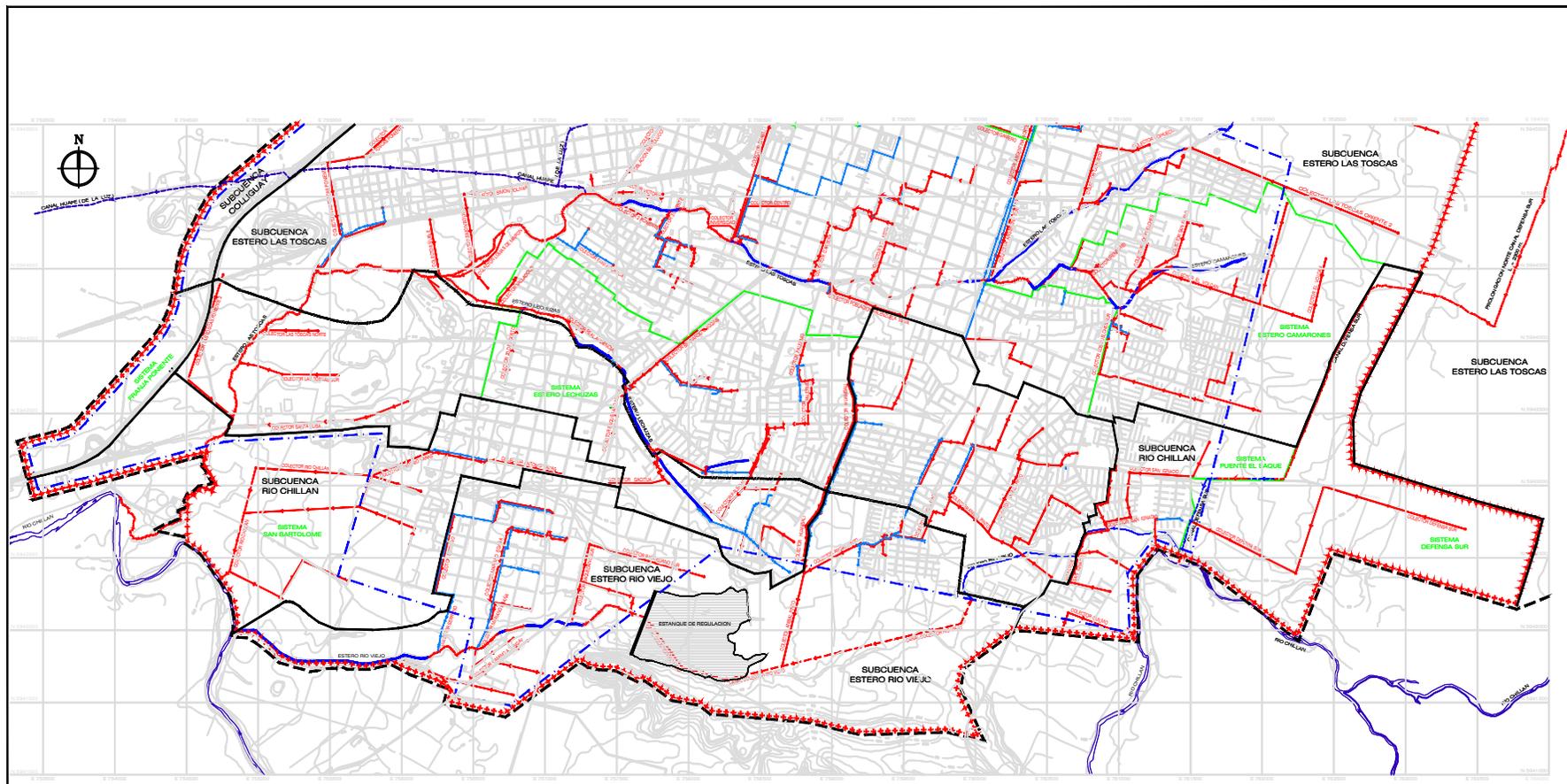
SIMBOLOGIA

- LÍMITE CUENCA APORTANTE
- - - - LÍMITE AREA DE ESTUDIO
- LÍMITE COMUNAL ACTUAL
- LÍMITE URBANO ACTUAL
- LÍMITE SUBCUENCAS
- LÍMITE SISTEMAS
- ANIVASADO PROYECTADO
- CANAL EXISTENTE PRIMARIO
- CANAL PROYECTADO O MEJORADO PRIMARIO
- RIO O ESTERIO EXISTENTE PRIMARIO

LEYENDA

- CANAL ENTUBADO PROYECTADO PRIMARIO
- CAMARA EXISTENTE COLECTOR AGUAS LUVIAS
- COLECTOR AGUAS LUVIAS EXISTENTE (17) 400mm IV
- COLECTOR AGUAS LUVIAS EXISTENTE (17) 300mm IV
- NODO PROYECTADO DE ADECUACION CAMARA (17) 400mm IV
- NODO Y CAMARA PROYECTADA
- REFUERZO COLECTOR EXISTENTE EN UN TRAMO
- NODO DE CAUCES Y CANALES EXISTENTES
- DESGARGA PROYECTADA
- DIAMETRO EXISTENTE
- DIAMETRO PROYECTADO

PROYECTO: CONSULTORIA PM-13	PLANO: PLAN MAESTRO DE BIVAGUACION Y DRENAJE DE AGUAS LUVIAS DE CHILLAN Y CHILLAN VEJO	SECCION: VII	FECHA: JULIO 2009	ESCALA: SIN ESCALA	FIGURA N°: 8
TITULO: DEFINICION RED PRIMARIA (1/2)		INSTITUCION: SIVIS			



- SIMBOLOGIA**
- LIMITE CUENCA APORTANTE
 - LIMITE AREA DE ESTUDIO
 - LIMITE COMUNAL ACTUAL
 - LIMITE URBANO ACTUAL
 - LIMITE SUBCUENCAS
 - LIMITE SISTEMAS
 - X ATRAVESO PROYECTADO
 - CANAL EXISTENTE PRIMARIO
 - CANAL PROYECTADO O MEJORADO PRIMARIO
 - RIO O ESTERO EXISTENTE PRIMARIO

- CANAL ENTUBADO PROYECTADO PRIMARIO
- CAMARA EXISTENTE COLECTOR AGUAS LUVIAS
- COLECTOR AGUAS LUVIAS EXISTENTE (E) 300MM
- COLECTOR AGUAS LUVIAS EXISTENTE (E) 300MM
- NODO PROYECTADO DE MODULACION (CAMARA) (E) 300MM
- COLECTOR Y CAMARA PROYECTADA
- REFUERZO COLECTOR EXISTENTE EN UN TRAMO
- NODO DE CAUCES Y CANALES EXISTENTES
- DESCARGA PROYECTADA

- LEYENDA**
- DIAMETRO EXISTENTE
 - DIAMETRO PROYECTADO

PROYECTO:	CONSULTORIA PM-13 PLAN MAESTRO DE EVACUACION Y DRENAJE DE AGUAS LUVIAS DE CHILLAN Y CHILLAN VIEJO	PLANO:	DEFINICION RED PRIMARIA (2/2)
FECHA:	JULIO 2003	ESCALA:	EN ESCALA
		HOJA N°:	9

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 Conclusiones

11.1.1 Diámetros de la Red Propuesta

La ciudad de Chillán, se extiende en una superficie apreciablemente horizontal con lo que resulta una red de colectores con diámetros grandes y, por lo tanto, de alto costo en relación a otras ciudades con mayor gradiente gravitacional.

11.1.2 Longitud de Colectores Proyectados

En el Cuadro N°20 se resume la proporción en que se distribuyen los colectores, tanto en la red urbana como de expansión, por sistemas.

Cuadro N°20
Longitud de Colectores Proyectados

Sistemas	Zona de Expansión		Zona Urbana	
	Primaria m	Complementaria m	Primaria m	Complementaria m
Río Cato	20.858	-	-	-
Río Ñuble	2.415	-	-	-
E. Los Patos	6.690	-	-	-
E. El Burro	1.114	-	1.331	1.014
Canal de La Luz	4.127	-	17.830	14.250
Las Toscas	5.788	-	16.882	21.321
Camarones	-	-	7.438	4.782
Lechuzas	-	-	6.083	8.623
Río Viejo	-	-	15.025	7.725
Subcuenca Chillán	3.974	205	5.502	4.038
Canal Defensa Sur	2.474	-	-	-
Sub Total	47.440	205	70.091	61.753
Red Primaria Proyectada	117.529 m			
Complementaria Proyectada	61.958 m			

Se aprecia que en la red urbana las longitudes de colectores proyectados para la red primaria y secundaria son sensiblemente parecidas, la diferencia la hace el área de expansión como se puede apreciar en el Cuadro N°21.

Cuadro N°21
Resumen de Longitudes de Redes

Zona de Expansión		Zona Urbana	
Red Primaria m	Red Complementaria m	Red Primaria m	Red Complementaria m
47.438	205	70.091	61.753
Total Red Primaria Proyectada		117.529 m	
Total Red Complementaria Proyectada		61.958 m	

11.1.3 Utilización de la Red Existente

La red existente, catastrada en su oportunidad, que aparece descrita por diámetros en las columnas 1 y 2 del Cuadro N°22, fue aprovechada en gran parte en la solución propuesta. En efecto, de los 56.861 m de longitud que tiene dicha red de colectores se utilizan 39.900 m. Pero, a la primera cifra deberá descontársele los colectores bajo 250 mm, unos 13.000 m, lo que deja para aprovechamiento efectivo 43.800 m. En consecuencia, solamente unos 4.000 m de colectores existentes, mayores de 250 mm, no se utilizarían en la red propuesta. Finalmente, el porcentaje de red existente utilizada se resume en el mismo cuadro según su diámetro. Puede verse que para los diámetros desde 700 mm hasta 1.100 mm el aprovechamiento es, en promedio, de casi el 95%. Los diámetros de 1.200 mm sólo se utilizaron en un 57%, debido a la dificultad colocar refuerzos junto a estos colectores.

Cuadro N°22
Red Existente y su Utilización en la Red Planificada

D (mm) (1)	Red Total Existente m (2)	Red Primaria		Red Complementaria		Total Aprovechado % (7)
		Existente m (3)	Utilizada % (4)	Existente m (5)	Utilizada % (6)	
D<=250	3.767		0,0	629	16,7	16,7
300	9.545	616	6,5	3.739	39,2	45,6
400	11.290	1.205	10,7	6.085	53,9	64,6
500	6.347	1.179	18,6	4.975	78,4	97,0
600	8.238	2.769	33,6	3.212	39,0	72,6
700	1.676	1.252	74,7	287	17,1	91,8
800	7.297	6.845	93,8	126	1,7	95,5
900	1.542	1.292	83,8			83,8
1.000	2.577	2.389	92,7			92,7
1.100	1.682	1.682	100,0			100,0
1.200	2.890	1.635	56,6			56,6
Totales (m)	56.851	20.864	-	19.053	-	-

(1) Diámetros

(2) Red Catastrada

(3) Aprovechado en Red Primaria

(4) Aprovechado en %

(5) Aprovechado en la Red Complementaria

(6) Aprovechado en %

(7) Aprovechado en ambas redes

11.1.4 Costo de Inversión en Redes

En conformidad a las inversiones en las redes primaria y complementaria de la zona urbana actual (sin considerar el mejoramiento de los cauces) se tiene una proporción 70% y 30%, respectivamente. Al considerar los mejoramientos de cauces como parte de la red primaria los valores varían a 77% y 23%.

11.1.5 Inversión Según Superficie de Área Drenada

Del Cuadro N° 13.1-9 del Informe Final se obtienen los siguientes parámetros mencionados: superficie y relación Costo de inversión/superficie.

- Sector Urbano:

superficie drenada	2.298 há
relación costo inversión / superficie	421,3 UF/há

- Sector de Expansión:

superficie drenada	3.845 há
relación costo inversión / superficie	280,6 UF/há

De las cifras del cuadro mencionado y de estos totales se desprende que:

- Menos dos casos, P1 y P-17b, el resto de los proyectos urbanos tienen una inversión por hectárea homogénea, lo que los hace comparables. P-1 es un proyecto con inversión baja, debido a que aprovecha casi toda su estructura existente y P-17b requiere un largo colector, por la distancia a que se encuentra el cauce receptor.
- Por otra parte, la comparación de las relaciones Costo de inversión por hectárea entre las zonas urbanas y de expansión indican primero: que en la zona de expansión se ha proyectado prácticamente su red primaria y segundo: que si se mantienen los patrones de ocupación de suelo del área urbana actual, la red complementaria que requerirá la zona de expansión haría subir en ella la inversión por hectárea en unas 141 UF/há adicionales, es decir, una inversión total de UF 541.000.

11.2 Recomendaciones

A continuación se anotan algunas medidas no estructurales que tienen por objetivo incrementar el beneficio de la red de aguas lluvia, mediante la simple participación de la comunidad, la que deberá mirar este bien de uso público como un elemento importante en el mejoramiento de su calidad de vida.

11.2.1 Protección y Habilitación de los Cauces Receptores

Los cauces receptores en la ciudad de Chillán sufren dos tipos de atentados de parte de los habitantes, que son considerados muy graves. El primero es la ocupación de riberas de cauces naturales y el segundo es la utilización de ellos como transportes de basuras y desperdicios domésticos.

- **Ocupación de Riberas**

Se recomienda definir claramente y de forma perentoria el carácter de área de restricción absoluta de la franja que corresponde al cauce y a su área de inundación, tal como lo contempla la Dirección General de Aguas. Al día de hoy se pueden observar tramos de algunos esteros que escurren estrechamente limitados por fondos de patios particulares, no dejando otro acceso a esas zonas que no sea por el propio cauce.

Por lo anterior, se recomienda que los Planes Reguladores futuros definan las áreas con prohibición absoluta del uso del suelo en los cauces naturales. Por los mismos motivos se podrá exigir la devolución de la franja ocupada, ya que se requerirá para la ejecución de obras de mejoramiento del cauce, que se contemplan en el presente Plan Maestro.

- **Cauces como Receptáculos de Basura**

Este tema debería ser abordado de una manera intensiva por parte de la autoridad comunal competente, hasta terminar con esta práctica ciudadana. Los cauces naturales muestran en general una gran cantidad de desechos: plástico, escombros, artefactos domésticos, etc., lo que quita capacidad de porteo a los cauces receptores en general. Este hábito de cuidar un bien de uso público debiera radicarse en la enseñanza básica y debiera contar con el apoyo comunal, mediante campañas para educar a jóvenes y adultos.

- **Habilitación de los Cauces**

En el caso de grandes tormentas, es decir aquellas que superan de manera importante el período de retorno del sistema de soluciones propuestas (por ejemplo las tormentas con $T_r = 10$ o más años), el agua colectada superará la capacidad de los colectores y escurrirá por las calles hasta alcanzar un cauce receptor, que la lleve fuera de la ciudad. En otras palabras, el cauce receptor debería tener la capacidad de conducción adecuada para proteger la ciudad de inundaciones, aún si no se han implementado los colectores. Por esta razón, las obras de acondicionamiento de cauces se consideran con primera prioridad.

11.2.2 Carácter del Plan Maestro

El Plan Maestro, para ser de utilidad, debiera tener un carácter normativo que vaya más allá de la simple definición de la Red Primaria. En este sentido debiera utilizarse como guía obligada para la planificación de pavimentación de nuevas calles en zonas rurales, en los proyectos de nuevas urbanizaciones, etc. Por lo anterior, en el futuro próximo, el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Chillán y Chillán Viejo debería formar parte del Plan Regulador.

11.2.3 Obras Básicas de Aplicación General

Esta indicación, aún cuando es estructural, apunta a la exigencia de implementar obras de retención e infiltración dispuestas bajo los pavimentos y con anterioridad a que éstos se construyan.

Sabido es que los colectores de aguas lluvia son obras de alto costo, por lo que la disminución del gasto afluente a ellos puede significar gran economía. Las urbanizaciones de viviendas económicas transforman la escorrentía del suelo considerablemente al dejar poco terreno sin revestir (techos, veredas y calles). Comparativamente, las urbanizaciones con viviendas de mayor costo, las que pueden llegar hasta parcelas, generan coeficientes de escorrentías sensiblemente menores. Por tal motivo, la forma de mitigar el incremento de escorrentía en el primer caso sería la implementación de obras que retarden la llegada del agua hasta el colector.

11.2.4 Análisis de las Soluciones para una Construcción Progresiva

En una planificación a 30 años como las de los Planes Maestros, es lógico que resulten obras sobredimensionadas, toda vez que deban operar tempranamente en el horizonte del proyecto. Por tal motivo, las obras de mayor costo debieran analizarse, en la etapa de proyecto, para construirlas por parcialidades y evitar, en lo posible, el adelanto de inversiones de magnitudes importantes. Sin perjuicio de lo anterior, las nuevas obras debieran revisar y actualizar el Plan Maestro al menos cada diez años.

11.2.5 Mantención de las Obras

El comportamiento eficiente de la red de colectores depende en gran medida de una adecuada mantención de sumideros y ductos. Se evita la llegada de sedimento a los tubos en la medida que se limpien las calles después de las tormentas más intensas. En resumen, la limpieza de calles, sumideros y ductos son las labores que se deben programar desde el otoño hasta la primavera de cada año.