

**CONSULTORIA PM-36
ACTUALIZACIÓN Y AMPLIACIÓN COBERTURA PLAN
MAESTRO DE AGUAS LLUVIAS, VALDIVIA, XIV REGIÓN DE
LOS RÍOS**

RESUMEN EJECUTIVO

ENERO - 2014

AYALA, CABRERA Y ASOCIADOS LTDA.
AC INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

FIDEL OTEÍZA 1971 OF. 701 - PROVIDENCIA - SANTIAGO
TELÉFONO 2097179 - FAX 2097103

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	ÁREA DE ESTUDIO	5
3.	ANTECEDENTES GENERALES	5
4.	RESEÑA HISTÓRICA DEL MANEJO DE LAS AGUAS LLUVIA.....	6
5.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	7
6.	CARTOGRAFÍA DEL ESTUDIO	7
7.	HIDROLOGÍA.....	8
7.1	PLUVIOMETRÍA.....	8
7.2	FLUVIOMETRÍA.....	12
7.3	ESTUDIO DE MAREAS	12
8.	SUELOS.....	12
8.1	USO ACTUAL DE SUELOS.....	13
8.2	USO FUTURO DE SUELOS	13
8.3	COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA	14
8.4	TASA DE IMPERMEABILIZACIÓN	16
9.	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	16
10.	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE INUNDACIÓN.....	17
11.	PATRÓN DE DRENAJE	19
12.	DIAGNÓSTICO	19
12.1	CALIBRACIÓN DE LOS MODELOS	20
12.2	CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO.....	23
12.2.1	Sector Suroriente.....	23
12.2.2	Sector Barrios Bajos	24
12.2.3	Sector Isla Teja.....	24
12.2.4	Sector Norte.....	25
12.3	SELECCIÓN DE ÁREAS A SANEAR	25
13.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	26
14.	DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES	27
15.	ANÁLISIS AMBIENTAL	29
16.	EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN.....	30
17.	EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN	31
18.	DEFINICIÓN DE RED PRIMARIA	36
19.	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES.....	40
20.	RECOMENDACIONES	40

1. **INTRODUCCIÓN**

La construcción de sistemas integrales de evacuación de aguas lluvias en los centros urbanos se ha empezado a desarrollar ampliamente en la última década. No obstante, aún se encuentra por debajo de otras inversiones en infraestructura pública urbana, tales como concesiones viales, pavimentación de calles, construcción de plazas y áreas verdes, etc., en general el mejoramiento de las redes de evacuación de aguas lluvias ha sido postergado por los elevados costos de inversión, y por razones de tipo legal, entre otras causas.

Dentro de las dificultades administrativas que impidieron el desarrollo de nuevos proyectos en el sector, destaca la situación producida a fines de la década de 1980, en que se eliminó el Servicio Nacional de Obras Sanitarias, SENDOS, creándose empresas sanitarias regionales, dependientes de la Corfo. En dicha oportunidad, considerando que el objetivo final de la modificación era la regionalización y posterior privatización de las empresas creadas, se traspasó desde SENDOS a dichas empresas los activos y la responsabilidad por los servicios de agua potable y alcantarillado, excluyéndose el tema de las aguas lluvias, cuya baja rentabilidad privada podría hacer menos atractivas las empresas a los potenciales inversionistas privados.

El crecimiento de los principales centros urbanos, y la generalizada disminución de la masa forestal de los sectores rurales ubicados en la periferia de dichas urbes, y de la cobertura vegetal de los suelos en general, provocaron una disminución del porcentaje de la escorrentía producida por lluvia que se infiltra en forma natural, aumentando por consiguiente los caudales que deben ser absorbidos por las redes de aguas lluvias existentes. En general, lo anterior se tradujo en un incremento de los problemas de inundaciones por aguas lluvias en las distintas ciudades del centro y sur del país, ocasionando pérdidas de bienes públicos y privados, problemas sanitarios, y negativos impactos para la calidad de vida de la población afectada.

Adicionalmente, otro aspecto que contribuyó a aumentar los problemas de inundaciones por aguas lluvias, fue la existencia de las llamadas redes unitarias de alcantarillado, que simultáneamente evacúan aguas servidas y aguas lluvias. En el caso de Valdivia, dichas redes unitarias constituyen del orden del 30% del total de la red existente, y cubren especialmente la zona centro y centro-sur de la ciudad. Dichas redes principales, debido al aumento de la población, y al aumento de las dotaciones medias de agua potable por el mejoramiento del nivel de vida de la población, reciben actualmente un mayor caudal de aguas servidas respecto de los años anteriores, disminuyendo por tanto su capacidad de conducción de aguas lluvias.

Por otra parte, la creciente preocupación ambiental por los efectos nocivos de las descargas de aguas servidas sin tratar a cauces naturales o

artificiales, agregó un aspecto adicional de presión por la materialización de inversiones que permitan contar con redes separadas de aguas lluvias y aguas servidas. Lo anterior se debe a que la capacidad requerida de futuras plantas de tratamiento se hace significativamente mayor al incorporarse aguas lluvias que aumentan considerablemente los volúmenes que requieren tratamiento.

Considerando los aspectos anteriores, el 10 de noviembre de 1997 se promulgó en el Diario Oficial la Ley N° 19.525, que regula los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias. Dicho cuerpo legal modificó el ámbito de la entonces Dirección de Riego, que pasó a denominarse Dirección de Obras Hidráulicas, y se le agregó 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.

Asimismo, la misma ley asignó al Ministerio de Vivienda y Urbanismo la responsabilidad por realizar el estudio y proponer la dictación de las normas técnicas nacionales para evacuación de aguas lluvias a través de redes secundarias de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias, que empalmen con la red primaria de sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

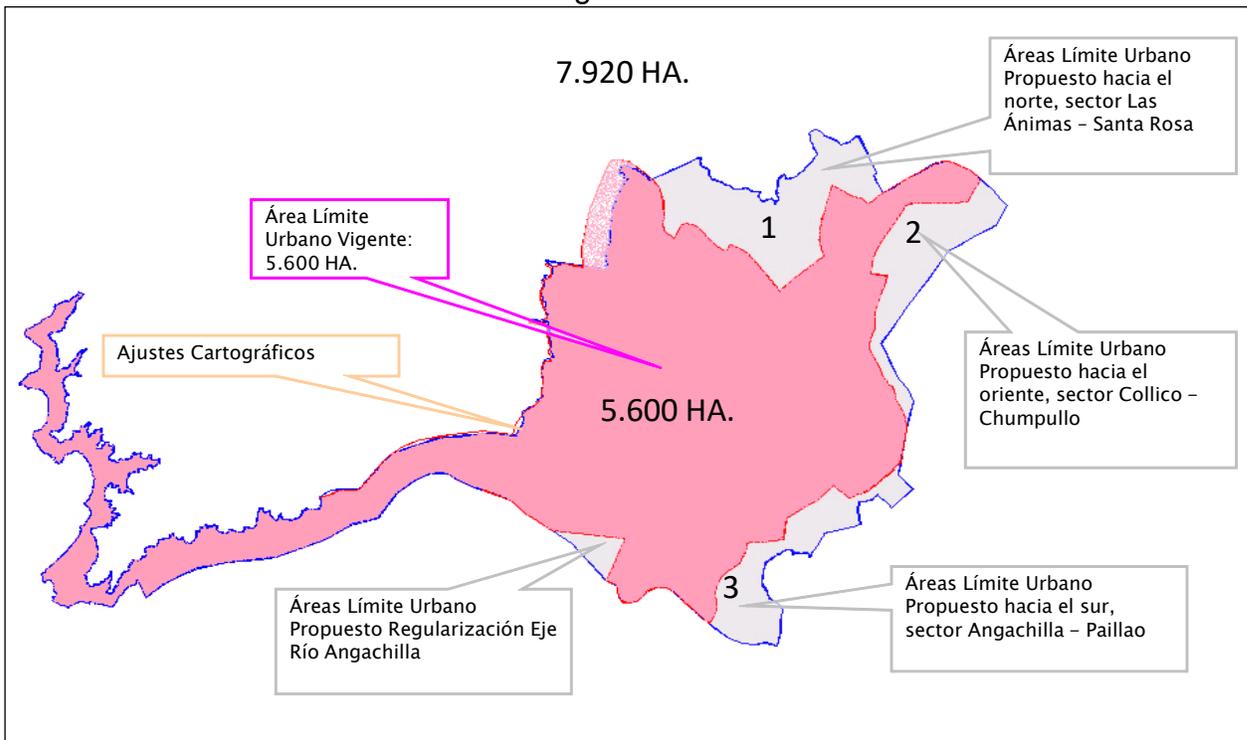
Para la materialización de las disposiciones anteriores, la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas estudió y puso en marcha un programa orientado al desarrollo de los respectivos Planes Maestros de Aguas Lluvias. Así es como en el Año 2002 se aprobó el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Valdivia, desarrollado por la consultora AC Ingenieros Consultores Ltda., en el cual se definió la red primaria de aguas lluvias. El área de estudio del Plan Maestro se basó en el Plan Regulador existente a la fecha que había sido aprobado por Decreto Supremo del año 1988 y sus modificaciones posteriores. Además se consideraron algunos sectores potencialmente urbanizables ubicados al norte de la ciudad.

Desde esa fecha hasta ahora la ciudad de Valdivia ha experimentado un importante crecimiento, que se ha visto potenciado al constituirse como capital de la nueva Región de Los Ríos creada el año 2007, todo lo cual justifica la necesidad de actualizar el Plan Maestro, incorporando áreas que se han urbanizado y que no cuentan con soluciones en materia de drenaje urbano.

Asimismo interesa actualizar la evaluación económica de los proyectos de evacuación de aguas lluvias propuestos en el Plan Maestro con la metodología vigente aprobada por Mideplan el año 2006, de manera de conocer la rentabilidad social de los proyectos y poder pasar a la fase de diseño aquellos proyectos que resulten rentables socialmente y sean prioritarios.

A partir del año 2004 se inició el estudio de un nuevo Plan Regulador de la ciudad, el cual se encuentra en trámite de aprobación y considera la incorporación de 2.320 ha de suelo al área urbana, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1-1
Plan Regulador Vigente y límite propuesto en estudio de Actualización del Plan Regulador



Puesto que la ciudad está creciendo hacia el norte, sur y oriente es que se definió como área de estudio de la Consultoría una que incluya los nuevos sectores de expansión urbana. No se consideró en este estudio los sectores ubicados al poniente del río Cruces, ya que en esos sectores se encuentra vigente el Plan Maestro de Aguas Lluvias del año 2002.

El objetivo general de esta consultoría es el de actualizar y ampliar la cobertura del Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Valdivia.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El “área de estudio” comprende el área urbana definida en el Plan Regulador en proceso de aprobación con excepción de los terrenos ubicados al oriente del río Cruces y Río Valdivia a partir de la confluencia con el Río Cruces.

El “área de la cuenca aportante”, para efectos de este estudio incluye todas las cuencas aportantes de escorrentía que afectan, directa o indirectamente, el área de estudio (zonas urbanas y su proyección) o sus soluciones, para las cuales se evaluaron los parámetros hidrometeorológicos, hidráulicos, hidrológicos, geomorfológicos, de suelos y otros señalados en las secciones correspondientes.

3. ANTECEDENTES GENERALES

La ciudad de Valdivia se ubica aproximadamente a 840 Km al sur de la ciudad de Santiago, capital del país, y 210 Km al norte de Puerto Montt. Pertenece a la comuna y provincia del mismo nombre, se inserta en la XIV Región de los Ríos, denominada Región de Los Ríos, que está integrada por las provincias de Valdivia y Ranco.

A nivel provincial, la comuna de Valdivia se ubica en el extremo poniente de la provincia, limitando al norte con la comuna de San José de la Mariquina, al nor-este con la comuna de Máfil, al este con la comuna de Los Lagos, al sur-este con la comuna de Paillaco, al sur con la comuna de Corral y al oeste con el Océano Pacífico.

El clima predominante en la comuna corresponde al clima de costa occidental con influencia mediterránea, propio de la depresión intermedia y la Cordillera de la Costa. La precipitación media anual supera los 2.000 mm, siendo los meses más lluviosos mayo, junio y julio, con una precipitación de entre 283 y 326 mm mensuales.

La temperatura diaria promedio entrega un valor de 12,9 °C al año, con máximas en los meses de diciembre, enero y febrero, la que fluctúa entre los 17,1 y 18,2 °C promedio, en tanto que la temperatura diaria promedio mínima corresponde a 7,8 °C en agosto.

El subsistema estuario, que es navegable en casi toda su extensión, presenta grandes sectores de vegas post-glaciales, las que sufren anegamientos en forma periódica o están permanentemente sumergidas. El terremoto de 1960, que significó el hundimiento de grandes superficies de terreno del estuario, cambió las condiciones topográficas, incorporando nuevos terrenos al área afectada por los efectos de mareas y haciendo más importantes los efectos de ésta sobre otras áreas.

El efecto de las mareas se transmite río arriba, en el caso del río Calle-Calle, casi 15 Km hasta la localidad de Pishuinco.

Los ríos que aportan al subsistema son el Cruces, Ñaquel, Nahuilán, Futa y Calle-Calle. Además, frente a la ciudad de Valdivia se unen los ríos Calle-Calle y Cau-Cau, dando origen al río Valdivia.

En cuanto a antecedentes demográficos, de acuerdo al último censo de 2002, la población urbana actual de la ciudad de Valdivia es de aproximadamente 129.401 habitantes, en tanto que la actual población comunal (urbana y rural) es del orden de 140.520 habitantes.

En lo que respecta a la red vial estructurante, la morfología del casco urbano, que se extiende a lo largo de las riberas de los ríos Calle-Calle y Valdivia, genera conflictos viales. No obstante, se están desarrollando los proyectos viales del Puente Santa Elvira y el Puente Cau-Cau, el primero mejorará la conectividad entre el Norte y el Sur de la ciudad, mientras que el segundo conectará el Norte en el sector de Las Ánimas, con la isla Teja y hacia la costa. Es decir, se descongestionará la ciudad al proyectar rutas que interconectarán los accesos norte y las salidas a la costa y a Isla Teja sin la necesidad de pasar por el interior.

Adicionalmente a lo anterior, se está proyectando la Circunvalación Sur que conectara en forma periférica por el sur el Oriente y Poniente de la ciudad.

4. RESEÑA HISTÓRICA DEL MANEJO DE LAS AGUAS LLUVIA

Hasta el año 1953, las obras de ingeniería sanitaria en el país dependían de dos organismos del Estado, el Departamento de Hidráulica del Ministerio de Obras Públicas y la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado del Ministerio del Interior. En ese año, se refundió dichos organismos en uno sólo, la Dirección de Obras Sanitarias (D.O.S.), que tenía como funciones estudiar, proyectar, construir, reparar, conservar, explotar, mejorar y administrar los servicios de agua potable, alcantarillado y desagües que se ejecutasen con fondos del estado o aportes.

Hasta mediados de 1977, el sector estuvo entregado también a la responsabilidad de otras instituciones. Esta multiplicidad de organismos con funciones semejantes, no permitía la formulación de soluciones para problemas cuya persistencia estaba deteriorando el sector sanitario, por lo que en ese año se creó el Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS) que integró institucionalmente a todas las entidades que operaban en el sector. Se encontraba formada por una Dirección Nacional y once Direcciones Regionales, una en cada región administrativa del país.

Posteriormente, se transformó a SENDOS en sociedades anónimas, con participación del Fisco y de CORFO en porcentajes iniciales de 1% y 99% respectivamente para cada empresa regional. Es así como en la Región de Los Lagos se creó la Empresa de Servicios Sanitarios de Los Lagos ESSAL, y posteriormente, en julio de 1994, la sociedad Aguas Décima S.A., para la ciudad de Valdivia, responsables del tema de agua potable y alcantarillado de la región, sin obligación en el trato y manejo de las aguas lluvias.

Como ya se dijo anteriormente, según la Ley N° 19.525 de noviembre de 1997, a nivel de redes primarias la encargada del tema de aguas lluvias es la Dirección de Obras Hidráulicas, perteneciente al Ministerio de Obras Públicas, mientras que las redes complementarias son de responsabilidad del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

5. RECOPILACIÓN 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, Aguas Décima S.A., la Ilustre Municipalidad de Valdivia, la Dirección General de Aguas y otras. La información recopilada fue separada en proyectos de evacuación de aguas lluvia, antecedentes hidrológicos, antecedentes de uso del suelo y urbanísticos, cartografía del estudio y otros antecedentes.

6. CARTOGRAFÍA DEL ESTUDIO

La Cartografía del Plan Maestro de 2002 corresponde a una cartografía digitalizada, a escala 1:2000, con curvas de nivel cada 2m, elaborada con fotografías aéreas a escala 1:8000, obtenidas en vuelos SAF realizados entre 1992 y 1994. Dicha cartografía cubre el casco urbano de la ciudad de Valdivia en una extensión de unos 42 km². Sin embargo, el área aportante a la zona de estudio abarca una superficie mayor por lo que fue necesario complementar dicho antecedente con la cartografía IGM digitalizada escala 1:50.000 con curvas de nivel cada 25m.

Se actualizó y extendió la cartografía del Plan Maestro 2002 con el Levantamiento Aerofotogramétrico considerado en el presente estudio, y la cartografía IGM digitalizada escala 1:50.000 con curvas de nivel cada 25m.

Se intentó realizar un análisis de cotas respecto a la referencia altimétrica de “Las Marías” y las Referencias del SHOA. Dicha verificación no pudo realizarse pues la única referencia oficial de altura es la que presentó el IGM asociada al punto de “Las Marías”, pues el SHOA, ante la solicitud de información altimétrica declaró que los PRs “CF2V” y “CVAL”, ubicados en la ciudad de Valdivia,

solamente poseen altura elipsoidal, en tanto que en el estudio consultado se requiere de alturas geométricas.

Para utilizar la información planimétrica del catastro del Plan Maestro se desplazaron y ubicaron las cámaras y sumideros utilizando como referencia las calles coincidentes entre ambas cartografías. Para referenciar altimétricamente el catastro, se midieron una serie de cámaras del Plan Maestro 2002 con la referencia altimétrica del presente estudio (IGM Las Marías H2 1 BX año 1964) detectándose una diferencia del orden de los 0,3m. La referencia altimétrica del Plan Maestro era este mismo PR IGM de Las Marías, la diferencia es que en ese entonces la cota se obtenía del Anuario de Pilares de Nivelación y el valor de cota era distinto al del entregado en el certificado del presente estudio.

7. HIDROLOGÍA

El objetivo central del estudio hidrológico consistió en determinar las tormentas de diseño del área de estudio actualizadas, para diferentes períodos de retorno de las precipitaciones.

En lo que respecta a la fluviometría, se utilizó el estudio de crecidas en el río Calle-Calle y en el río Cruces, así como un estudio de mareas, del Plan Maestro del 2002, para generar por superposición de estos efectos los niveles en el río en la zona de estudio.

7.1 PLUVIOMETRÍA

Para la actualización del Plan Maestro de Valdivia, se ha obtenido la información pluviométrica que se detalla a continuación:

- Precipitaciones máximas en 24 horas observadas de las estaciones Panguipulli, Reumén, Valdivia Las Marías, Valdivia Pichoy, Purulón, San José de la Mariquina, Río Bueno y San Pablo, controladas por la DMC.
- Precipitaciones máximas en 24 horas observadas de las estaciones Lago Calafquén, Llancahue, Lago Ranco y Lago Riñihue, controladas por la DGA.
- Precipitaciones diarias de las estaciones Valdivia Pichoy (DMC) y Llancahue (DGA).

Con la información pluviométrica observada se han rellenado las estadísticas presentes en el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Valdivia, 2002, hasta contar con la estadística de precipitaciones máximas en 24

horas para todas las estaciones consideradas en el mencionado Plan Maestro para el período 1958 – 2010.

En los siguientes cuadros, se presenta las precipitaciones máximas en 24 hrs para distintos periodos de Retorno.

Cuadro 7.1-1:
Precipitaciones Máximas en 24 horas para Diferentes Períodos de Retorno [mm]

Estación	Periodo de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
Chanlelfu	123,1	160,9	185,1	215,0	236,8	258,2
Lago Calafquen	77,4	99,8	113,9	131,3	143,9	156,2
Central Pullinque	85,6	110,1	125,6	144,6	158,3	171,8
Panguipulli	97,0	132,1	155,2	184,3	206,0	227,7
Lago Riñihue	76,5	94,3	105,2	118,2	127,5	136,4
Reumén	100,2	124,9	140,1	158,4	171,4	184,1
Llancahue	69,9	90,6	103,7	119,9	131,6	143,1
Valdivia Las Marías	92,7	122,2	141,2	164,7	181,9	199,0
Valdivia DMC	77,1	99,3	113,4	130,7	143,2	155,4
Valdivia Pichoy	80,8	105,3	120,9	140,1	154,1	167,9
Loncoche	97,6	128,6	148,5	173,2	191,3	209,2
Purulón	92,4	131,5	158,1	192,5	218,6	245,1
San José de la Mariquina	72,3	93,6	107,1	123,7	135,7	147,5
Isla Teja	82,4	106,7	122,2	141,2	155,0	168,6
Lago Ranco	68,0	83,5	92,9	104,1	112,0	119,7
Futrono	55,6	72,9	84,0	97,7	107,8	117,7
Río Bueno	50,0	62,3	69,9	79,1	85,6	91,9
La Unión	61,7	77,0	86,5	97,9	106,0	113,9
San Pablo	56,5	70,8	79,7	90,5	98,1	105,6

Se realizó un análisis de recurrencia anual de lluvias a la estación Llancahue, y se ha comparado con el realizado anteriormente en el Plan Maestro de Valdivia, como se observa en el Cuadro 7.1-2.

Cuadro 7.1-2:
Comparación de Recurrencia Anual de Lluvias Diarias - Estación Llancahue

Año	Número de días con precipitación en el Intervalo							
	0 mm	0-10 mm	10-20 mm	20-40 mm	40-60 mm	60-80 mm	80-100 mm	> 100 mm
Promedio PM	185,67	117,31	32,83	22,17	5,97	0,92	0,22	0,17
Promedio Actualización	183,58	118,56	32,81	22,65	5,90	1,13	0,35	0,21

Dada su cercanía a la ciudad de Valdivia y la extensión de la serie observada de precipitaciones diarias, de casi 30 años, la estación Llancahue resulta apropiada para generar las curvas IDF (Intensidad, duración y frecuencia). Por otra parte, dada su condición de estación pluviográfica, posee antecedentes continuos de lluvias cada dos horas desde 1977, lo que proporciona información importante para el cálculo de los coeficientes de duración representativos del régimen de tormentas de la zona. Por otra parte, los coeficientes de frecuencia fueron obtenidos del análisis de frecuencia de la serie ampliada de precipitaciones máximas diarias de la misma estación.

En los siguientes cuadros y figuras se presentan y grafican los valores de las curvas IDF obtenidas.

Cuadro 7.1-3:
Intensidades por duración y frecuencia [mm/hr] - Estación Llancahue

Duración [hr]	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
0,167	37,32	48,37	55,39	64,01	70,27	76,43
0,333	26,06	33,78	38,69	44,70	49,08	53,38
0,500	20,66	26,78	30,67	35,44	38,91	42,32
0,667	17,40	22,56	25,83	29,85	32,77	35,64
0,833	15,20	19,69	22,55	26,06	28,61	31,12
1,000	13,53	17,53	20,08	23,20	25,47	27,70
1,167	13,52	17,52	20,06	23,18	25,45	27,68
1,333	12,69	16,45	18,84	21,77	23,90	26,00
1,500	12,00	15,56	17,82	20,59	22,60	24,59
1,667	11,42	14,80	16,95	19,59	21,50	23,39
1,833	10,92	14,15	16,21	18,73	20,56	22,36
2	9,49	12,30	14,09	16,28	17,87	19,44
4	7,42	9,61	11,01	12,72	13,96	15,19
6	6,38	8,27	9,47	10,94	12,01	13,06
8	5,77	7,48	8,57	9,90	10,87	11,82
10	5,23	6,78	7,77	8,98	9,86	10,72
12	4,70	6,09	6,98	8,06	8,85	9,63
14	4,40	5,70	6,53	7,54	8,28	9,01
16	4,12	5,34	6,11	7,06	7,75	8,43
18	3,89	5,04	5,77	6,67	7,32	7,97
20	3,63	4,71	5,39	6,23	6,84	7,44
22	3,43	4,44	5,09	5,88	6,45	7,02
24	3,20	4,15	4,75	5,49	6,03	6,56
48	2,33	3,03	3,46	4,00	4,40	4,78
72	1,82	2,36	2,71	3,13	3,43	3,73
96	1,58	2,05	2,35	2,72	2,98	3,24
120	1,43	1,85	2,12	2,45	2,69	2,93
144	1,33	1,72	1,97	2,28	2,50	2,72
168	1,27	1,64	1,88	2,17	2,38	2,59
192	1,22	1,58	1,81	2,09	2,29	2,49
216	1,17	1,52	1,74	2,01	2,21	2,40
240	1,11	1,43	1,64	1,90	2,08	2,26

Figura 7.1-1:
Curvas I-D-F Estación Llancahue – $t < 2$ horas

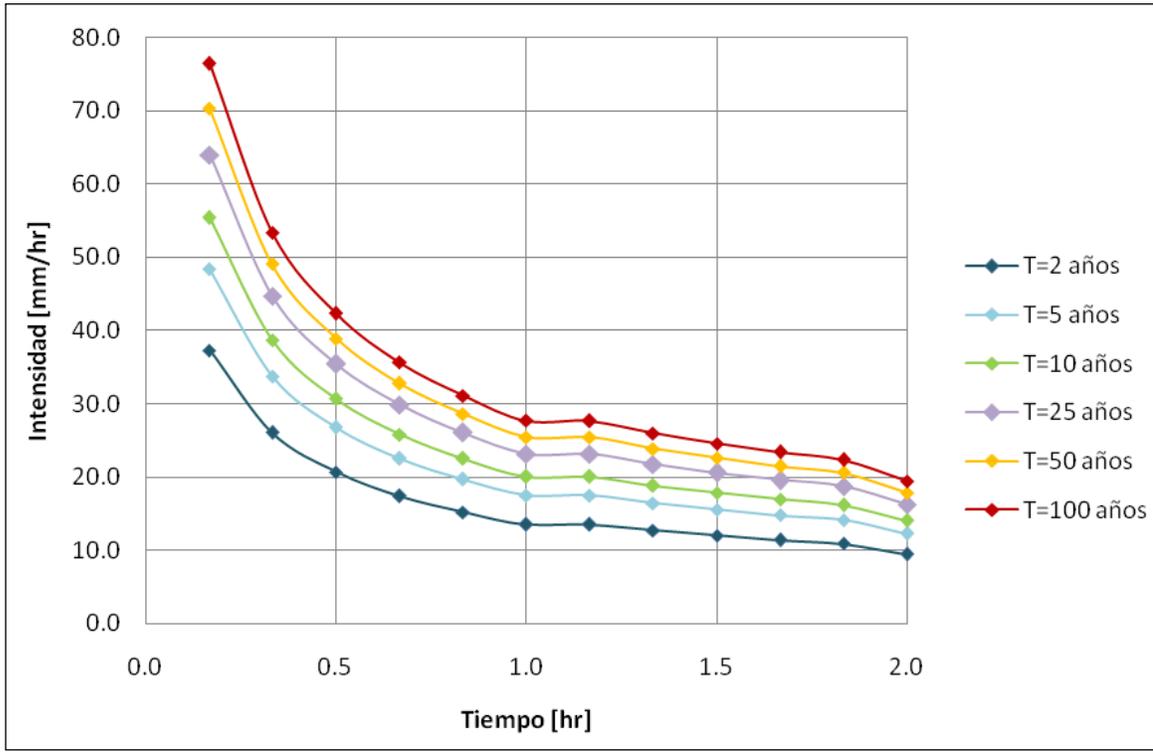


Figura 7.1-2:
Curvas I-D-F Estación Llancahue – $2 \text{ horas} < t < 24$

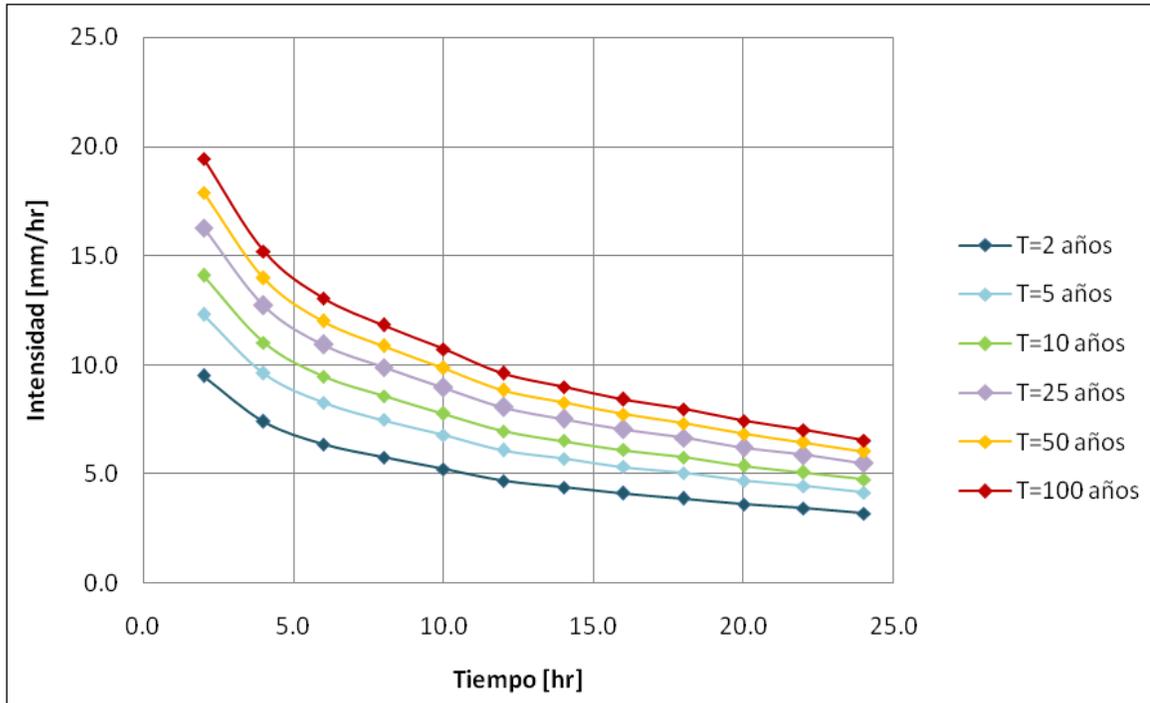
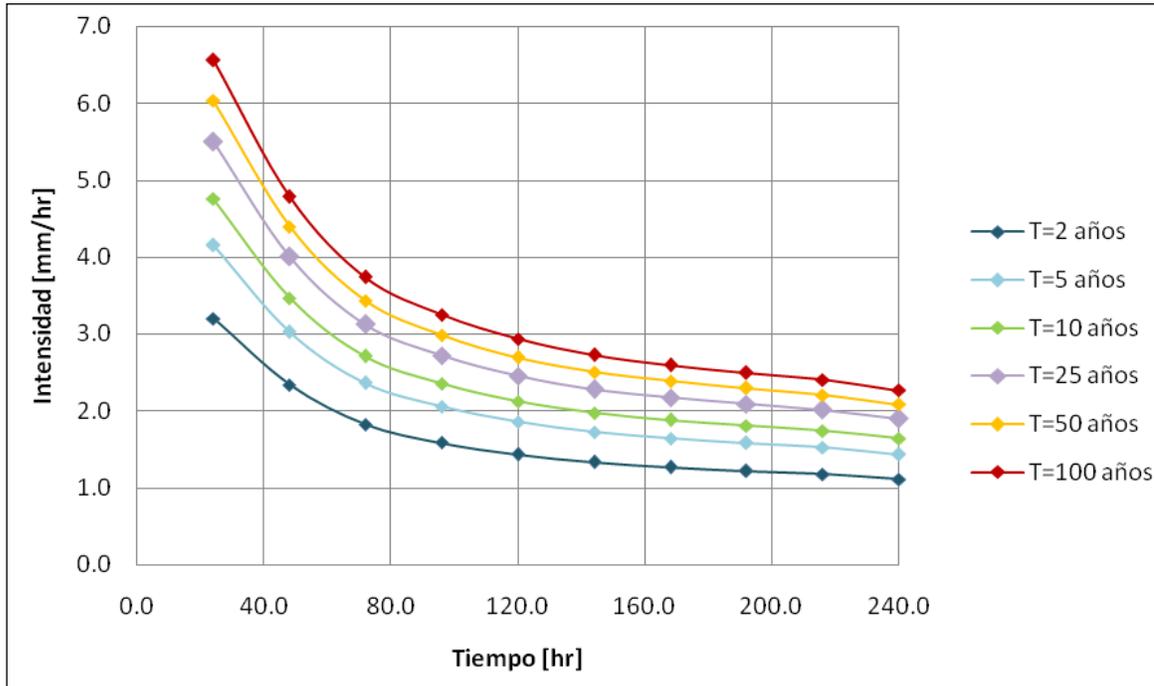


Figura 7.1-3:
Curvas I-D-F Estación Llancahue – 1 día<t<10 días



7.2 FLUVIOMETRÍA

Como se mencionó anteriormente, se utilizó la información Fluviométrica generada en el Plan Maestro del año 2002.

7.3 ESTUDIO DE MAREAS

Al igual que en el caso de la Fluviométrica, se utilizaron los resultados del Estudio de Mareas del Plan Maestro del 2002.

8. SUELOS

Las características de los suelos del área de estudio, en cuanto a la forma en que la precipitación se transforma en escorrentía superficial, son de gran importancia para la determinación de los caudales asociados a los distintos eventos de lluvia.

Por lo anterior, los suelos fueron clasificados en cuanto a su capacidad de retención, infiltración y potencial de generación de escorrentía. En las áreas no urbanizadas, la capacidad de retención depende básicamente de la cobertura vegetal

del área, y del tipo de vegetación existente, mientras que la capacidad de infiltración depende principalmente de la composición del suelo, además de otros aspectos tales como la pendiente y la presencia de napa freática a poca profundidad.

Los coeficientes de escorrentía en los sectores fuera del área de expansión urbana se estimaron en base a la información de suelos relevante, mientras que dentro del área urbana los coeficientes de escorrentía de cada uno de los sectores definidos se determinaron midiendo las superficies destinadas a los diferentes usos en áreas representativas, de modo de tener una composición porcentual de la cobertura urbana. Con dichos porcentajes, además de los respectivos coeficientes de escorrentía asignados a cada uno de los tipos de cobertura, se obtuvo finalmente un coeficiente de escorrentía representativo para cada sector o subsector de estudio, igual al promedio ponderado de los coeficientes asignados.

Como base para este análisis se utilizaron los antecedentes usados y plasmados en el Plan Maestro de 2002 y en los del Plan Regulador de la ciudad de Valdivia, en vías de aprobación.

Se definieron tasas de impermeabilización de los suelos según los usos definidos en el Plan Regulador. Es decir, para cada uso de suelo se definió una tasa de impermeabilización.

8.1 USO ACTUAL DE SUELOS

Se analizó el uso actual del suelo en toda el área urbana de la comuna de Valdivia definido en el Plan Maestro de 2002, y se decidió utilizar los mismos criterios y categorizaciones realizadas en el citado estudio.

Para actualizar la condición actual del uso de suelo, se sobrepuso el uso de suelo de ese estudio con la fotografía digital actual, tomada como parte del levantamiento aerofotogramétrico, y se identificaron los nuevos sectores desarrollados, los que corresponden principalmente a desarrollos inmobiliarios ubicados al sur de la ciudad hacia la zona de los Esteros Angachilla y Guacamayo. También existen nuevos desarrollos inmobiliarios en el sector norte de Las Ánimas y en el norte de Collico. Cada uno de estos nuevos sectores se asoció a alguna de las categorías definidas en el Plan Maestro del 2002.

8.2 USO FUTURO DE SUELOS

A diferencia de lo establecido en el Plan Maestro de 2002, en donde se hizo un proyección del crecimiento poblacional para estimar una condición futura del uso de suelo, en el presente estudio se considera lo establecido en el Plan

Regulador; esto es, la condición futura de uso de suelo se rige por lo que aparece en ese Plan Regulador con una condición de completo desarrollo.

En base a lo anterior, se han actualizado las categorías definidas en el Plan Maestro 2002, para incorporar los nuevos usos definidos en el Plan Regulador en vías de aprobación.

8.3 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

Del mismo modo que en el Plan Maestro de 2002, los coeficientes de escorrentía de cada subcuenca, se calcularon considerando el promedio ponderado por las áreas de los coeficientes de subsectores ubicados dentro de cada subcuenca.

A su vez, los diferentes coeficientes de escorrentía presentes corresponden a distintas combinaciones de los tipos de zonas homogéneas, pendientes y ubicación del nivel freático, a cada uno de los cuales se le asignó un coeficiente de escorrentía, de acuerdo a la estimación del Consultor.

Dicha estimación, basada en la observación de terreno, la experiencia del Consultor, valores medios recomendados en diferente literatura y aplicación de similar metodología a sectores urbanos en otras ciudades de similares características, corresponde a la mejor estimación factible de hacer de dichos parámetros.

Fue posible realizar un ajuste o calibración de los valores estimados con los valores registrados en un instrumento que se ubicó en un colector de aguas lluvias seleccionado de la red de drenaje de la ciudad, el año 2002.

Los usos definidos en la presente actualización para determinar los coeficientes de escorrentía, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 8.3-1
Usos de Suelo y Coeficiente de Escorrentía

Nº Sector	Sector Homogéneo	Rango C.E.
	Áreas Verdes	
1	Plantaciones, bosques y matorrales	0,16 - 0,36
2	Praderas y agricultura	0,12 - 0,34
3	Zonas de Humedales	0 - 0
4	Zonas de Hualves y Vegas	0 - 0
5	Parques y Jardines	0,12 - 0,26
	Industrial	
6	Zona Industrial Baja Densidad	0,24 - 0,36
7	Zona Industrial Media Densidad	0,25 - 0,38
8	Zona industrial Alta Densidad	0,25 - 0,4
9	Zona Aeródromo Las Marías	0,17 - 0,37
10	Equipamiento General	0,22 - 0,37
11	Zona Infraestructura Sanitaria	0,24 - 0,36
	Urbano	
12	Edificación en Altura	0,25 - 0,44
13	Residencial Densa	0,41 - 0,57
14	Residencial Semidensa	0,35 - 0,53
15	Residencial Baja Densidad	0,37 - 0,53
16	En proceso de construcción	0,25 - 0,39
17	Áreas de Práctica de Deporte y Recreación	0,12 - 0,26
18	Terminales Ferroviarios y de Buses	0,15 - 0,37
19	Universidades y Colegios	0,29 - 0,43
20	Cementerios	0,12 - 0,26
21	Sitios Eriazos	0,24 - 0,39
	Otros	
22	Zona de Riesgo por remoción de masas	0,33 - 0,48
23	Zonas de Riesgo por Protección	0,33 - 0,48

8.4 TASA DE IMPERMEABILIZACIÓN

En vista de que en el Plan Maestro anterior, se estimaron los coeficientes de escorrentía en función de los porcentajes de áreas impermeable, según los usos de suelo que tenían las porciones de suelo tipo escogido, en la presente actualización se busca relacionar los coeficientes de Escorrentía mediante una relación del tipo:

$$TI = A * CE$$

Donde:

TI: Tasa de Impermeabilización.

A: Coeficiente de Calibración.

CE: Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente A, Se estimó a partir de la calibración, lo que determinó que la relación entre el coeficiente de escorrentía y la tasa de impermeabilización es directa y el valor de A es igual a 1,0, por lo tanto el valor del coeficiente de escorrentía por sector, es equivalente a los de la Tasa de Impermeabilización.

Estas tasas de impermeabilización las utiliza el modelo SWMM para estimar la generación de escorrentía en la cuenca.

9. 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 formada por las redes existentes que son del tipo; de aguas lluvia, unitarias, canales urbanos y cauces naturales urbanos, que incorporan los denominados “Humedales” existentes en el sector norte, la Isla Teja y en el sector sur de la ciudad.

Adicionalmente, forman parte de la red de drenaje superficial las principales calles y avenidas de la ciudad, ya sea actuando como superficies recolectoras que concentran las aguas hacia los sumideros de aguas lluvias, o directamente como verdaderos “cauces artificiales” que conducen las aguas lluvias hasta sectores de menor cota.

A diferencia del Plan Maestro de 2002, en que gran parte de la red era de antigua data, unos 40 a 50 años, la cual producto del terremoto de mayo de 1960

tuvo que ser en gran parte reconstruida en conjunto con el sistema vial, con el catastro actual se observó que se ha materializado una gran cantidad de nuevos colectores de aguas lluvias asociados a sanear sectores emblemáticos con problemas de inundación como lo eran los Barrios Bajos, o asociados a mejoramientos viales como el caso de Av. Pedro Montt, Picarte, Pedro Aguirre Cerda, Sedeño, Bombero Hernández, entre otros.

En cuanto a su estado de mantención, debe señalarse que en general la red de evacuación de aguas lluvias se encuentran en buenas condiciones, salvo algunos casos en que se proponen mejoramientos y refuerzos a las redes existentes

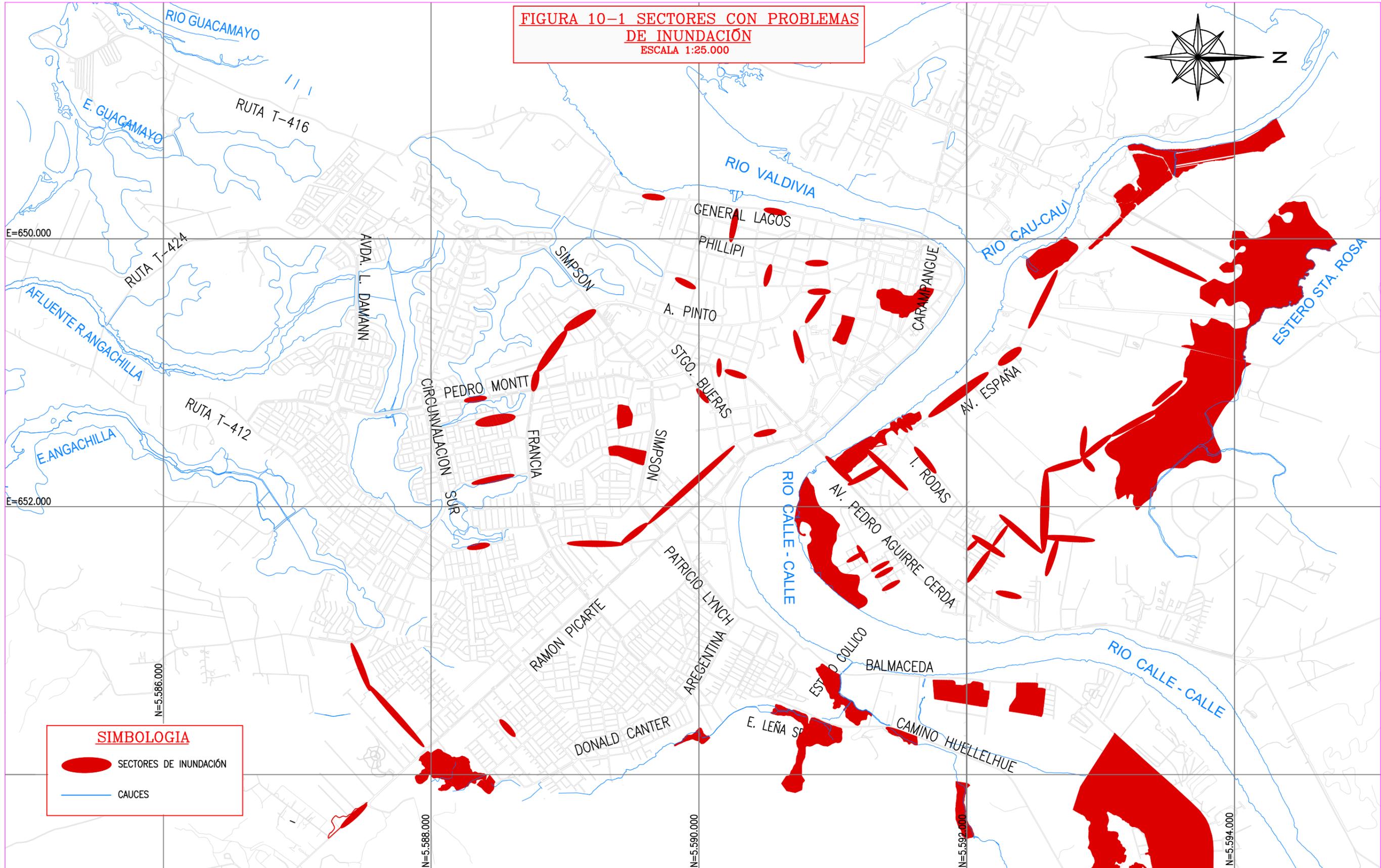
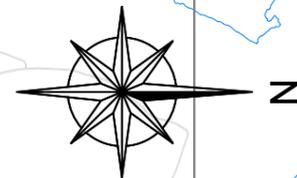
En cuanto a la red de colectores existente, la de colectores de aguas lluvias tiene una extensión total de casi 53.000m más del doble de lo catastrado en el PM 2002, que fueron 22.130 m, con diámetros variables entre 110 y 1.500 mm, este aumento, se debe principalmente a la infraestructura construida en los Barrios Bajos y al gran crecimiento que ha experimentado la ciudad en los extremos norte y sur. Por su parte, la red de colectores unitarios tiene una extensión total algo superior a los 5.160 m, con diámetros de colectores que varían entre 175 y 1.000 mm. Ubicados principalmente en el sector de Barrios Bajos.

Respecto de los canales urbanos, en la ciudad de Valdivia, se ha abovedado el estero Catrico en los Barrios Bajos, y se han materializado mejoras en algunos cauces como el estero Leña Seca, sin embargo, aún existen pequeños canales, cuya única finalidad es la evacuación de las aguas lluvias, para los cuales se proyectan mejoras y refuerzos, sobre todo en el sector Norte y Collico.

10. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE INUNDACIÓN

Como parte de las actividades de diagnóstico de la situación existente, se identificó los sectores del área de estudio con problemas de inundación. Para ello se consideró antecedentes tanto de fuentes documentales como información obtenida directamente en terreno durante el desarrollo del estudio, lo que se efectuó mediante encuestas a representantes de las juntas de vecinos y a personas directamente afectadas por inundaciones en los diferentes sectores que presentan este tipo de problemas. Además, se realizaron visitas a terreno durante los días de lluvia. En la Figuras 10-1 se presenta un esquema de las áreas con problemas de inundación.

FIGURA 10-1 SECTORES CON PROBLEMAS DE INUNDACIÓN
ESCALA 1:25.000



SIMBOLOGIA

-  SECTORES DE INUNDACIÓN
-  CAUCES

11. PATRÓN DE DRENAJE

Con los catastros de colectores y canales efectuados se ha definido toda la red de drenaje de aguas lluvias del área de estudio, lo que sumado a los datos aportados por la cartografía en cuanto a la distribución de calles y cotas representativas, han permitido actualizar el patrón de drenaje de las cuencas aportantes a cada uno de los sistemas definidos: Sector Norte, Sector Barrios Bajos, Sector Sur Oriente e Isla Teja.

Las áreas de drenaje definidas y las redes de evacuación de aguas lluvias existentes fueron consideradas como antecedentes básicos para la sectorización de la ciudad en la etapa de simulación del drenaje de las aguas lluvias.

12. DIAGNÓSTICO

Se realizó un diagnóstico del sistema de evacuación y drenaje del área de estudio, para las condiciones de uso actual y futuro del suelo. Para ello, se han actualizado los modelos desarrollados en el Plan Maestro de 2002 en el Software Visual Hydro, con la nueva modelación que se ha ambientado en el software EPA SWMM. El sistema de drenaje está constituido por la red de drenaje natural, conformada por el río Valdivia, esteros, hualves, lagunas, quebradas y cauces ocasionales, y una red artificial compuesta por colectores de aguas lluvias, colectores unitarios, canales y calles.

Algunos de los elementos de drenaje, como el río Valdivia y el estero Santa Rosa, no son parte de los elementos modelados, sino que constituyen una condición de borde del sistema de drenaje que descarga a dicho cauce principal. El comportamiento del río Valdivia ha sido estudiado en el Plan Maestro 2002, mientras que para el estero Santa Rosa se han realizado mediciones en terreno que permiten relacionar su comportamiento con el efecto de las mareas y el río Valdivia.

Una vez elaborada la representación del sistema de drenaje, se evaluó su comportamiento frente a tormentas asociadas a distintos períodos de retorno y distintas duraciones. La evaluación de la respuesta del sistema consiste en establecer qué zonas se inundan por causa de la crecida que origina la tormenta impuesta.

De acuerdo a los alcances requeridos para el diagnóstico, se simuló para las condiciones de uso actual y futuro del suelo. La situación de uso actual se simuló considerando el nivel de mantenimiento de la red de colectores observado en terreno; es decir, incorporando el nivel actual de embanque en las conexiones. La situación de uso futuro se simuló considerando que la red se encuentra en buen estado de operación y con una condición de urbanización futura; es decir, sin embanque ni obstrucciones de importancia y con un desarrollo urbano completo de la

zona de estudio. Ambos casos se operaron para las tormentas asociadas a períodos de retorno de 2, 5 y 10 años.

En las secciones siguientes, se indica cómo se calibraron los modelos, y como se seleccionaron las áreas a sanear.

12.1 CALIBRACIÓN DE LOS MODELOS

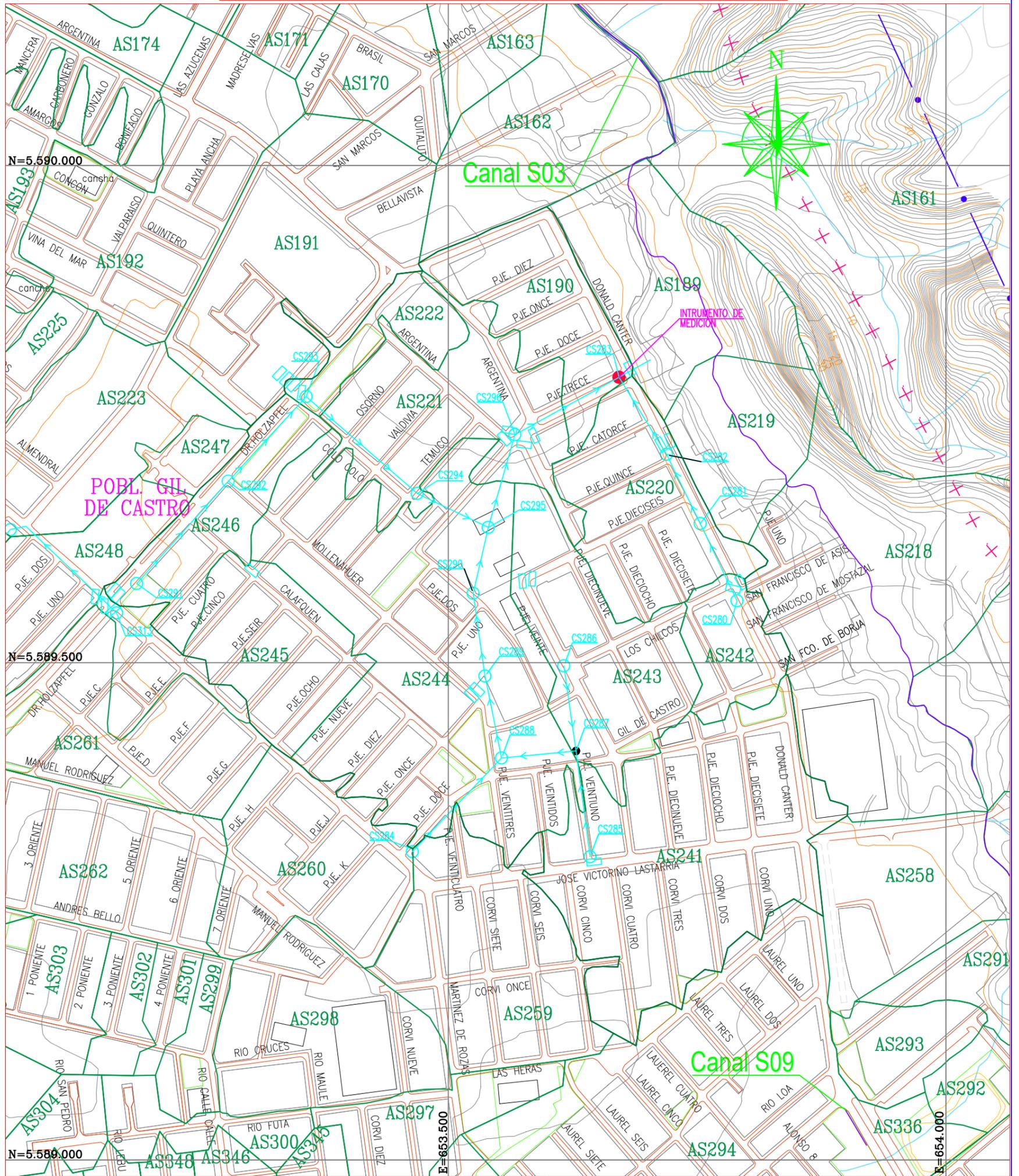
Con el objetivo de calibrar los modelos, se utilizó la misma información registrada por un pluviógrafo y un pluviógrafo del Plan Maestro de 2002, instalados en un colector de 1 m de diámetro ubicado en la esquina de Donald Canter y Pasaje 13, pues este sector no ha sufrido modificaciones desde entonces, en términos de drenaje de aguas lluvias. En la Figura 12.1-1 se presenta el área de calibración.

La información obtenida de dichos instrumentos, de igual forma que en el Plan Maestro 2002, se utilizó para la calibración de la malla aportante asociada a la ubicación de los instrumentos. En la etapa de calibración, se consideró esta cuenca, ubicada en el sector Suroriente, como representativa de la zona de estudio, sin embargo, se tomaron ciertas consideraciones para extrapolarlas al resto de los sectores analizados.

En esta actualización se trabajó con tasas de impermeabilización, se consideró homologar los coeficientes de escorrentía obtenidos en el Plan Maestro con las tasas de impermeabilización utilizando un factor de correlación determinado a partir de la calibración.

Otros valores a calibrar fueron las rugosidades de la zona impermeable y permeable de las áreas aportantes, la relación largo ancho de las mismas y los parámetros de Infiltración del Método de Horton. En el siguiente cuadro, se presenta un resumen y una breve descripción de los parámetros a calibrar.

FIGURA 12.1-1 ÁREA DE CALIBRACIÓN MODELO



SIMBOLOGÍA

	SUMIDERO ALL		SUB ÁREAS APORTANTES
	CÁMARA ALL		ÁREAS APORTANTES CALIBRACIÓN
	COLECTOR AGUAS LLUVIAS EXISTENTE		

Cuadro 12.1-1
Parámetros a Calibrar

Parámetro	Descripción	Unidades
N-Imperv	Rugosidad de la Zona Impermeable del Área Aportante	()
N-Perv	Rugosidad de la Zona Impermeable del Área Aportante	()
S-Imperv	Almacenamiento Zona Impermeable	(mm)
S-Perv	Almacenamiento Zona Permeable	(mm)
PctZero	Porcentaje del suelo Impermeable, que no presenta almacenamiento en depresión	(%)
Ponderador de Length	Factor por el que se pondera el Largo de la cuenca	()
Ponderador de Width	Factor por el que se pondera el Largo de la cuenca	()
MaxRate	Máxima tasa de Infiltración del Método de Horton	(mm/hr)
MinRate	Mínima tasa de Infiltración del Método de Horton	(mm/hr)
DecayRate	Coefficiente de Decaimiento de la infiltración calculada por el método de Horton	(1/seg)
Drying Time	Tiempo que demora el suelo saturado en secarse	(días)
Evaporation	Evaporación	(mm/día)
Ponderador % de C.E. Actual	Factor por el que se deben ponderar los Coeficientes de Escorrentía para obtener Las Tasas de Impermeabilización de las Cuencas.	()

Los valores finales obtenidos de la calibración, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 12.1-2.
Resultado Parámetros Calibrados

Parámetro	Valor	Unidad
N-Imperv	0.03	()
N-Perv	0.09	()
S-Imperv	1.25	(mm)
S-Perv	5	(mm)
PctZero	80	(%)
Ponderador de Length	a=0.2*I	()
Ponderador de Width		()
MaxRate	4	(mm/hr)
MinRate	3	(mm/hr)
DecayRate	2	(1/seg)
Drying Time	7	(días)
Evaporation	2	(mm/día)
Ponderador % de C.E. Actual	1	()

12.2 CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

A continuación se presentan las principales conclusiones del diagnóstico para cada uno de los cuatro modelos elaborados. El diagnóstico se realizó considerando dos escenarios de simulación. El primero corresponde a la situación con uso actual de suelos y con el estado actual de la red de colectores existentes, mientras que el segundo escenario corresponde a la situación de uso futuro de suelos y con la red de colectores existente sin embanque.

12.2.1 Sector Suroriente

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 30 min, sin embargo, para el sistema analizado en la presente actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 6 hrs.

En términos de infraestructura de red primaria, en esta área se han desarrollado pocos proyectos para el área que abarca, algunas de las modificaciones que se han catastrados son la intervención de los cauces que descargan al río Angachilla, el mejoramiento de la Av. Pedro Montt y el colector García Reyes ubicado en la zona más cívica ubicada al norte del sector de barrios bajos.

A pesar de lo anterior, no existen mayores problemas de aguas lluvias, en el sector. Entre los problemas existentes, se pueden mencionar el apozamiento que se produce en calle Picarte Circunvalación, el que se debe a la mala condición

en que se encuentra la descarga de aguas lluvias del sistema de sumideros que existe, además corresponde a una zanja cuyo trazado ingresa a una propiedad privada. También se puede mencionar la gran cantidad de aguas lluvias que llega al hualve Afluente al río Angachilla, entre calles San Luis y Nva. San Luis a la altura de Rubén Darío, donde también existe un problema sanitario, al encontrarse en este sector un aliviadero de tormentas de la red de aguas servidas de la empresa sanitaria.

Entre las calles modeladas hay algunas que presentan alturas de escurrimiento mayores a 15 cm., para $T=5$, entre las que se pueden mencionar, Diego de Almagro, San Valentín, San Esteban entre otras.

En este sector se han modelado 21 zonas de embalse, donde las aguas lluvias se depositan y generan zonas de inundación, todos estos sectores corresponden a sitios baldíos, parques, canchas o sectores no habitacionales, en que estos apozamientos no generan mayor inconveniente para la ciudadanía. Tres de las 21 zonas de embalses no presentan acumulación de aguas para los periodos de retorno utilizados en el diagnóstico.

12.2.2 Sector Barrios Bajos

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 20 min, sin embargo, para el sistema analizado en la presente actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 18 hrs.

De acuerdo al Plan Maestro 2002, esta era una de las zonas con más problemas de evacuación de aguas lluvias en Valdivia, sin embargo con la construcción de los Colectores Clemente Escobar, Phillipi y Catrico, se han solucionado bastantes problemas, quedando sólo algunos sectores aislados con problemas debido a la existencia de puntos bajos o a la no pavimentación de las Calles.

12.2.3 Sector Isla Teja

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 15 min, sin embargo, para el sistema analizado en la presente actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 6 hrs.

En términos de infraestructura de red primaria, en esta área se han desarrollado pocos proyectos pues la mayoría son colectores secundarios asociados a desarrollos inmobiliarios.

La red existente no presenta mayores problemas de drenaje, no existiendo problemas de aguas lluvias debido a la falta de colectores, además con las nuevas urbanizaciones que se han realizado, se han mejorado colectores y sus descargas. De acuerdo a la modelación realizada existe sólo un par de calles que superan los 15 cm. de altura de agua, pero para un periodo de retorno de $T=10$ años donde el caudal generado es el mayor de los evaluados y para el cual la infraestructura existente no fue diseñada.

Otra condición de drenaje que favorece a la Isla es que los colectores no deben recorrer grandes distancias para realizar su descarga de aguas lluvias, existiendo receptores a todo su alrededor y 2 hualves en su interior.

12.2.4 Sector Norte

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 15 min, sin embargo, para el sistema analizado en la presente actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 18 hrs.

Dentro de esta zona el sector más afectado por las aguas lluvias es el que involucra a la Población Norte Grande 2, ubicada entre las calles Pedro Aguirre Cerda, Sedeño e Isabel Rodas, presentando desbordes y fuertes flujos en las calles para periodo de retorno 2, además que en su interior se encuentra 4 de los 12 nodos de acumulación.

En general el Sector Norte, presenta sectores bajos con cotas de entre 0 y 4m, siendo las menores las que se encuentran cercanas a los cauces receptores, río Calle Calle y estero Santa Rosa, por lo que muchos de los colectores y canales que descargan a estos cauces, se ven influenciados por los efectos de las mareas, lo que limita la evacuación de las aguas lluvias. Además producto de esta influencia, los terrenos se encuentra permanente saturados por lo que su capacidad de infiltración se ha considerado nula.

Esta información de diagnóstico generada por los modelos, fue complementada y verificada con las encuestas y las actividades de participación ciudadana, realizadas en forma paralela.

12.3 SELECCIÓN DE ÁREAS A SANEAR

A partir de la información obtenida, especialmente la identificación de los puntos de inundación y su caracterización en cuanto a importancia o prioridad, efecto y causas, se definió las principales áreas a sanear dentro del área actualmente urbanizada.

Se estudiaron las mismas áreas definidas en el Plan Maestro del 2002 y se analizó su estado actual, adicionalmente se agregaron nuevos sectores productos de la expansión del Plan Regulador. Las áreas a sanear se identificaron según los problemas más graves de inundaciones, y que requieren de alguna forma de saneamiento desde el punto de vista de las aguas lluvias, ya sea mediante medidas estructurales o no estructurales. Por otra parte, aunque las áreas indicadas 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 por el conjunto de soluciones que se defina. La sectorización realizada permitió focalizar y priorizar los problemas de inundación, de acuerdo a la extensión de las zonas afectadas y los daños producidos.

13. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Como parte de las alternativas estudiadas, se consideró y reevaluó el material en que se proyectaron los colectores, en el Plan Maestro de 2002 se consideró tuberías de cemento comprimido, en la presente actualización, se evaluó la posibilidad de utilizar HDPE, respecto de los trazados se planteó sólo una posibilidad por proyecto, para los canales se propuso el trazado del mejoramiento respetando dentro de lo posible el trazado original de los canales, para los colectores se plantearon proyectos en calles en que hacían falta, en aquellos sectores en que eran necesario refuerzos, y en algunos sectores en que se planteó la independencia de las aguas lluvias y las aguas servidas.

Para definir el material de las tuberías de los colectores, se hizo un análisis técnico-económico entre los tubos de hormigón y los tubos corrugados de HDPE. De este análisis, se dedujo que en general el HDPE era más económico para diámetros menores a 800 mm, sin embargo para diámetros mayores o iguales a 800 mm, resultaba más económicos el hormigón. Técnicamente y de acuerdo a las experiencias que existen con el HDPE en Valdivia, se optó por mantener los tubos de hormigón, los que también habían sido considerados en Plan Maestro 2002, pues, el nivel freático de Valdivia, hace que las tubería de HDPE floten y se deformen durante su instalación, haciendo complicado el mantener las pendientes requeridas según lo proyectado.

Por su parte las secciones de mejoramiento de canales al igual que el Plan Maestro de 2002, consideraron secciones trapeziales de hormigón armado con talud 1:5 (h:v).

Luego de definidos los trazados y los materiales de los proyectos, se ingresó su geometría y características a la malla de modelo ambientada en el software *EPA SWMM 5.0.022*, junto con toda la infraestructura catastrada con la que se realizó el diagnóstico, también se ingresaron al modelos las cuencas y sus características, las que fueron calibradas para representar de la mejora manera el

sistema de drenaje de la ciudad. Esta metodología permite simular en forma integral el sistema de evacuación y drenaje de aguas lluvias comprendido por cada uno de los modelos elaborados, y determinar mediante iteraciones las dimensiones comerciales óptimas de las secciones de acuerdo a los criterios de diseño considerados.

14. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES

A partir de las definiciones anteriores, se seleccionó los proyectos en cada uno de los sectores del área de estudio, incluyendo las áreas de expansión.

En el Cuadro 14-1 se presenta un resumen de la información de dichos proyectos, indicando su nombre, el código asignado, el tipo de solución (colector, canal, etc.), el período de retorno de diseño, la longitud de la obra, el caudal de diseño y el costo estimado.

De acuerdo a los valores indicados en dicho Cuadro, el costo total de las obras proyectadas, considerando todos los proyectos propuestos en el área de estudio, es de UF 1.046.841. Si se considera separadamente los montos correspondientes a las zonas actualmente urbanizadas y las áreas previstas como de expansión, resulta que el costo de los proyectos en las zonas urbanizadas es de UF 788.483, es decir un 75% del costo total indicado, mientras que el costo de los proyectos en las zonas de expansión es de UF 258.358, equivalente al 25% del costo total de los proyectos. Las zonas de expansión se ubican en los sectores norte y suroriental, según el análisis realizado.

Cuadro 14-1
Resumen Características y Costos Proyectos.

Nombre	Código	Tipo	T (Años)	Longitud (m)	Q diseño(*) (m³/s)	Costo UF (**)	Costo (MM\$)
Av. España	E06	Colector	2	316	0,048	4.834	\$ 110,887
Sevilla	E26	Colector	2	392	0,402	7.602	\$ 174,399
Canal N01, N04 y N05	E11	Canal – Colector - Cajón	2	3.006	3,895	96.859	\$ 2.221,957
Canal N01	E13	Canal	2	4.499	1,269	161.313	\$ 3.700,535
Canal N06	E15	Canal	2	825	6,08	45.931	\$ 1.053,666
Canal N11	E18	Canal	2	1.537	0,359	50.178	\$ 1.151,079
Canal N19	E19	Canal	2	589	0,144	20.761	\$ 476,249
Canal N20	E20	Canal	2	540	0,109	16.492	\$ 378,319
Canal N21	E21	Canal	2	921	0,229	29.551	\$ 677,889
Canal N22	E22	Canal	2	893	0,202	28.570	\$ 655,387
Canal N23	E23	Canal	2	895	0,267	26.430	\$ 606,310
Canal N24	E24	Canal	2	240	0,243	7.753	\$ 177,845
Canal N25	E25	Canal	2	342	0,026	9.919	\$ 227,542

ACTUALIZACIÓN Y AMPLIACIÓN COBERTURA PLAN MAESTRO DE AGUAS LLUVIA VALDIVIA,
XIV REGIÓN DE LOS RÍOS. RESUMEN EJECUTIVO

Nombre	Código	Tipo	T (Años)	Longitud (m)	Q diseño(*) (m ³ /s)	Costo UF (**)	Costo (MM\$)
Bertoloto	B03	Colector	2	295	0,072	3.960	\$ 90,835
Aníbal Pinto	B04	Colector	2	1.015	0,126	16.543	\$ 379,492
General Lagos	B06	Colector	2	720	0,173	12.433	\$ 285,206
Phillipi / Cochrane	B07	Colector	2	81	0,023	1.108	\$ 25,412
Santiago Bueras	B11	Colector	2	3.010	0,72	70.342	\$ 1.613,648
Emiliano Cok/Santiago Bueras	B13	Colector	2	109	0,058	1.954	\$ 44,832
Errázuriz Baquedano	B15	Colector	2	94	0,049	1.683	\$ 38,601
Catrico Chico	B16	Colector	2	266	0,039	7.708	\$ 176,827
Bertoloto / Catrico	B17	Colector	2	268	0,135	7.022	\$ 161,085
Balmaceda / Matta	A01	Colector	2	525	0,175	10.337	\$ 237,128
A. Flores / Domingo Gómez	A25	Colector	2	234	0,016	4.411	\$ 101,189
Carrera / Matta	A37	Colector	2	424	0,015	5.159	\$ 118,339
Puerto Cisne / Puerto Natales	A38	Colector	2	797	0,115	11.789	\$ 270,444
Mejoramiento Estero Collico	A39	Canal	25	1.085	39,994	57.784	\$ 1.325,577
Mejoramiento Estero Leña Seca	A40	Canal	25	1.146	5,711	36.040	\$ 826,757
Ramón Picarte / Circunvalación Sur	A41	Colector	2	721	0,131	15.569	\$ 357,163
Circunvalación Sur / Sta. Elvira	A42	Colector	2	1.186	0,17	23.155	\$ 531,178
Circunvalación Sur	A43	Colector	2	6.224	0,16	107.377	\$ 2.463,222
Costanera Argentina / Ecuador	A44	Colector	2	2.569	6,362	51.072	\$ 1.171,600
Simpson	A45	Colector	2	568	0,076	12.694	\$ 291,197
Sur 03	F03	Colector	2	623	0,075	9.328	\$ 213,989
Sur 04	F04	Colector	2	383	0,043	5.481	\$ 125,726
Sur 09	F09	Colector	2	263	0,022	3.488	\$ 80,021
Sur 10	F10	Colector	2	441	0,045	6.768	\$ 155,254
Sur 13	F13	Colector	2	807	0,014	12.210	\$ 280,094
Sur 19	F19	Colector	2	271	0,058	4.332	\$ 99,370
Sur 20	F20	Colector	2	226	0,019	3.347	\$ 76,782
Sur 21	F21	Colector	2	1.294	0,149	21.331	\$ 489,334
Sur 22	F22	Colector	2	885	0,116	13.859	\$ 317,929
Sur 24	F24	Colector	2	224	0,02	3.006	\$ 68,967
Sur 25	F25	Colector	2	275	0,026	4.006	\$ 91,898
Sur 26	F26	Colector	2	162	0,045	2.286	\$ 52,443

(*) Caudal asociado al tramo mayor caudal

(**) Valores en UF a Abril de 2013. Incluye: IVA(19%), GG, Utilidades, costo de Diseño e Imprevistos

15. ANÁLISIS AMBIENTAL

Como parte del Estudio de Análisis Ambiental del Plan Maestro, se desarrolló un diagnóstico ambiental del área de estudio, definiendo Unidades Ambientales Territoriales, el Marco Legal Vigente, se identificaron los impactos que podrían causar la construcción y operación de las obras proyectadas, además de establecerse planes de mitigación de los impactos y las especificaciones técnicas y costos de ellas.

Junto con lo anterior, se definió si los proyectos completos o a alguna parte de ellos le corresponderían ingresar al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), y en caso de que así fuera, analizar si se debiese realizar un “Estudio de Impacto Ambiental” (EIA) o bien una “Declaración de Impacto Ambiental” (DIA). Lo anterior circunscrito dentro del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), vigente actualmente en el país, según el reglamento del mencionado sistema (Decreto N° 30 del 27 de marzo de 1997 de la Secretaría General de la Presidencia y publicado en el Diario Oficial el 3 de abril de 1997).

Respecto de la pertinencia de ingreso del proyecto al SEIA, se ha analizado el DS N°95/01(que modifica el Decreto N°30 mencionado anteriormente) del Reglamento del SEIA, en su Art. 3, letras a) a s). De acuerdo a ello, los proyectos propuestos no se encuentran entre los tipos de proyectos que deben ser sometidos a evaluación de impacto ambiental, de la misma manera sus obras y acciones, así como el lugar en que se emplaza no contienen las características que definen la obligatoriedad de ingreso al SEIA.

En particular, en el numeral **a.4** del Artículo 3, del Reglamento del SEIA, se señala:

“Artículo 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

a.4. Defensa o alteración de un cuerpo o curso de aguas continentales, tal que se movilice una cantidad igual o superior a cincuenta mil metros cúbicos de material (50.000 m³), tratándose de las Regiones de Arica y Parinacota a la Región de Coquimbo, o cien mil metros cúbicos (100.000 m³), tratándose de las Regiones de Valparaíso a la Región de Magallanes y Antártica Chilena, incluida la Región Metropolitana de Santiago. Se entenderá por defensa o alteración aquellas obras de regularización o protección de las riberas de estos cuerpos o cursos, o actividades que impliquen un cambio de trazado de su cauce, o la modificación artificial de su sección transversal, todas de modo permanente. La alteración del lecho del curso o cuerpo de agua y de su ribera dentro de la sección que haya sido declarada área preferencial para la pesca recreativa deberá

someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, independiente de la cantidad de material movilizad.

Se entenderá por defensa o alteración aquellas obras de regularización o protección de las riberas de éstos cuerpos o cursos, o actividades que impliquen un cambio de trazado de su cauce, o la modificación artificial de su sección transversal, todas de modo permanente.”

De los proyectos propuestos en este Plan Maestro, ninguno supera los 50.000m³ de material a extraer y/o remover, siendo el límite para la Región de los Ríos 100.000m³.

Ninguno de los proyectos propuestos, modifica el lecho o las riberas de cursos de aguas que hayan sido declaradas áreas preferenciales para pesca recreativa.

Adicionalmente, en el numeral **o.2** del mismo Artículo 3 del Reglamento del SEIA, se establece:

“Artículo 3.- Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, son los siguientes:

o.2. Sistemas de alcantarillado o evacuación de aguas lluvias, cuando se interconecten con redes de alcantarillado de aguas servidas;

En los proyectos propuestos, el sistema de evacuación de aguas lluvias no se interconecta con redes de alcantarillado de aguas servidas.

Por lo tanto, de acuerdo a lo señalado, los proyectos no se encuentran entre los tipos de proyectos que deben ser sometidos a evaluación de impacto ambiental.

Por lo mismo, cabe señalar que no corresponde solicitar aprobación de Permisos Ambientales Sectoriales para el proyecto.

No obstante la conclusión del análisis de pertinencia realizado, existe la alternativa de ingresar voluntariamente los proyectos al SEIA, lo que depende del Mandante, tal como lo establece el Artículo 4 del Reglamento del SEIA.

16. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN

Respecto del problema de erosión y deforestación, se estima que no deben esperarse grandes cambios de las condiciones de los regímenes de caudales y tasas de erosión por actividades forestales asociadas al problema de aguas lluvias en la ciudad de Valdivia. Aun cuando el desarrollo forestal es una realidad para la

zona, Valdivia está rodeada por grandes ríos (Calle-Calle, Cruces, Valdivia) cuyos regímenes a la altura de la ciudad son los de un estuario. Las condiciones del estuario regulan fuertemente los aportes en términos de caudales líquidos y sólidos de las pequeñas cuencas urbanas y peri-urbanas. Los niveles de las aguas en el estuario, que sin duda afectan la descarga de las aguas lluvias de la ciudad, están mucho más influenciados por los aportes de los grandes ríos y la influencia de la marea, cuyo efecto se siente bastante más aguas arriba incluso que la ciudad.

En estas pequeñas cuencas urbanas y peri-urbanas, los efectos de las lluvias vendrán por la creciente urbanización y consiguiente impermeabilización de la superficie de los terrenos, más que por grandes cambios de uso de suelo asociados a actividades forestales.

En el área de estudio asociada a la Actualización del Plan Maestro, no existen sectores de altas pendientes que se vayan a modificar producto de la materialización de loteos, caminos u obras de aguas lluvias, en donde la deforestación juega un rol importante en la magnitud de la escorrentía superficial.

La deforestación es un tema más relevante en los sectores del camino de Valdivia a Niebla (el camino bordea la ribera norte o derecha del río Valdivia), y en gran parte del tramo desde esta última localidad hacia el norte, hasta Los Molinos e incluso más al norte (el camino bordea la costa del Pacífico). En estos sectores no se actualiza el Plan Maestro de Aguas Lluvias, pues se supone válido el Plan Maestro anterior del 2002.

17. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRIORIZACIÓN

Para fines de la evaluación económica de las obras proyectadas, los proyectos se agruparon por ubicación y por compartir descarga, sin embargo, muchos de ellos forman un sólo sistema pequeño o un sistema más grande pero que incluye sus ramales complementarios.

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 sólo, mientras que resulta rentable en el contexto de los proyectos que lo complementan.

Se aplicaron 2 metodologías para evaluar los proyectos, la primera es la de Costo-Beneficio, que se aplica a aquellos proyectos cuya inversión supera los MM\$500, y con ella se obtiene los siguientes indicadores:

- Valor Actual Neto Social (VANS)
- Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)
- VANS/INVERSION (IVANS)

La segunda metodología es la de Costo-Eficiencia y que se aplica a aquellos proyectos cuyo monto de inversión es menor a los MM\$\$500, los indicadores calculados mediante esta metodología son:

- Valor Actual de Costos Sociales (VACS)
- Costo Anual Equivalente (CAE)
- Indicador de Costo Efectividad (CAE o VACS/Beneficiados)

Según lo señalado anteriormente, se definió los grupos de proyectos del área de estudio, estableciéndose un total de 40 grupos, 31 de ellos se evaluaron mediante Costo-Eficiencia y los 9 restantes mediante la metodología de Costo-Beneficio.

Según el análisis realizado tanto en términos de eficiencia y beneficios de los proyectos, como el impacto que tienen sobre la población, se han clasificado los proyectos en 3 tipos de priorización: Alta, Media y Baja. Siendo una priorización Alta asociada a una obra que es necesario materializar en el corto plazo y que causa alto impacto negativo a la población, la priorización Baja, corresponde a la que no es necesario materializar en el corto plazo y que se encuentra en sectores no urbanizados por lo que no afectan directamente a la población.

Los proyectos de Alta Prioridad, se han definido de acuerdo al número de beneficiados, es decir, los con mayor número de beneficiados y que además posean un valor positivo de VAN y una TIR mayor a la tasa de descuento considerada (6%, de acuerdo al Ministerio de Desarrollo Social).

Para aquellos proyectos con inversión menor a los 500 MM\$, se definieron de Alta Prioridad aquellos con el mayor número de beneficiarios y los menores Costos VACS/Beneficiados = $o < 0,2$.

En el cuadro 17-1, se presentan las inversiones para cada uno de los proyectos por sector, En los cuadros 17-2 y 17-3, se presentan los indicadores obtenidos para los proyectos evaluados mediante Costo-Beneficio y Costo-Eficiencia, respectivamente.

El costo Neto del Cuadro 17-1, se obtiene sumando al costo directo de la obra un 60% de gastos generales y utilidades de construcción, y un 10% de costos de diseño e imprevistos.

Cuadro 17-1
Resumen Costos Proyectos

Nombre	Código	Total Neto	IVA (19%)	TOTAL GLOBAL	Expropiación	TOTAL	TOTAL (s/IVA)	Tipo
		UF	UF	(UF)	(UF)	GLOBAL (\$)	GLOBAL (\$)	Eval Eco
SECTOR NORTE								
Av. España	E06	4.062,0	771,8	4.833,8	0,0	\$ 110.886.940	\$ 93.182.302	CE
Sevilla	E26	6.388,6	1.213,8	7.602,4	0,0	\$ 174.399.152	\$ 146.553.909	CE
Canal N01, N04 y N05	E11	48.291,0	9.175,3	57.466,2	39.393,2	\$ 2.221.956.545	\$ 2.011.475.396	CB
Canal N01	E13	62.107,0	11.800,3	73.907,3	87.406,2	\$ 3.700.534.571	\$ 3.429.834.930	CB
Canal N06	E15	25.019,5	4.753,7	29.773,2	16.158,2	\$ 1.053.666.125	\$ 944.616.233	CB
Cana N11	E18	16.308,5	3.098,6	19.407,2	30.770,6	\$ 1.151.078.795	\$ 1.079.996.344	CB
Canal N19	E19	7.545,6	1.433,7	8.979,2	11.781,4	\$ 476.249.470	\$ 443.361.281	CE
Canal N20	E20	4.782,1	908,6	5.690,7	10.801,0	\$ 378.319.148	\$ 357.475.990	CE
Canal N21	E21	9.346,6	1.775,9	11.122,5	18.428,0	\$ 677.889.190	\$ 637.150.875	CB
Canal N22	E22	8.992,4	1.708,6	10.701,0	17.868,6	\$ 655.387.214	\$ 616.192.741	CB
Canal N23	E23	7.765,9	1.475,5	9.241,4	17.188,8	\$ 606.310.010	\$ 572.461.495	CB
Canal N24	E24	2.484,7	472,1	2.956,8	4.795,8	\$ 177.845.429	\$ 167.015.480	CE
Canal N25	E25	2.579,3	490,1	3.069,4	6.849,6	\$ 227.541.880	\$ 216.299.641	CE
SECTOR BARRIOS BAJOS								
Bertoloto	B03	3.327,5	632,2	3.959,7	0,0	\$ 90.834.898	\$ 76.331.847	CE
Aníbal Pinto	B04	13.901,5	2.641,3	16.542,8	0,0	\$ 379.492.422	\$ 318.901.195	CE
General Lagos	B06	10.447,6	1.985,1	12.432,7	0,0	\$ 285.205.985	\$ 239.668.895	CE
Phillipi / Cochrane	B07	930,9	176,9	1.107,7	0,0	\$ 25.411.744	\$ 21.354.406	CE
Santiago Bueras	B11	59.111,0	11.231,1	70.342,0	0,0	\$ 1.613.648.031	\$ 1.356.006.749	CB
Emiliano Cok/Santiago Bueras	B13	1.642,3	312,0	1.954,3	0,0	\$ 44.831.944	\$ 37.673.902	CE
Errázuriz Baquedano	B15	1.414,0	268,7	1.682,7	0,0	\$ 38.601.056	\$ 32.437.862	CE
Catrico Chico	B16	3.346,6	635,8	3.982,4	3.725,8	\$ 176.827.148	\$ 162.240.774	CE
Bertoloto / Catrico	B17	5.900,8	1.121,2	7.022,0	0,0	\$ 161.084.616	\$ 135.365.223	CE
SECTOR SURORIENTE								
Balmaceda / Matta	A01	8.686,4	1.650,4	10.336,9	0,0	\$ 237.127.852	\$ 199.267.103	CE
A. Flores / Domingo	A25	3.706,7	704,3	4.411,0	0,0	\$ 101.188.978	\$ 85.032.754	CE

ACTUALIZACIÓN Y AMPLIACIÓN COBERTURA PLAN MAESTRO DE AGUAS LLUVIA VALDIVIA, XIV REGIÓN DE LOS RÍOS.
RESUMEN EJECUTIVO

Nombre	Código	Total Neto	IVA (19%)	TOTAL GLOBAL	Expropiación	TOTAL	TOTAL (s/IVA)	Tipo
		UF	UF	(UF)	(UF)	GLOBAL (\$)	GLOBAL (\$)	Eval Eco
Gómez								
Carrera / Matta	A37	4.335,0	823,6	5.158,6	0,0	\$ 118.339.145	\$ 99.444.660	CE
Puerto Cisne / Puerto Natales	A38	9.906,9	1.882,3	11.789,2	0,0	\$ 270.444.029	\$ 227.263.890	CE
Mejoramiento Estero Collico	A39	48.558,4	9.226,1	57.784,5	0,0	\$ 1.325.577.116	\$ 1.113.930.350	CB
Mejoramiento Estero Leña Seca	A40	30.285,7	5.754,3	36.039,9	0,0	\$ 826.757.085	\$ 694.753.853	CB
Ramón Picarte / Circunvalación Sur	A41	13.083,6	2.485,9	15.569,4	0,0	\$ 357.162.924	\$ 300.136.911	CE
Circunvalación Sur / Sta. Elvira	A42	19.458,1	3.697,0	23.155,1	0,0	\$ 531.178.038	\$ 446.368.099	CE
Circunvalación Sur	A43	90.232,5	17.144,2	107.376,6	0,0	\$ 2.463.221.864	\$ 2.069.934.339	CB
Costanera Argentina / Ecuador	A44	42.917,9	8.154,4	51.072,3	0,0	\$ 1.171.600.075	\$ 984.537.878	CB
Simpson	A45	10.667,1	2.026,7	12.693,8	0,0	\$ 291.196.597	\$ 244.703.023	CE
Sur 03	F03	7.838,8	1.489,4	9.328,2	0,0	\$ 213.989.146	\$ 179.822.811	CE
Sur 04	F04	4.605,6	875,1	5.480,6	0,0	\$ 125.725.855	\$ 105.651.979	CE
Sur 09	F09	2.931,3	556,9	3.488,3	0,0	\$ 80.020.746	\$ 67.244.324	CE
Sur 10	F10	5.687,2	1.080,6	6.767,8	0,0	\$ 155.253.602	\$ 130.465.212	CE
Sur 13	F13	10.260,4	1.949,5	12.209,8	0,0	\$ 280.094.174	\$ 235.373.255	CE
Sur 19	F19	3.640,1	691,6	4.331,7	0,0	\$ 99.369.963	\$ 83.504.170	CE
Sur 20	F20	2.812,7	534,4	3.347,1	0,0	\$ 76.781.763	\$ 64.522.490	CE
Sur 21	F21	17.925,2	3.405,8	21.331,0	0,0	\$ 489.334.321	\$ 411.205.312	CE
Sur 22	F22	11.646,3	2.212,8	13.859,1	0,0	\$ 317.928.743	\$ 267.167.011	CE
Sur 24	F24	2.526,4	480,0	3.006,4	0,0	\$ 68.966.701	\$ 57.955.211	CE
Sur 25	F25	3.366,4	639,6	4.006,0	0,0	\$ 91.898.312	\$ 77.225.472	CE
Sur 26	F26	1.921,1	365,0	2.286,1	0,0	\$ 52.442.716	\$ 44.069.509	CE

Cuadro 17-2
Indicadores y Priorización Proyectos Evaluados por Costo-Beneficio.

Grupo	Proyectos	Descripción	VAN MM\$	TIR (%)	IVANS	Beneficiarios	Priorización
SECTOR NORTE							
E-11	E11	Canales N01, N04 y N05	1.216,34	15,12	0,65	4.312	Alta
E-13	E13	Canales N01, 07, 08, 09 y 10	3.896,80	29,98	1,20	0	Baja
E-15	E15	Canal N06	3.871,43	100,48	4,37	0	Baja
E-18	E18	Canal N11	703,10	19,49	0,68	0	Baja
E-21	E21	Canal N21	586,25	31,84	0,95	0	Baja
E-22	E22	Canal N22	650,80	35,38	1,09	0	Baja
E-23	E23	Canal N23	777,63	42,33	1,40	0	Baja
SECTOR SURORIENTE							
Grupo	Proyectos	Descripción	VAN MM\$	TIR (%)	IVANS		Priorización
A-39-40	A39	Estero Collico	655,75	18,56	0,42	0	Baja
	A40	Estero Leña Seca					
A-41-43	A41	Colector Circunvalación/Picarte	1713,12	31,36	0,84	708	Media
	A43	Colector Circunvalación					

Cuadro 17-3
Indicadores y Priorización Proyectos Evaluados por Costo-Eficiencia.

Grupo	Proyectos	Descripción	Beneficiarios	VACS (MM\$)	CAE (MM\$)	VACS/ Beneficiarios	Priorización
SECTOR NORTE							
E-06	E06	Colector Av. España	1296	85,27	6,19	0,07	Alta
E-26	E26	Colector Calle Sevilla	112	134,11	9,74	1,20	Media
E-19	E19	Canal N19	0	370,17	26,89	-	Baja
E-20	E20	Canal N20	0	296,98	21,58	-	Baja
E-24	E24	Canal N24	0	141,88	10,31	-	Baja
E-25	E25	Canal N25	0	179,33	13,03	-	Baja
SECTOR BARRIOS BAJOS							
B-03-17	B03	Colector Bertoloto	988	192,92	14,19	0,20	Alta
	B17	Colector Bertoloto/Catrico					
B-07	B07	Colector Philliphi/Cochrane	332	19,54	1,42	0,06	Alta
B-04	B04	Colector Aníbal Pinto	350	218,28	20,43	0,62	Media
B-15	B15	Colector Errázuriz/Baquedano	144	29,69	2,16	0,21	Media
B-06	B06	Colector General Lagos	2886	211,4	15,36	0,07	Alta
B-16	B16	Colector Catrico Chico	790	139,95	10,17	0,18	Alta
B-13	B13	Colector Emilio Cok/Santiago Bueras	146	34,48	2,50	0,24	Media
SECTOR SURORIENTE							
A-01	A01	Colector Balmaceda/Matta	940	182,34	13,25	0,19	Alta
A-37	A37	Colector Carrera/Matta	576	91	6,61	0,16	Alta
A-42	A42	Colector Sta. Elvira/Circunvalación	1162	393,7	28,6	0,34	Media
A-38	A38	Colector Pto. Cisne/Pto Natales	670	200,45	14,56	0,30	Media
A-25	A25	Colector Rubén Darío	360	77,81	5,65	0,22	Media
F-13	F13	Colector Sur-13	0	207,6	15,08	-	Baja
F-25	F25	Colector Sur-25	0	70,66	5,13	-	Baja

Grupo	Proyectos	Descripción	Beneficiarios	VACS (MM\$)	CAE (MM\$)	VACS/ Beneficiarios	Priorización
F-26	F26	Colector Sur-26	0	40,33	2,93	-	Baja
F-24	F24	Colector Sur-24	0	53,04	3,85	-	Baja
F21	F21	Colector Sur-21	504	362,7	26,36	0,72	Media
F-03	F03	Colector Sur-03	284	164,55	11,95	0,58	Media
F-22	F22	Colector Sur-22	0	235,64	17,12	-	Baja
F-09	F09	Colector Sur-09	0	63,88	4,64	-	Baja
F-19	F19	Colector Sur-19	0	76,42	5,55	-	Baja
F-20	F20	Colector Sur-20	0	59,05	4,29	-	Baja
F-04	F04	Colector Sur-04	0	96,68	7,02	-	Baja
F-10	F10	Colector Sur-10	0	119,39	8,67	-	Baja

18. DEFINICIÓN DE RED PRIMARIA

Como actividad final del desarrollo de la Actualización 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 denominará red secundaria o 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, las descargas del sistema de aguas lluvias y las áreas de acumulación, que en el caso de Valdivia corresponden a los humedales. 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, teniendo en cuenta el criterio de que la red secundaria debe por definición tener mayor extensión que la red primaria.

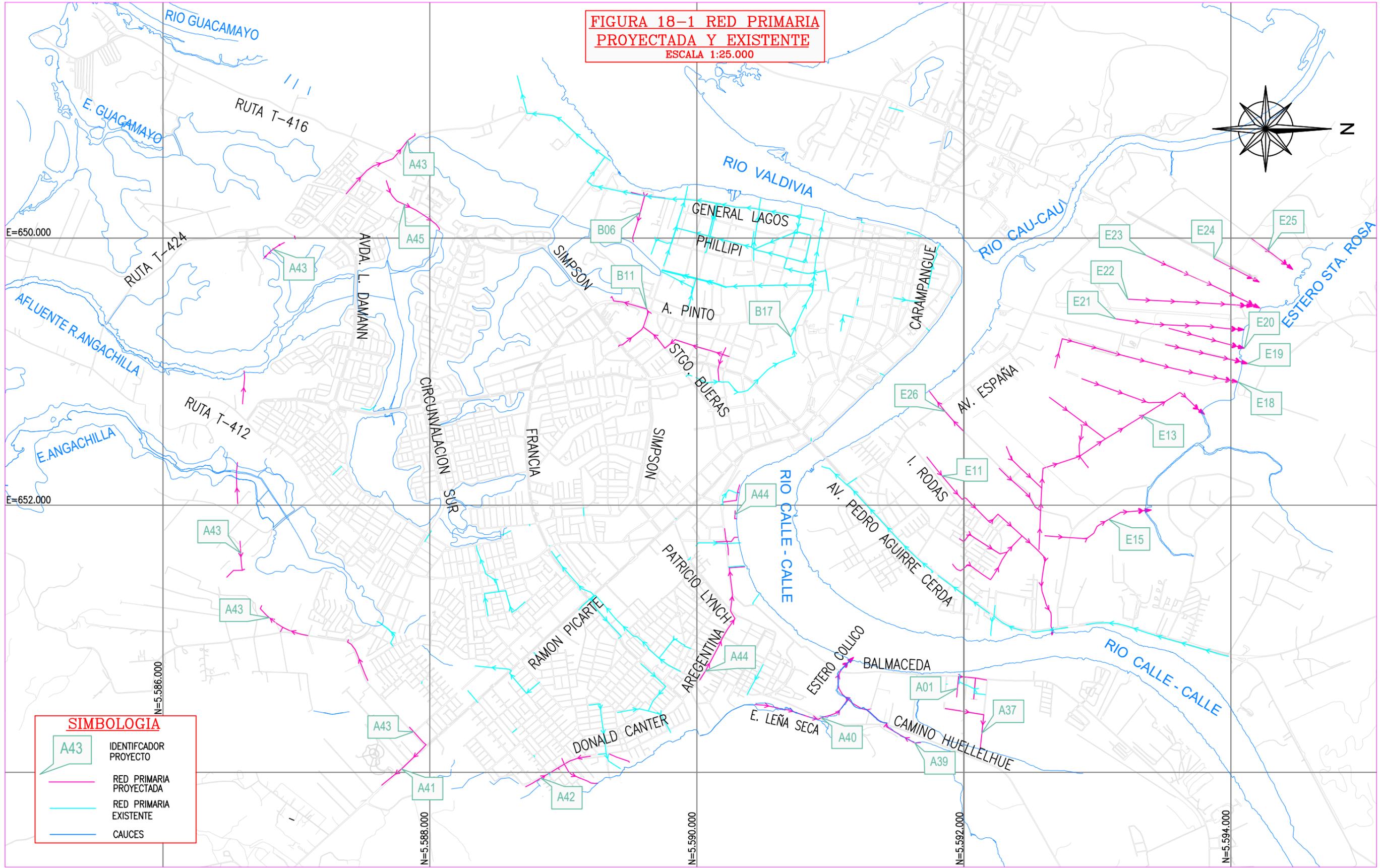
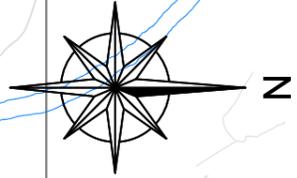
Luego de examinar la información de los diámetros de la red se definió que, en el caso de los colectores, la red primaria estará formada por aquellos tramos de diámetros iguales o superiores a 500 mm, al igual que en el Plan Maestro de 2002. Lo anterior constituye la regla general adoptada, pues en algunos sectores existen secciones especiales que en la mayoría de los casos corresponden a redes primarias, como es el caso del colector Phillipi en el sector de Barrios Bajos o canales y cauces urbanos existentes en los Sectores Norte y Suroriente.

Además, se definió que la red unitaria existente debe tener el mismo tratamiento que la red de aguas lluvia, en cuanto a su definición como primaria o secundaria. Respecto de lo informado en el Plan Maestro de 2002, el porcentaje de redes unitarias primarias ha disminuido considerablemente, pues las empresas

sanitarias han invertido en una planta de tratamiento de Aguas Servidas y en colectores interceptores, además ha crecido también la red de evacuación de aguas lluvias, sobre todo en el sector de Barrios Bajos. Para el año 2002 el 29% de la red primaria era unitaria, para la presente actualización, esa cifra se redujo al 2%.

En la siguiente figura, 18-1 se presenta un esquema con la red primaria existente y proyectada.

**FIGURA 18-1 RED PRIMARIA
PROYECTADA Y EXISTENTE**
ESCALA 1:25.000



SIMBOLOGIA

A43	IDENTIFICADOR PROYECTO
—	RED PRIMARIA PROYECTADA
—	RED PRIMARIA EXISTENTE
—	CAUCES

En los siguientes cuadros, se presenta un resumen de los costos y longitudes de la red primaria y secundaria, proyectada y existente por sector.

Cuadro 18-1
Red Primaria, Proyectada y Existente por sector

Sector	Tipo de Solución	Longitud (m)	Costo (Mill\$) c/IVA	
			Inversión	Mant. Anual
Norte	Existente	20.515	-	20,9
	Proyectada	16.239	11.501,2	16,5
SUBTOTAL SECTOR		36.754	11.501,2	37,4
Barrios Bajos	Existente	22.066	-	49,8
	Proyectada	2.215	1.666,8	5,0
SUBTOTAL SECTOR		24.281	1.666,8	54,8
Surorientado	Existente	37.373	-	76,6
	Proyectada	11.106	5.973,9	22,8
SUBTOTAL SECTOR		48.479	5.973,9	99,4
Isla Teja	Existente	4.122	-	8,5
	Proyectada	-	-	-
SUBTOTAL SECTOR		4.122	-	8,5
TOTAL		113.636	19.141,9	200,1

Cuadro 18-2
Red Secundaria, Proyectada y Existente por sector

Sector	Tipo de Solución	Longitud (m)	Costo (Mill\$) c/IVA	
			Inversión	Mant. Anual
Norte	Existente	3.936	-	4,1
	Proyectada	316	110,9	0,3
SUBTOTAL SECTOR		4.252	110,9	4,5
Barrios Bajos	Existente	22.061	-	20,4
	Proyectada	3.458	1.149,1	3,2
SUBTOTAL SECTOR		25.519	1.149,1	23,5
Surorientado	Existente	3.762	-	3,5
	Proyectada	12.138	3.771,7	11,3
SUBTOTAL SECTOR		15.901	3.771,7	14,8
Isla Teja	Existente	2.458	-	2,3
	Proyectada	-	-	-
SUBTOTAL SECTOR		2.458	-	2,3
TOTAL		48.130	5.031,7	45,1

19. 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 sustituyen y/o 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.

Las medidas no estructurales propuestas en este Plan Maestro 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.

20. RECOMENDACIONES

Se recomienda 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 se puedan evacuar las aguas lluvias del área de estudio, hacia los puntos de disposición final.

No obstante que el estudio desarrollado ha supuesto la situación para la condición futura asociada al pleno desarrollo de la ciudad según el Plan Regulador en vías de aprobación, 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 alguna modificación al Plan Regulador.

Se estima pertinente revisar o verificar los resultados del análisis de frecuencia pluviométrico en alrededor de cinco a diez años más, cuando se cuente con nuevos registros históricos.

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. Posteriormente dichos resultados se extrapolaron al resto del área de estudio. Además, son los mismos registros utilizados en el Plan Maestro original del 2002.

Se recomienda realizar mediciones en colectores adicionales y actuales, de manera de verificar los valores adoptados para el coeficiente de escorrentía y tasas de impermeabilización, debido especialmente a que la mayoría de las tormentas registradas corresponden a períodos de retorno menores a 2 años. Para la calibración se priorizó la utilización de las lluvias asociadas a los mayores periodos de retorno.

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.

Aun 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 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.

La definición de prioridades definidas dependerá de cómo se vaya ampliando la ciudad pudiendo pasar en el tiempo proyectos de Media o Baja Prioridad a una condición de alta prioridad.

De acuerdo a la experiencia de este consultor, resulta de gran ayuda en la mantención sobre todo de canales abiertos, el acompañar los proyectos de ingeniería, con soluciones paisajísticas, como el diseño de plazas, parques y canchas de football, pues se recupera para la comunidad sitios eriazos que colindan con los proyectos y que en ocasiones se transforman en botaderos de basura, la que puede terminar al interior de los canales, impidiendo su normal funcionamiento.