



MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO

**GUIA DE DISEÑO Y
ESPECIFICACIONES DE ELEMENTOS
URBANOS DE INFRAESTRUCTURA
DE AGUAS LLUVIAS**

2005



Ministerio de Vivienda y Urbanismo

La presente Guía, se ha preparado con el objetivo de lograr un cuerpo normativo, técnico y criterios para el diseño de los sistemas de evacuación y drenaje de aguas lluvias de la red secundaria, que permita orientar y regular las exigencias a los urbanizadores sobre esta materia, para ser aplicado por todos los SERVIU del país.

El estudio fue desarrollado por el Departamento de Obras Urbanas del Ministerio de Vivienda y Urbanismo en conjunto con el SERVIU Metropolitano y han participado los siguientes profesionales:

Ricardo Trincado Cvjetkovic	Director SERVIU Metropolitano
Eusebio Herrera Carvajal	Subdirector Pavimentación y Obras Viales SERVIU Metropolitano
Joel Prieto Villarreal	Jefe Depto. Proy. Pavimentación SERVIU Metropolitano
Marcelo Longás Uranga	Jefe Departamento Obras Urbanas MINVU
Ricardo González Guzmán	Ing. Departamento Obras Urbanas MINVU
Miriam Cabrera Trejos	Ing. Departamento Obras Urbanas MINVU

DICIEMBRE 2005

**GUÍA DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE ELEMENTOS URBANOS DE
INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS**

INDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	3
1.1.- Objetivos	3
1.2.- Uso de esta guía	3
1.3.- Marco reglamentario.....	4
1.4.- Externalidades de la urbanización.....	4
CAPÍTULO 2. ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN	5
2.1.- Criterios Generales de Diseño	5
2.2.- Destino de las aguas.....	5
2.3.- Alternativas técnicas de solución	6
2.3.1.- Etapa 1. Disminuir la escorrentía	6
2.3.2.- Etapa 2. Favorecer la retención.....	7
2.3.3.- Etapa 3. Usar y mantener la red natural de drenaje.....	7
2.3.4.- Etapa 4. Colectores Subterráneos.....	7
CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA	8
3.1.- Relaciones Intensidad, Duración, Frecuencia: IDF	9
3.2.- Tiempo de concentración.....	11
3.2.1.- Recorrido de la onda.....	11
3.2.2.- Cuencas rurales, o previas a ser urbanizadas.....	12
3.2.3.- Cuencas urbanas	13
3.3.- Tormentas de diseño	14
3.4.- Coeficientes de escorrentía	16
3.5.- Propiedades de los suelos	18
3.6.- Estimación de caudales.....	19
3.6.1.- Método Racional	19
3.6.2.- Método Racional Modificado	19
CAPÍTULO 4. TÉCNICAS DE GESTIÓN DE ESCURRIMIENTOS URBANOS	22
4.1.- Desconexión de Áreas impermeables	23
4.1.1.- Zanja de Pasto.....	23
4.1.2.- Franja de Pasto.....	23
4.1.3.- Pavimentos permeables.....	23
4.2.- Obras de infiltración	24
4.2.1.- Estanques de Infiltración	24
4.2.2.- Zanjas de Infiltración.....	25
4.2.3.- Pozos de Infiltración.....	25
4.3.- Obras de almacenamiento.....	26
4.3.1.- Lagunas.....	26
4.3.2.- Estanques	26
4.4.- Selección de Obras.....	27

CAPÍTULO 5. TRANSPORTE EN LAS CALLES Y SUMIDEROS	28
5.1.- Esguerrimiento en vías públicas.....	28
5.2.- Perfiles transversales de calles y cunetas.....	29
5.2.1.- Perfiles transversales de calles.....	29
5.2.2.- Cunetas y soleras.....	31
5.3.- Capacidad hidráulica de las calles.....	32
5.3.1.- Capacidad de diseño para tormentas menores.....	32
5.3.2.- Capacidad máxima.....	34
5.4.- Sumideros.....	37
5.4.1.- Tipos de sumidero.....	37
5.4.2.- Capacidad máxima de sumideros.....	38
5.4.3.- Capacidad de diseño de sumideros.....	39
5.4.4.- Ubicación de los sumideros.....	41
5.5.- Intersecciones de calles.....	41
CAPÍTULO 6 COLECTORES	44
6.1.- Colectores subterráneos.....	44
6.1.1.- Condiciones hidráulicas.....	44
6.1.2.- Cámaras.....	46
6.2.- Colectores superficiales.....	46
6.2.1.- Utilización de cauces naturales.....	46
6.2.2.- Canales de drenaje de aguas lluvias.....	47
6.3.- Control de la erosión en cauces naturales.....	48
CAPÍTULO 7. PLANILLA DE VERIFICACIÓN	49
7.1.- Planilla de Verificación Técnica.....	49
7.2.- Ficha de Recepción de Proyectos.....	53
CAPÍTULO 8. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS	54
8.1.- Memoria.....	54
8.2.- Certificados e informes de laboratorio.....	55
8.3.- Especificaciones Técnicas Generales y Especiales.....	55
8.4.- Cubicación y presupuesto.....	55
8.5.- Planos.....	55
8.6.- Planilla de Verificación.....	56
8.7.- Tipos de radiers de cámaras de alcantarillado.....	57
CAPÍTULO 9.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES	62
9.1.- Generalidades.....	62
9.2.- Instalación de faenas.....	63
9.3.- Movimiento de tierras.....	64
9.4.- Obras de Hormigón.....	66
9.5.- Controles.....	72
9.6.- Construcción.....	72

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de urbanización deben considerar la solución de los problemas que puedan producir las aguas lluvias en la zona a urbanizar, utilizando para ello las obras y elementos técnicos necesarios. Debido a que en las zonas urbanas la solución de este tipo de problemas involucra la participación de varios actores, esta guía tiene por fin velar porque las soluciones sean coherentes con el entorno, se adecuen a soluciones más generales y eviten conflictos de intereses con terceros.

1.1 Objetivos

La aplicación de esta guía de diseño para abordar los problemas de las aguas lluvias en zonas urbanas tiene los siguientes objetivos generales:

- Mantener vigentes en el mediano y largo plazo las soluciones estructurales de drenaje de aguas lluvias y el Plan Maestro elaborado para sectores ya urbanizados.
- Solucionar los problemas generados por las aguas lluvias en los lugares en que éstos se originan, sin traspasarlos hacia aguas arriba (por retenciones y el consiguiente peralte de las aguas) o hacia aguas abajo, evitando que se afecte o traspase el problema a terceros.
- Lograr soluciones eficaces con costos razonables de inversión, operación y mantención.
- Incorporar las soluciones de los problemas de aguas lluvias de manera armónica con el proceso de urbanización.

1.2 Uso de esta guía

Esta guía se aplica a los proyectos de redes secundarias de aguas lluvias desarrollados en cumplimiento de las disposiciones de la Ley 19.525 y es aplicable a sectores urbanos de las ciudades que dispongan del Plan Maestro de Aguas Lluvias aprobado. En efecto, el artículo 2° de la citada Ley 19.525 dispone que el resto de las redes no contempladas dentro de la definición de red primaria, constituirán, por exclusión, la red secundaria de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

La red secundaria de aguas lluvias está formada por un conjunto de elementos que captan, retienen y conducen las aguas lluvias en la parte inicial de las redes de drenaje urbano, hasta entregarlas a un sistema de recepción adecuado hacia aguas abajo. Este sistema de drenaje se considera red secundaria hasta que se conecte con la red primaria definida en el Plan Maestro.

1.3 Marco reglamentario

El proyectista deberá tener en consideración otros instrumentos que inciden en el ordenamiento territorial tales como: Planes Reguladores Comunales, Seccionales, Ordenanzas Municipales, DFL 458/75 Ley General de Urbanismo y Construcciones, y su Ordenanza General D.S. N° 47, (V y U) de 1992, Manual de Vialidad Urbana D.S. N° 12 (V y U.) de 1984 y Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación, en el desarrollo de las soluciones de aguas lluvias que se proyecten.

Especialmente considerará la Ley 19.525 que regula los Sistemas de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, el Plan Maestro de Aguas Lluvias de la ciudad correspondiente y la Guía de Diseño de Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos del MINVU, aprobada por D.S. N° 3, (V y U) de 1997

1.4 Externalidades de la urbanización

La urbanización produce una alteración importante del uso del suelo. Algunos de estos cambios son la aparición de nuevas superficies como techos y pavimentos, además de innumerables cauces artificiales como calles y cunetas. Asociado a este desarrollo, se incrementa además una serie de actividades como el tráfico vehicular, el comercio y los procesos industriales.

Este nuevo uso del suelo produce un cambio significativo en las condiciones naturales, y en particular en el ciclo del agua y las características hidrológicas y ambientales. Algunos de éstos son la disminución de la infiltración, la disminución de la capacidad de retención, la creación de nuevos cauces de escurrimiento y la aparición de nuevos contaminantes depositados sobre las superficies urbanas asociados a la actividad humana y disponibles para ser arrastrados por el agua.

Los cambios en el comportamiento de las aguas lluvias urbanas que producen las nuevas urbanizaciones, generan externalidades negativas hacia aguas abajo. Estas externalidades generalmente no están consideradas en el diseño y la operación del sistema de drenaje de la cuenca inferior, y por lo tanto se ponen en evidencia cada vez que ocurren precipitaciones de cierta magnitud. Entre las externalidades negativas más recurrentes en las ciudades se encuentran:

- Aumento en la frecuencia e intensidad de las inundaciones.
- Mayores aportes de agua sobre urbanizaciones ya consolidadas.
- Obsolescencia del sistema de drenaje de aguas abajo a medida que se desarrolla la zona superior.
- Deterioro de los cauces receptores con erosión y sedimentación excesiva.
- Aumento de la carga contaminante en los sistemas naturales de drenaje.

Todos estos efectos, al no ser abordados convenientemente en la misma urbanización que los genera, producen problemas hacia aguas abajo.

CAPÍTULO 2. ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE SOLUCIÓN

Al plantear las alternativas técnicas de solución a los problemas de aguas lluvias en la urbanización, debe tenerse en cuenta los criterios generales de diseño propuestos en esta guía, dar especial atención al destino que se dará a los excesos de las aguas generadas y considerar las opciones técnicas de solución disponibles.

2.1 Criterios Generales de Diseño

El proyectista debe considerar algunos criterios básicos que orientan las soluciones de drenaje de aguas lluvias de la zona a urbanizar. Los proyectos deben satisfacer al menos los siguientes:

- a) Respetar el sistema general de drenaje y la capacidad de los colectores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvias.
- b) Evitar la inundación de calles y bienes para períodos de retorno preestablecidos en las condiciones de diseño.
- c) Evitar que para condiciones de lluvias importantes se genere riesgo para las personas o se produzcan daños a terceros, a la propiedad pública o privada, o pérdidas de bienes.
- d) Si se trata de una urbanización nueva de terrenos que no estaban urbanizados, la urbanización no debe generar mayores caudales máximos que los que se producían antes de urbanizar para las lluvias de diseño.
- e) El criterio anterior también podrá aplicarse a proyectos de remodelación de zonas urbanas extensas, o grandes proyectos industriales, comerciales o institucionales en zonas ya urbanizadas.
- f) Respetar el sistema de drenaje natural de la zona, el trazado de las quebradas y cauces naturales que existan. En lo posible incorporarlo a las áreas verdes para ser utilizado como drenaje del lugar, minimizando los impactos de la urbanización sobre el sistema natural de la cuenca hacia aguas abajo.
- g) Abordar la solución de los problemas de calidad de las aguas lluvias generadas en la urbanización mediante la captación y tratamiento en el lugar de una proporción importante del volumen de escorrentía anual.

2.2 Destino de las aguas

En el proyecto de un sistema de recolección de aguas lluvias urbanas, debe quedar claramente establecido el destino final de las aguas recolectadas por la red. Se consideran aceptables las siguientes opciones:

- a) Para una red de colectores secundarios debe ser la red de colectores primarios definida en el Plan Maestro de aguas lluvias de la zona, o bien un colector secundario diseñado específicamente para recibir dicho aporte.
- b) No deberá emplearse canales de riego como receptores de aguas lluvias de la red secundaria, a menos que expresamente estén considerados de esta forma en el Plan Maestro de aguas lluvias.
- c) Para descargas en sectores en los cuales no se haya habilitado un colector primario o secundario destinado a recibir dichos aportes, se procederá a desarrollar el proyecto considerando los antecedentes técnicos de la conexión futura e implementando un sistema alternativo adecuado de infiltración.

2.3 Alternativas técnicas de solución

La selección de alternativas técnicas de solución debe ser el resultado de un trabajo conjunto entre el urbanizador, el proyectista del sistema de drenaje y los funcionarios locales responsables del sistema público (Municipalidades y SERVIU). Las soluciones de los problemas de aguas lluvias pueden facilitarse si al inicio del proyecto se planifica la red secundaria coordinadamente con otros elementos de la urbanización. Lo anterior, en el entendido que en la mayoría de los casos, la solución de aguas lluvias no es única y las condiciones de borde deben ser claras y conocidas por todos los agentes.

Para seleccionar las mejores alternativas técnicas en cada proyecto se recomienda un proceso por etapas, que aborde los siguientes aspectos:

2.3.1 Etapa 1: Disminuir la escorrentía.

El urbanizador debe planificar la urbanización de manera de minimizar la generación de escurrimiento de aguas lluvias, tener menores caudales máximos y menor volumen escurrido, lo que conduce a reducir problemas de contaminación y menores costos de las obras de drenaje. Para ello se propone:

- a) Reducir las áreas impermeables. Disponer las calles y vías de tránsito de la menor superficie aceptable mediante un diseño creativo de la urbanización. Utilizar al máximo y donde sea posible pavimentos permeables en veredas, estacionamientos, pasajes y sectores de poco tránsito.
- b) Drenar las áreas impermeables, techos y pavimentos, hacia zonas de pasto y vegetación en las cuales se favorezca la infiltración y la retención, evitando el desagüe rápido. Favorecer de esta forma la desconexión de las áreas impermeables, intercalando entre ellas elementos permeables.
- c) Favorecer el drenaje de techos y superficies impermeables de viviendas y recintos privados hacia elementos propios como pozos y zanjas de infiltración, jardines drenantes y similares, promoviendo la solución al interior de los recintos y evitando que agreguen caudal hacia aguas abajo al sistema público.
- d) En las zonas iniciales de la red de drenaje en vez de cunetas y conductos de rápido escurrimiento, utilizar zanjas con vegetación, así como depresiones en áreas verdes para favorecer la detención y la infiltración.

2.3.2 Etapa 2: Favorecer la retención.

Buscar formas para proveer lugares de retención de las aguas lluvias antes que los excesos sean conducidos a la red de drenaje. Tratar de captar parte de cada lluvia, preferentemente la inicial, para favorecer el tratamiento de estas en el lugar, mediante su retención, sedimentación y/o infiltración.

- a) Áreas verdes. Para ello disponer las áreas verdes del lugar en las zonas de aguas abajo, evitando las áreas verdes elevadas, y organizándolas de manera que puedan contribuir al drenaje, agrupándolas en áreas aprovechables e intercalándolas entre áreas impermeables, de manera que reciban las aguas lluvias por gravedad y entreguen los excesos, también gravitacionalmente, hacia aguas abajo, pero sólo una vez que haya tenido la oportunidad de almacenarse e infiltrarse.
- b) Obras de almacenamiento. Proveer espacio adecuado para ubicar obras alternativas, como pavimentos porosos con detención, depresiones de las áreas verdes, estanques de retención, lagunas y otras obras de técnicas alternativas especialmente diseñadas para la urbanización.

2.3.3 Etapa 3: Usar y mantener la red natural de drenaje.

Disponer la red de drenaje de manera de aprovechar al máximo el sistema natural, incluidas pequeñas hondonadas de uso eventual, unificando las áreas verdes y no usando las zonas bajas para otros usos urbanos, evitando la ubicación de viviendas, calles y similares en terrenos que puedan inundarse. Promover el uso de colectores abiertos o cauces naturales.

- a) Colectores superficiales. Aprovechar al máximo la posibilidad de usar colectores abiertos que funcionen como canales urbanos, protegidos de la erosión y con un diseño adecuado a las condiciones urbanas.
- b) Cauces naturales. Estabilizar y proteger contra la erosión los cauces naturales y pequeñas quebradas incorporándolas a las áreas verdes del lugar.

2.3.4 Etapa 4: Colectores Subterráneos.

Disponer de colectores subterráneos para conducir gravitacionalmente todo el escurrimiento que exceda la capacidad de las obras mencionadas en las tres etapas previas para las condiciones de diseño. Para esto, las aguas lluvias se pueden conducir inicialmente por las cunetas y ser captadas mediante una cantidad suficiente de sumideros correctamente ubicados, hasta su descarga en la red principal.

CAPÍTULO 3. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

El sistema de drenaje y sus elementos se proyectan y dimensionan de manera que operen con los criterios señalados en esta guía cuando se les someta a una tormenta de diseño, la que se define para un período de retorno preestablecido, con una duración y precipitación total determinadas. Para cualquier tormenta de igual o menor precipitación, duración o período de retorno, el sistema debe operar sin fallas ni inconvenientes. Para controlar el riesgo de falla del sistema, se fija un periodo de retorno de diseño, con lo cual se asegura la existencia de soluciones de similar calidad de servicio para el público.

Las características principales que definen la tormenta de diseño son el periodo de retorno, la duración y la precipitación total. Otras características secundarias son la distribución temporal de precipitaciones para intervalos menores a la duración total y la distribución espacial en una zona de mayor tamaño. La descripción y criterios para cuantificar estos parámetros, son los siguientes:

- a) El período de retorno se selecciona de acuerdo al riesgo de falla que se está dispuesto asumir para el sistema o elemento a dimensionar. En proyectos de drenaje urbano de aguas lluvias se deben considerar dos tipos de tormentas: una de diseño, con la cual se dimensionan los elementos del sistema con períodos de retorno de 2 años, y otra de verificación, con la cual se comprueba que para situaciones extremas no ocurran problemas graves aunque se aceptan fallas e inconvenientes, que corresponde a períodos de retorno de 100 años.
- b) La duración total está relacionada con el tiempo de concentración de la cuenca aportante, de modo de seleccionar una duración que genere el máximo escurrimiento. Para el diseño de elementos de conducción la duración de la tormenta debe seleccionarse siempre mayor o igual al tiempo de concentración, recomendando una duración que no exceda al tiempo de concentración por más del doble. Para el dimensionamiento de obras de almacenamiento, como estanques o lagunas, debe considerarse duraciones largas, típicamente de 24 horas para elementos de la red secundaria.
- c) La precipitación total de la tormenta es una característica climática del lugar que se puede obtener de las relaciones de Intensidad, Duración, Frecuencia, IDF. Seleccionados el período de retorno y la duración, de estas relaciones se obtiene la precipitación total de la tormenta.
- d) La distribución temporal de la precipitación durante una tormenta es de especial interés. Se debe adoptar distribuciones temporales de precipitación realistas y que maximicen el escurrimiento que genera la cuenca. Para estos efectos se recomienda diseñar la red secundaria con tormentas que concentran su mayor intensidad al inicio.
- e) La distribución espacial de las precipitaciones para una misma tormenta es de interés cuando se analizan zonas extensas. Para el diseño de elementos de la red secundaria se consideran tormentas espacialmente uniformes en una urbanización.

3.1 Relaciones Intensidad, Duración, Frecuencia: IDF

Estas relaciones permiten caracterizar las tormentas en un lugar. Se establecen en base a un análisis estadístico de las lluvias registradas en pluviógrafos de la zona. Para el caso de la Región Metropolitana, se han efectuado varios estudios que permiten tener una buena estimación de estas relaciones. Para el diseño de la red secundaria, se recomienda adoptar los valores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvias de la ciudad correspondiente o la más cercana, y la información sobre series anuales de precipitaciones máximas diarias de la DGA.

La precipitación total de una lluvia de periodo de retorno T, en años, y duración total D, en horas o minutos, se estima como:

$$P_D^T = C \cdot CF^T \cdot CD_D \cdot PD^{10}$$

C es un coeficiente que transforma las precipitaciones diarias en máximas en 24 horas y que adopta un valor igual a 1,0 según el Plan Maestro de Santiago. CF^T es el coeficiente de frecuencia, que para la Región Metropolitana adopta los siguientes valores:

Tabla 1

Periodo de retorno (años)	2	5	10	20	50	100	200
CF^T	0,64	0,86	1,00	1,14	1,32	1,45	1,59

CD_D es un coeficiente de duración cuyos valores para la Región Metropolitana dependen además del periodo de retorno para lluvias entre 1 hora y 24 horas:

Tabla 2

Duración (hr)	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
T = 2 y 5 años CD_D	0,19	0,30	0,47	0,60	0,70	0,77	0,82	0,86	0,92	1,00
T=10 ó más años CD_D	0,17	0,26	0,41	0,53	0,63	0,71	0,77	0,82	0,90	1,00

Para lluvias menores de una hora se recomiendan los siguientes valores, en relación a la precipitación de 1 hora, para cualquier periodo de retorno:

Tabla 3

Duración (minutos)	5	10	15	20	30	40	50	60
CD_D	0,29	0,45	0,57	0,66	0,79	0,87	0,94	1,00

Finalmente, PD^{10} es la precipitación diaria (en milímetros) de 10 años de período de retorno, que se utiliza como referencia. Este valor depende del lugar y se obtiene de mapas de isoyetas diarias. Para el caso de la Región Metropolitana existe una publicación de la DGA y cuyo mapa se reproduce en la Figura 1.

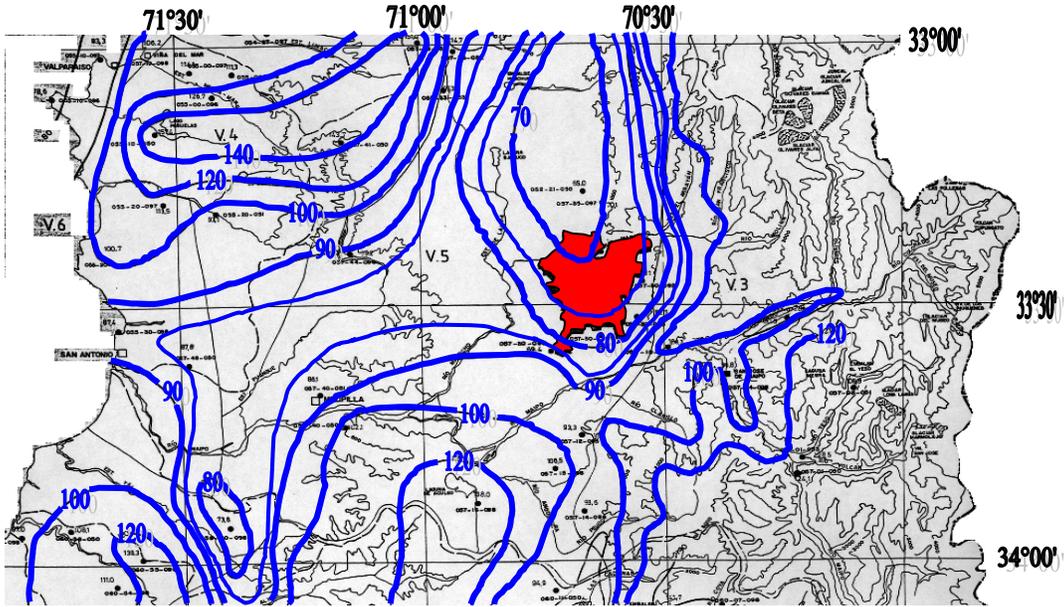


Figura 1: Mapa de Isoyetas de lluvias de un día de duración y 10 años de período de retorno de la Región Metropolitana. Obtenido de la publicación de la DGA Precipitaciones Máximas de 1,2 y 3 días.

Para el caso de la IV Región, existe un mapa de isoyetas proveniente del estudio del Plan Maestro para Coquimbo y La Serena, el cual se muestra en la figura 1-a :

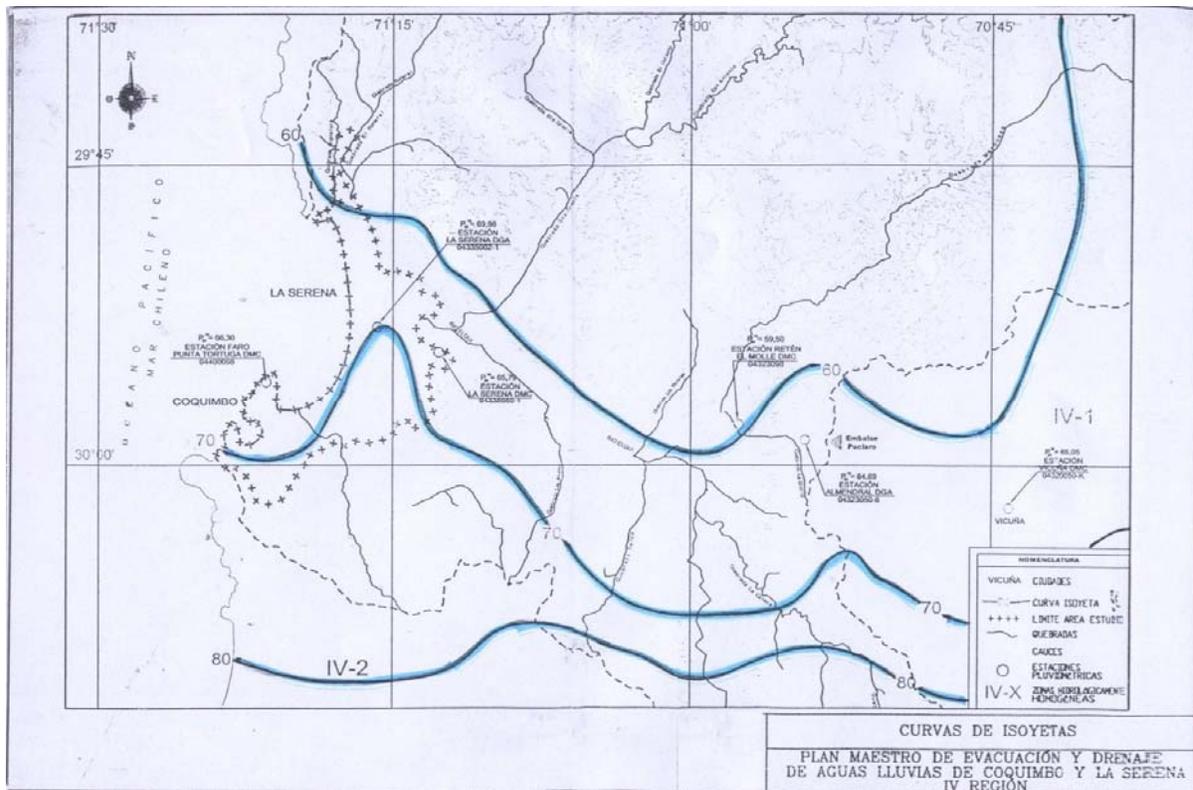


Figura 1-a: Mapa de isoyetas de Coquimbo y La Serena IV Región

Conocida la precipitación de una tormenta de duración D y período de retorno T , la intensidad media, I , se calcula como:

$$I_D^T = \frac{P_D^T}{D}$$

y se mide habitualmente en (mm / hora).

3.2 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración de una cuenca, corresponde al tiempo que debe transcurrir desde el inicio de una tormenta de intensidad uniforme, para que toda la superficie de la cuenca aporte al escurrimiento a la salida. Puede estimarse como el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca, una onda del flujo que parte desde el lugar hidráulicamente más alejado de la sección de salida.

El conocimiento del tiempo de concentración tiene interés práctico ya que al seleccionar tormentas de duraciones mayores al tiempo de concentración, se asegura que la superficie aportante es la máxima. Por lo tanto, si se considera la intensidad máxima de la tormenta concentrada al inicio, se asegura la obtención del caudal máximo a la salida, de manera que es relevante para dimensionar elementos de conducción o transporte. Sin embargo no resulta tan relevante para el diseño de elementos de almacenamiento.

Para calcular el tiempo de concentración de una cuenca se puede recurrir a relaciones empíricas propuestas para cuencas similares, o a estimaciones basadas en la velocidad esperada de la onda una vez definido el recorrido del agua desde el punto más alejado hasta la salida. Para el caso de la Región Metropolitana, el tiempo de concentración no podrá considerarse menor que 5 minutos para cuencas típicas de redes secundarias.

Como no se dispone de relaciones que hayan sido validadas para cuencas urbanas en el resto de Chile, se recomienda el uso de los siguientes procedimientos, entre los cuales el proyectista debe seleccionar el que considere más adecuado.

3.2.1 Recorrido de la onda

Se puede analizar el tiempo de concentración según el camino que debe recorrer la onda desde la zona más alejada. Los primeros elementos pueden ser planos inclinados, como techos o patios. Después avanza por cauces abiertos como zanjas o cunetas, para terminar en elementos de drenaje como colectores, ya sean canales o tubos. Si se tiene N de estos elementos en serie a lo largo del recorrido, el tiempo de concentración se estima como:

$$T_c = \sum_i^N T_c^i$$

Donde T_c^i en [min.] es el tiempo de viaje en el elemento i , estimado a su vez como:

$$T_c^i = \frac{L_i}{60V_i}$$

Siendo L_i en [m] la longitud del flujo y V_i en [m/s] la velocidad de la onda en ese elemento. Esta velocidad se puede estimar según las siguientes relaciones:

Elementos planos, como patios.
$$V = \frac{h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} + \sqrt{gh}$$

Elementos de conducción, como cauces.
$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} + \sqrt{g \frac{A}{b}}$$

3.2.2 Cuencas rurales o previas a ser urbanizadas.

Para cuencas rurales, o previas a ser urbanizadas, con un bajo porcentaje de superficies impermeables, se recomiendan las siguientes relaciones:

Cuencas rurales relativamente planas con escurrimiento preferentemente superficial.
$$T_c = 0,0195 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

Cuencas rurales no planas con escurrimiento preferentemente concentrado.
$$T_c = 0,0203 \left(\frac{L_1^3}{H} \right)^{0,385}$$

Ambas expresiones son básicamente la misma. En la primera, se considera el largo del plano del flujo y su pendiente promedio y en la segunda, el largo del cauce principal y su desnivel.

3.2.3 Cuencas urbanas

En cuencas ya urbanizadas, con porcentajes importantes de superficies impermeables y escurrimiento en planos:

Cuencas urbanas relativamente planas, formadas por patios, estacionamientos, parques, techos, calles, etc.

$$T_c = 7 \frac{L^{0,6} n^{0,6}}{I^{0,4} S^{0,3}}$$

Para cunetas, colectores y cauces en general relativamente anchos.

$$T_c = \frac{1}{60} \left(\frac{L_1 n}{h^{2/3} S^{1/2}} \right)$$

En las relaciones expuestas el significado de los términos y las unidades son los siguientes:

- T_c = Tiempo de concentración, en minutos.
- L = Longitud del escurrimiento superficial, en metros.
- L₁ = Longitud del cauce, en metros.
- S = Pendiente, en metros por metro.
- H = Desnivel en la cuenca, en metros.
- I = Intensidad de la lluvia, en mm/hora.
- h = Altura media del escurrimiento en planos o cauces, en metros.
- V = Velocidad de propagación de la onda, en m/s.
- R = Radio hidráulico del flujo, en metros.
- A = Área del escurrimiento, en metros cuadrados.
- b = Ancho superficial del escurrimiento, en metros
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning de la superficie o el cauce, según Tabla 4.

Tabla 4

Tipo de superficie	Coefficiente n
Tubos de plástico	0,011
Tubos de cemento asbesto	0,012
Tubos de mortero comprimido	0,013
Calles de hormigón y asfalto	0,015
Techos	0,018
Jardines	0,025
Superficies de tierra	0,030
Superficies con vegetación	0,050

3.3 Tormentas de diseño

Para dimensionar los elementos de las obras de drenaje de una urbanización, se supondrá que sobre la cuenca se recibe una tormenta de diseño, de manera que para todas las tormentas iguales o menores a ella las obras funcionan adecuadamente. Para tormentas mayores se aceptará que los elementos vean sobrepasadas sus capacidades de diseño, pero se verificará que no provoquen problemas graves.

- a) Para obras de conducción, que se deben dimensionar para conducir un gasto Q , la tormenta de diseño se selecciona a partir de las curvas IDF del lugar, con el período de retorno de diseño y una duración igual 1 hora si el área de la cuenca es menor a 50 ha. y el tiempo de concentración de la cuenca es menor a 1 hora. Si tanto el área de la cuenca o su tiempo de concentración es mayor al mencionado previamente, se debe usar tormentas de diseño de 24 horas de duración. En todo caso el caudal máximo de diseño en una tubería se determinará con la intensidad media producida en el tiempo igual al tiempo de concentración del área aportante a dicha tubería (ver 3.6.2).
- b) Para obras de almacenamiento, o cuando no se tiene certeza sobre la estimación del tiempo de concentración, es conveniente seleccionar como tormenta de diseño, una de 24 horas de duración con intensidades obtenidas de la curva IDF para el período de retorno de diseño.

Para la Región Metropolitana se dispone de un conjunto de curvas IDF característico, posible de obtener con los coeficientes de duración y frecuencia para la Región y la precipitación de referencia obtenida del mapa de isoyetas de la Figura 1. La precipitación total obtenida a partir de las curvas IDF debe distribuirse temporalmente según se indica en las siguientes tablas y figuras. En primer lugar se muestran las propiedades de una tormenta de diseño de 2 ó 5 años de período de retorno en la Región Metropolitana, con una duración total de 24 horas, obtenida directamente de la curva IDF.

Tabla 5

Duración acumulada, hr	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Duración parcial, hr	1	1	2	2	2	2	2	2	4	6
Precipitación acumulada, % (para $T < a$ 10 años)	19	30	47	60	70	77	82	86	92	100
Precipitación parcial, % (para $T < a$ 10 años)	19	11	17	13	10	7	5	4	6	8
Precipitación acumulada, % (para $T \geq 10$ años)	17	26	41	53	63	71	77	82	90	100
Precipitación parcial, % (para $T \geq 10$ años)	17	9	15	12	10	8	6	5	8	10

La Figura 2 muestra la distribución temporal de la precipitación, para una tormenta de diseño de 24 horas en la Región Metropolitana. La figura de la izquierda, corresponde a períodos de retorno menores de 10 años y la figura de la derecha, a períodos de retorno de 10 años o mayores. Para obtener la precipitación, el valor de cada intervalo debe multiplicarse por la precipitación diaria del lugar para el período de retorno considerado.

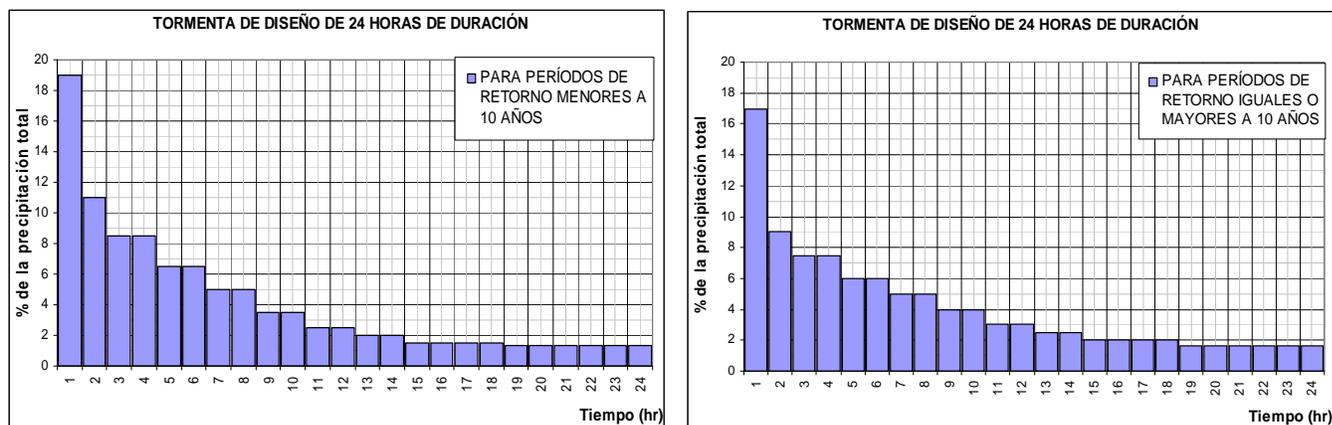


Figura 2: Tormenta de diseño para lluvias de 24 horas de duración. Porcentaje de la precipitación diaria que cae en cada intervalo horario (Región Metropolitana).

Ejemplo 1: Encontrar la tormenta de diseño de 24 horas de duración para un período de retorno de 20 años en una urbanización ubicada en la zona norte de Santiago en los 33°20' de latitud sur y 70°40' de longitud oeste.

Solución:

De acuerdo a la Figura 1, para la ubicación indicada de la urbanización la precipitación de 1 día y 10 años de período de retorno es de 70 mm. De la Tabla 1 el coeficiente de frecuencia para 20 años de período de retorno $CF^{20} = 1,14$. Luego la precipitación en el lugar de 24 horas de duración y 20 años de período de retorno es:

$$P_{24}^{10} = 1,14 \cdot 70 = 79,8mm$$

Utilizando los coeficientes de la Tabla 5, la lluvia de diseño de 20 años de período de retorno y 24 horas para este lugar es:

Duración acumulada, hr	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
Duración parcial, hr	1	1	2	2	2	2	2	2	4	6
Precipitación acumulada, %	17	26	41	53	63	71	77	82	90	100
Precipitación acumulada, mm	13,6	20,7	32,7	42,3	50,3	56,7	61,4	65,4	71,8	79,8
Precipitación parcial, mm	13,6	7,1	12,0	9,6	8,0	6,4	4,7	4,0	6,4	8,0
Intensidad, mm/hr	13,6	7,1	6,0	4,8	4,0	3,2	2,4	2,0	1,6	1,3

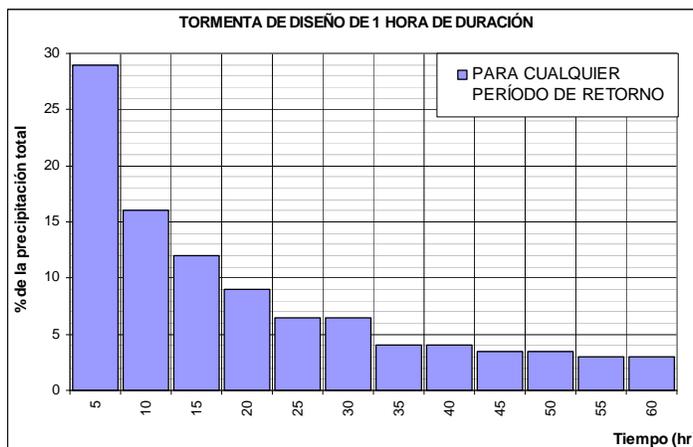
En la Figura 3 se muestran las propiedades de tormentas de diseño de 1 hora de duración y cualquier período de retorno en la Región Metropolitana. Para obtener los valores de precipitación debe multiplicarse el valor de cada intervalo por la precipitación total horaria del lugar para el período de retorno.

Tabla 6

Duración acumulada, minutos	5	10	15	20	30	40	50	60
Precipitación acumulada, %	29	45	57	66	79	87	94	100
Duración parcial, minutos	5	5	5	5	10	10	10	10
Precipitación parcial, %	29	16	12	9	10	8	7	6

Figura 3: Tormenta de diseño para lluvias de 1 hora de duración y períodos de retorno de 2 a 100 años.

Porcentaje de la precipitación horaria para cada intervalo de tiempo.



3.4.- Coeficientes de escorrentía

El coeficiente de escorrentía indica la proporción de la lluvia total que participa directamente en el escurrimiento. El resto de la precipitación queda detenida en las depresiones o moja el suelo, o se infiltra, o se evapora.

Para estimar el coeficiente de escorrentía, puede emplearse los siguientes procedimientos:

Usar los valores propuestos para la zona, que se consignan en el Plan Maestro de aguas lluvias respectivo. Sin embargo debe tenerse en cuenta que el Plan Maestro puede entregar valores promedio para zonas amplias que no necesariamente representen el caso en estudio.

Para zonas ya urbanizadas de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 7

Tipo de zona	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
Áreas residenciales			
Suburbios semiurbanos	0,25	0,32	0,40
Casas Aisladas	0,30	0,40	0,50
Condominios aislados	0,40	0,50	0,60
Condominios pareados o continuos	0,60	0,67	0,75
Departamentos en edificios asilados	0,50	0,60	0,70
Departamentos en edificios continuos	0,70	0,80	0,90
Áreas Comerciales			
Comercio en alta densidad	0,70	0,82	0,95
Comercio en baja densidad	0,50	0,60	0,70
Áreas industriales			
Grandes industrias	0,50	0,65	0,80
Pequeñas industrias	0,60	0,75	0,90
Parques, plazas y jardines	0,10	0,17	0,25

En estas zonas también es aceptable estimar un coeficiente ponderado de acuerdo a la composición de las superficies elementales como se indica en el párrafo siguiente.

Para zonas de nuevas urbanizaciones debe estimarse un coeficiente ponderado según las superficies de cada tipo de ocupación del suelo, estimando las áreas de cada uno de los tipos siguientes, con los coeficientes de escurrimiento que se indican:

Tabla 8

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
Calles			
Asfalto no poroso	0,70	0,82	0,95
Hormigón	0,80	0,87	0,95
Adoquín de cemento sobre arena	0,50	0,60	0,70
Maicillo, ladrillo	0,30	0,40	0,50
Techos			
Zinc, latón, metálicos en general	0,85	0,90	0,95
Tejas, pizarras, cemento asbesto	0,70	0,80	0,90
Patios			
Baldosas, hormigón	0,80	0,87	0,95
Tierra, sin cobertura	0,50	0,60	0,70
Parques, plazas y jardines			
Prados, suelo arenoso	0,05	0,12	0,20
Prados, suelo arcilloso	0,15	0,25	0,35

Para zonas rurales previas a ser urbanizadas, según la siguiente tabla:

Tabla 9

Tipo de superficie	Coeficiente		
	Mínimo	Medio	Máximo
Zonas agrícolas y de bosques o con vegetación natural			
Agrícolas, cultivadas, pend. < 2%	0,10	0,12	0,15
Agrícolas, cultivadas, pend. 2% a 7%	0,15	0,17	0,20
Agrícolas, cultivadas, pend. > 7%	0,20	0,22	0,25
Sin cult., c/veget. Nat., pend. <2%	0,15	0,17	0,20
Sin cult., c/veget. Nat., pend. 2% a 7%	0,20	0,22	0,25
Sin cult., c/veget. Nat., pend. >7%	0,25	0,30	0,35
Semiurbano, parcelas no agrícolas			
Sitios mayores de 5000m ²	0,25	0,32	0,40
Sitios menores de 5000m ²	0,30	0,40	0,50

En general se recomienda utilizar los valores medios de cada categoría, a menos que se justifique el empleo de los valores mínimos. Si se desea considerar condiciones de seguridad se pueden emplear los valores máximos indicados.

El rango de valores indicados en las tablas es para tormentas típicas con periodos de retorno de 2 a 10 años. Para tormentas mayores se recomienda usar el valor más alto dentro de cada rango, o incluso valores mayores si se estima conveniente.

3.5 Propiedades de los suelos

En el caso de soluciones que se basen en la capacidad de infiltración del suelo es conveniente disponer de mediciones efectuadas en terreno. También es posible obtener antecedentes de obras realizadas en el sector, de pozos de extracción de agua subterránea o de estudios de tipo general efectuados en la zona. Como orientación general se pueden considerar los antecedentes hidrogeológicos que se indican en la Tabla 10 para diversas comunas de la Región Metropolitana.

Tabla 10

Comuna	Litología	Tipo de Suelo	Profundidad de la Napa Freática (m)	Tipo de Acuífero (*)
Colina, Lampa, Pudahuel, Quilicura	Fina	Arcilloso con limo. Pumicitas en Pudahuel	20-50 < 2	SCF, L
Renca, Huechuraba, Conchalí, Recoleta, Independencia	Fina y media	Arenoso con grava	20-50	L, LC
Santiago, Providencia, Las Condes, Vitacura, Barnechea	Gruesa	Arenoso con grava	20-50 50-100	L
Cerro Navia, Quinta Normal, Lo Prado, Estación Central	Fina y media	Arenoso con grava. Pumicitas en Lo Prado	20-50	LC, CF
Ñuñoa, La Reina, Peñalolén, Macul	Fina	Arenoso con grava	50-100	LC
San Joaquín, San Miguel, P.A. Cerda, Cerrillos	Gruesa y fina	Arenoso con grava	50-100	L, CF
Maipú, Peñaflor	Gruesa y fina	Arenosos con arcilla y limo en Maipú	20-50	L, CF
Calera de Tango, San Bernardo, Lo Espejo, La Cisterna	Gruesa	Arenoso con grava	50-100 > 100	L
San Ramón, La Pintana, La Granja, La Florida, Pte. Alto	Media y gruesa	Arenoso y grava.	> 100	L
Pirque, Buin	Gruesa	Arenoso muy fino	Sin Información	L

(*) Se denomina CF a Acuífero Confinado, SCF a Acuífero Semi Confinado, LC a Acuífero Libre Cubierto y L a Acuífero Libre. Adaptado del estudio "Evaluación del Riesgo de Contaminación del Agua Subterránea de Santiago Utilizada para Agua Potable", EMOS, 1996.

3.6.- Estimación de caudales

Para calcular los caudales que se generan en una cuenca urbana cuando recibe una precipitación, es posible emplear diferentes procedimientos. Cuando las características de la cuenca lo permitan, se recomienda el empleo del Método Racional o el Método Racional Modificado, los cuales son ampliamente difundidos y usados debido a su sencillez. El proyectista podrá emplear otros métodos más complejos como la aplicación de programas especialmente preparados para el drenaje de aguas lluvias en cuencas urbanas u otros disponibles en la literatura técnica especializada, cuyo empleo se justificará técnicamente para el caso.

3.6.1 Método Racional

Válido para cuencas inferiores a 50 Há. de características homogéneas, con superficie mayoritariamente impermeable sin obras de almacenamiento, con un tiempo de concentración menor a 1 hora. Podrá usarse este método para el dimensionamiento de elementos de conducción. Según este método el gasto aportante de una cuenca urbana se calcula como:

$$Q = \frac{CiA}{3600}$$

donde Q es el caudal a la salida de la cuenca, en litros por segundo, i la intensidad de la lluvia en mm/hora, A el área de la cuenca en m² y C, el coeficiente de escurrimiento de la superficie. Este método entrega un caudal constante a la salida de la cuenca para la lluvia de diseño.

3.6.2 Método Racional Modificado

Es aplicable en las mismas condiciones que el Método Racional, exceptuando el hecho de que puede emplearse en cuencas que poseen elementos de regulación, como estanques o lagunas. Este método permite obtener el hidrograma de la crecida, por lo que puede ser usado para el dimensionamiento de obras de regulación y de conducción.

Si la duración de la tormenta es igual al tiempo de concentración, se genera un hidrograma de respuesta triangular, con un caudal máximo igual al valor entregado en la expresión del Método Racional, un tiempo de ascenso y de descenso igual al tiempo de concentración.

Para lluvias de duración inferior al tiempo de concentración se genera un hidrograma triangular con un tiempo de ascenso igual a la duración de la tormenta, un tiempo de descenso igual al tiempo de concentración de la cuenca y un caudal máximo menor al entregado por el Método Racional, dado por:

$$Q_{max} = \frac{D}{T_c} Q$$

Donde Q es el valor entregado por el Método Racional, D la duración y T_c el tiempo de concentración.

Para lluvias de duración superior al tiempo de concentración se genera un hidrograma trapecial con un caudal máximo igual al del Método Racional pero que permanece constante desde $t = T_c$ hasta $t = D$, a partir del cual cae a cero en un intervalo T_c .

Las Figuras 4, 5 y 6 muestran gráficamente estos hidrogramas.

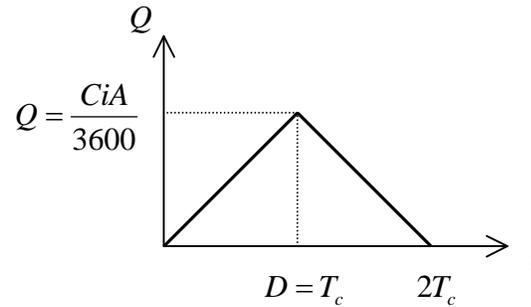


Figura 4: Hidrograma del Método Racional Modificado para tormentas de duración igual al tiempo de concentración.

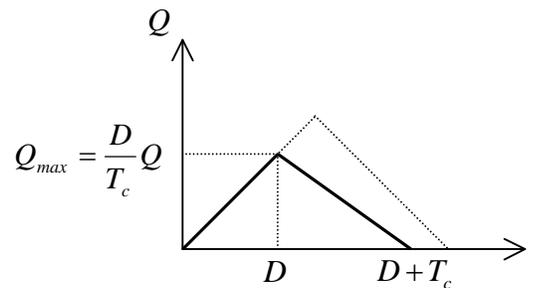


Figura 5: Hidrograma del Método Racional Modificado para tormentas de duración menor al tiempo de concentración.

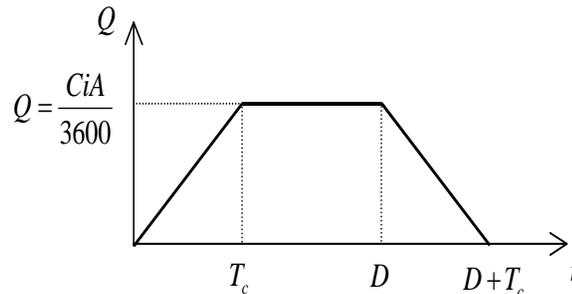


Figura 6: Hidrograma del Método Racional Modificado para tormentas de duración mayor al tiempo de concentración.

En cualquier caso el caudal máximo en una tubería se produce temporalmente en el tiempo de concentración de la cuenca aportante respectiva. De este modo:

$$Q_{\max} = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600} = \frac{C \cdot A}{3600} \cdot \left[\frac{P_{T_c}^T}{T_c} \right]$$

donde Q_{\max} [l/s] es el caudal máximo en una tubería, C es el coeficiente de escorrentía representativo del área aportante a dicha tubería, A [m²] el área aportante a dicha tubería, i [mm/hr] es la intensidad

media de la precipitación, $P_{T_c}^T$ la precipitación de diseño de periodo de retorno T y duración T_c ; y T_c [hr] es el tiempo de concentración del área aportante a la tubería.”

Ejemplo 2: Para una urbanización de 8 ha ubicada en la zona norte de Santiago en los 33°20' de latitud sur y 70°40' de longitud oeste, se requiere calcular el hidrograma de diseño de una tormenta de 20 años de período de retorno y 24 horas de duración con el fin de dimensionar un estanque de retención. El coeficiente de escorrentía de la urbanización ponderado según el tipo de superficies es de 0,7 y el tiempo de concentración estimado es de 30 minutos. Use el Método Racional Modificado.

Solución:

De acuerdo al ejemplo 1, para la ubicación indicada de la urbanización la tormenta de diseño es:

<i>Duración acumulada, hr</i>	1	2	4	6	8	10	12	14	18	24
<i>Duración parcial, hr</i>	1	1	2	2	2	2	2	2	4	6
<i>Precipitación acumulada, %</i>	17	26	41	53	63	71	77	82	90	100
<i>Precipitación acumulada, mm</i>	13,6	20,7	32,7	42,3	50,3	56,7	61,4	65,4	71,8	79,8
<i>Precipitación parcial, mm</i>	13,6	7,1	12,0	9,6	8,0	6,4	4,7	4,0	6,4	8,0
<i>Intensidad, mm/hr</i>	13,6	7,1	6,0	4,8	4,0	3,2	2,4	2,0	1,6	1,3

Dado que la duración de cada intervalo de precipitación de intensidad constante es de 1 hora, mayor al tiempo de concentración de 30 minutos, cada intervalo de precipitación producirá un hidrograma trapecial como se indica en la Figura 6, con un caudal máximo dado por:

$$Q_{max} = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600} = \frac{0,7 \cdot i \cdot 80000}{3600} = 15,56 \cdot i$$

Q_{max} es el caudal máximo en litros por segundo, C el coeficiente de escorrentía, i la intensidad de lluvia en milímetros por hora y A el área de la cuenca en metros cuadrados.

La lluvia durante la primera hora de duración producirá un hidrograma trapecial en el cual el caudal máximo se alcanzará luego de 30 minutos de iniciada la lluvia (valor correspondiente al tiempo de concentración). El caudal máximo se mantendrá constante hasta la hora de duración, a partir de ese instante decaerá linealmente a cero en un tiempo igual al tiempo de concentración.

Considerando intervalos horarios de duración, las intensidades de la tormenta y los caudales máximos que éstos generan son:

<i>Duración acumulada, hr</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Intensidad, mm/hr</i>	13,6	7,1	6,0	6,0	4,8	4,8	4,0	4,0	3,2	3,2	2,4	2,4
<i>Caudal máximo, l/s</i>	212	110	93	93	75	75	62	62	50	50	37	37

<i>Duración acumulada, hr</i>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>Intensidad, mm/hr</i>	2,0	2,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
<i>Caudal máximo, l/s</i>	31	31	25	25	25	25	20	20	20	20	20	20

Superponiendo todos los hidrogramas que genera cada uno de los intervalos de precipitación de una hora de duración cada uno se obtiene el hidrograma de diseño de la cuenca, el cual se muestra en la Figura 7.

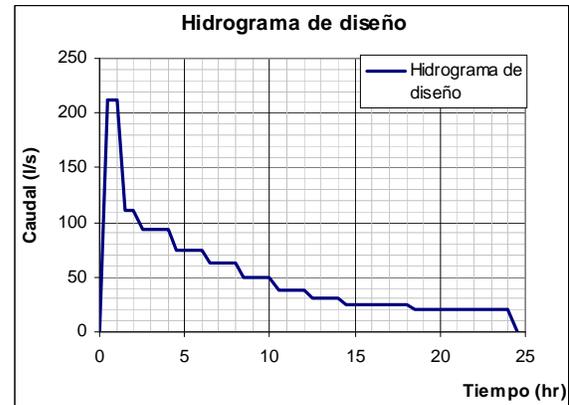


Figura 7: Hidrograma de diseño de la cuenca del ejemplo 2.

CAPÍTULO 4. TÉCNICAS DE GESTIÓN DE ESCURRIMIENTOS URBANOS

El proyectista debe considerar en la solución de aguas lluvias el uso de Técnicas de Gestión de Esgurrimientos Urbanos (TGEU), también conocidas como Técnicas Alternativas, para evitar las externalidades negativas hacia aguas abajo generadas por el proceso de urbanización. El uso de estas técnicas requiere estudiar el proyecto de aguas lluvias en la etapa de planificación y diseño preliminar de la urbanización.

Las TGEU utilizan espacio disponible en las urbanizaciones como plazas y parques, bandejes centrales en calles y avenidas, patios y estacionamientos para recuperar la capacidad de infiltración y retención de la cuenca disminuida por la urbanización. Son utilizadas para controlar el caudal máximo, reducir el volumen generado por la lluvia, prevenir la contaminación por arrastre y la erosión, remover contaminantes y conducir el flujo, con lo cual se pueden cumplir los criterios generales de diseño d, e, f y g de 2.1.

Las Técnicas de Gestión de Esgurrimientos Urbanos, TGEU, se clasifican en varios tipos, según la función principal que cumplen. Estas son: Desconexión de Áreas Impermeables, Obras de Infiltración y Obras de Almacenamiento.

Para la metodología de diseño de estas, esta guía considera recomendable lo señalado en el volumen denominado "Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Guía de Diseño", aprobado por D.S. N° 3 (V. y U.) de 1997.

Los beneficios principales de este tipo de solución son aumentar la infiltración y la retención, con lo que se disminuye la escorrentía máxima y total, colaborando con la remoción de contaminantes por medio de la filtración y la sedimentación, y permitir la construcción de redes colectoras de menor dimensión. Además son elementos efectivos en la recarga de agua subterránea en zonas urbanas.

4.1 Desconexión de Áreas impermeables

La desconexión de áreas impermeables es un esquema general para abordar el problema basado en evitar que las aguas lluvias escurran rápido. Por el contrario, se trata de favorecer la retención, privilegiar los caminos lentos y largos del flujo, y dar oportunidades para la infiltración. Las obras de desconexión de áreas impermeables son obras de menor tamaño y costos reducidos, cuyo objetivo es disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo. Su uso provoca la reducción del área impermeable que efectivamente aporta al escurrimiento. La mayoría de estas obras no significan costos adicionales para la urbanización, ya que forman de por sí parte de ella. Se trata que su diseño y ubicación favorezcan la solución de los problemas de aguas lluvias. Se trata de intercalar zonas permeables entre zonas impermeables para recoger el flujo proveniente de ellas, y drenar hacia aguas abajo un flujo menor. El diseño y construcción de estas obras se basa en aprovechar los espacios disponibles y controlar la dirección del escurrimiento desde aguas arriba. En general reciben el caudal de zonas aportantes pequeñas, como casas, pasajes, condominios, edificios, centros comerciales, calles y estacionamientos.

Entre las obras de desconexión principales se encuentran las Zanjas, las Franjas de Pasto y los Pavimentos Permeables.

4.1.1 Zanja de Pasto

Vía de drenaje cubierta de pasto, de sección trapecial y taludes tendidos. Se diseñan para que el flujo escurra con poca velocidad favoreciendo la retención y la infiltración del agua.

4.1.2 Franja de Pasto

Superficie uniformemente cubierta con pasto y vegetación densa y resistente. El flujo es transversal a ella, provocando infiltración y retención temporal. Adecuada para franjas entre la vereda y la calle, o entre la línea de edificación y la acera.

4.1.3 Pavimentos Permeables

Pavimentos de alta porosidad o bloques prefabricados con espacio en la superficie que permite la infiltración.



Figura 7: Zanjas de pasto.



Figura 8: Franjas de pasto.



Figura 9: Pavimentos permeables.

4.2 Obras de infiltración

Las obras de infiltración captan el flujo superficial y facilitan su infiltración en el suelo. Pueden tener una capacidad de almacenamiento no despreciable, con lo que además de reducir el escurrimiento total, también contribuyen a la disminución del caudal máximo.

Entre las obras de infiltración se encuentran los Estanques de Infiltración, Zanjas de Infiltración y Pozos de Infiltración.

4.2.1 Estanques de Infiltración

Estanque de poca profundidad, ubicado en suelos permeables, que aprovechan la existencia de depresiones naturales en áreas abiertas. Almacenan temporalmente el agua y la infiltran en un

tiempo relativamente corto, ya que operan con alturas de agua pequeñas, del orden de pocos centímetros. Entre eventos, se podrán utilizar como áreas verdes, permitiendo otros usos públicos.

4.2.2 Zanjas de Infiltración

Obras de infiltración longitudinales, con profundidades recomendables entre 1 y 3 metros. Reciben el escurrimiento ya sea desde la superficie o mediante tuberías perforadas que pueden entrar desde cada extremo. De esta última forma pueden ser tapadas, permitiendo otro uso de la superficie como veredas o calles.

4.2.3 Pozos de Infiltración

Excavación puntual de profundidad variable donde se infiltra el agua proveniente de la superficie. Pueden usarse en serie con obras de almacenamiento aguas arriba, como estanques. Además, se pueden utilizar en suelos en que los estratos superficiales no son permeables pero el estrato infiltrante es de textura gruesa. También pueden proyectarse pozos de infiltración semiprofundos, hasta 20m, o pozos profundos hasta 40 o 60m. En todo caso debe cuidarse que este tipo de pozos no descarguen directamente a la napa, para lo cual debe existir entre el fondo del pozo y el nivel máximo del agua subterránea, una diferencia libre significativa.



Figura 10: Estanque de infiltración.



Figura 11: Zanja de infiltración en construcción.



Figura 12: Pozo de infiltración semiprofundo.

4.3 Obras de almacenamiento

Las obras de almacenamiento se usan para disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo por medio de la retención temporal y el almacenamiento controlado en zonas especialmente dispuestas y diseñadas para esto. Estas drenan hacia el sistema de drenaje de aguas abajo o hacia algún elemento de infiltración, como pozos o zanjas. Algunas obras de almacenamiento son Estanques y Lagunas.

4.3.1 Lagunas

Se usan en lugares en que la napa de agua subterránea está alta, o en zonas donde es posible contar con agua para satisfacer un volumen mínimo permanente que posee la laguna durante todo el año.

4.3.2 Estanques

Volumen de almacenamiento disponible que normalmente se encuentra vacío permitiendo su uso para otras actividades, y que durante las tormentas se llena y vacía en pocas horas.

También pueden utilizarse pavimentos permeables con retención subterránea, es decir con capacidad de almacenar agua en la sub-base, bajo el pavimento.



Figura 13: Laguna.



Figura 14: Estanque.

4.4 Selección de Obras

El proyectista podrá considerar para la selección de las obras lo propuesto en la siguiente figura.

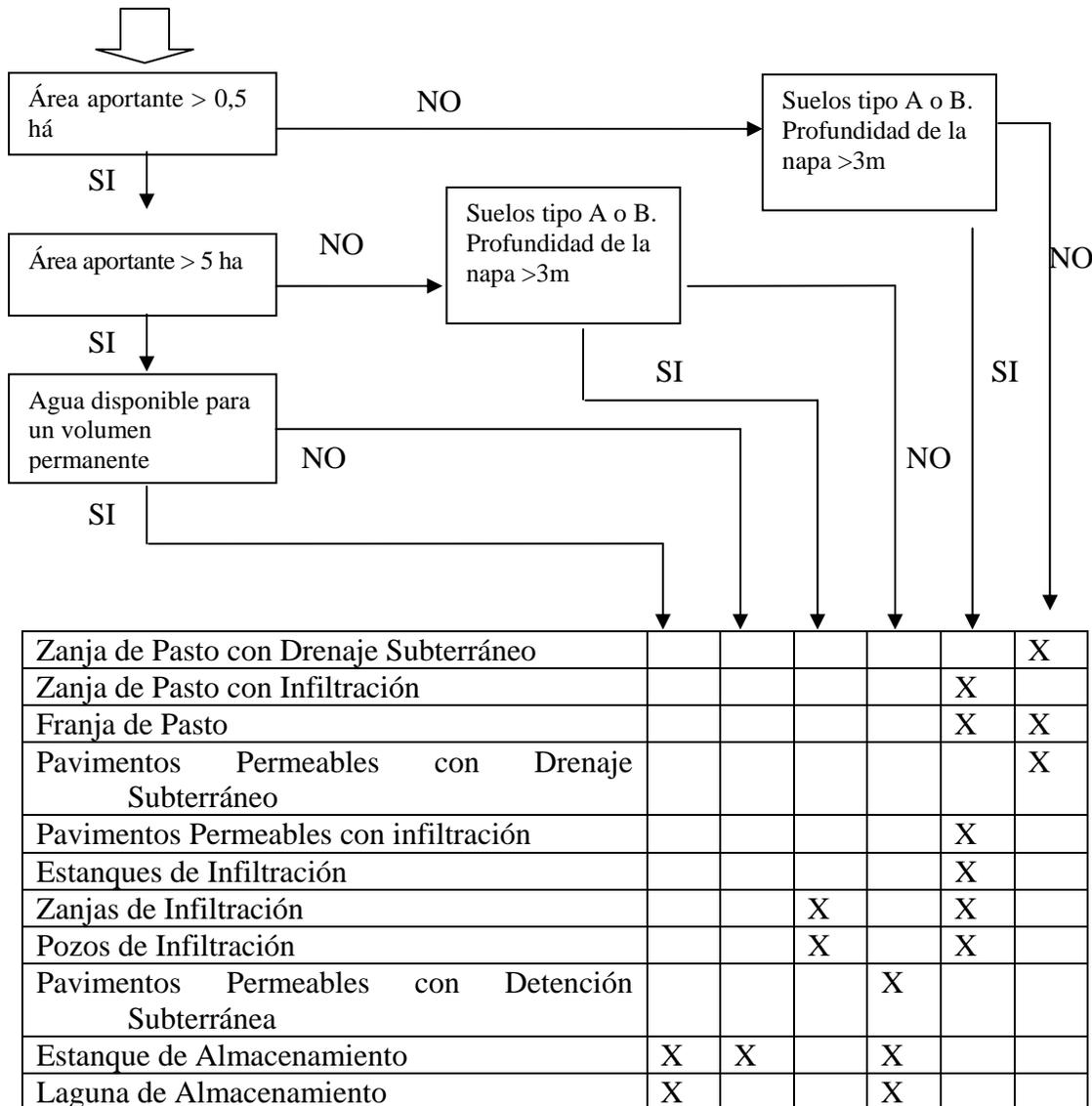


Figura 15: Criterios de selección de Obras Alternativas.

Los suelos tipo A son aquellos con buenas características de infiltración (gravas y arenas limpias). Los suelos tipo B presentan tasas de infiltración moderadas, siendo suelos de textura gruesa con presencia de finos.

CAPÍTULO 5. TRANSPORTE EN LAS CALLES Y SUMIDEROS

Las calles, veredas y otros elementos destinados al tránsito de personas o vehículos reciben parte importante de las lluvias y en muchos casos se consideran como los elementos iniciales del sistema de drenaje. Como su principal tarea no es conducir aguas lluvias, se debe tener especial precaución para evitar disfuncionalidades que impidan el tránsito, considerando de manera especial las capacidades de conducción de agua y la forma de evacuarla hacia los sistemas de drenaje propiamente tales.

5.1 Esguerrimiento en vías públicas

Para el diseño de la red secundaria de aguas lluvias se debe verificar que las calles no conduzcan cantidades importantes de aguas lluvias, de manera que las áreas y profundidades de inundación de las calles en condiciones de tormentas menores, de períodos de retorno de 2 años, no sobrepasen ninguna de las indicadas para cada tipo de vía en la Tabla 11.

El exceso de agua debe necesariamente ser conducido por el sistema de drenaje. Por ello, el proyecto debe contar además con suficientes sumideros, adecuadamente espaciados, que eviten que el agua escurra, se concentre y acumule en las calles por sobre los límites indicados en las Tablas 11 y 12.

Tabla 11

Tipo de vía vehicular	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas menores
Todos los tipos	No sobrepasar el nivel de la solera. El ancho de la cuneta inundada no debe sobrepasar de 1,0 m.

Además, para evitar riesgo a las personas, o daños a la propiedad pública o privada, se debe verificar que para tormentas mayores, con período de retorno de 100 años, las inundaciones provocadas por las aguas lluvias en las calles, no sobrepasen las condiciones que se indican a continuación en la Tabla 12. El exceso de agua debe ser conducido por los colectores, para lo cual se deberá disponer de suficientes sumideros.

Tabla 12

Tipo de vía vehicular	Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas mayores
Todos los tipos	La inundación no debe alcanzar la línea de edificación ni en el nivel ni en la extensión. La velocidad media del flujo no debe sobrepasar los 2 m/s. La velocidad media del agua en cualquier punto de la sección transversal de la calle no debe exceder de 0,3 m si la velocidad media es inferior a 1 m/s, ni de 0,2 m si es mayor a 1,0 m/s.
Pasajes	La profundidad máxima no debe exceder de 0,2 m y la velocidad media debe ser inferior a 1,0 m/s.
Locales y de Servicio	El nivel del agua no debe sobrepasar la solera.
Colectoras y Troncales.	Debe quedar una pista libre de agua.

5.2 Perfiles transversales de calles y cunetas

Las calles reúnen y conducen hacia la red de drenaje las aguas lluvias que precipitan sobre ellas. Adicionalmente en las zonas de aguas arriba de una urbanización pueden recibir aguas lluvias que precipitan sobre los terrenos circundantes, para conducirlos a la red de drenaje, aunque esta práctica no es recomendable ya que termina transformando las calles en colectores superficiales de aguas lluvias. Para evitarlo sólo se permite una cantidad reducida de agua en las calles, limitada por las restricciones impuestas a las condiciones de diseño para tormentas menores, o las de inundación máxima para tormentas mayores según el párrafo 5.1.

Para vías urbanas destinadas a la conducción y transporte de aguas lluvias, el SERVIU podrá aprobar otros diseños debidamente justificados, que permiten una mayor capacidad hidráulica sin limitar la funcionalidad de la vía. Estos diseños deberán mantener como criterios principales, minimizar el riesgo de inundación de viviendas, facilitar el tránsito peatonal y vehicular sobre las calzadas y facilitar la captación de las aguas lluvias a través de los sumideros.

5.2.1 Perfiles transversales de calles

Para facilitar la conducción de aguas en las calles sin que se produzcan problemas, en los bordes de la calzada se formará una cuneta con la solera y el pavimento. La capacidad hidráulica de esta cuneta depende de la pendiente transversal del pavimento y de la pendiente longitudinal de la calle. Para mejorar esta capacidad de conducción se podrán diseñar secciones transversales como las que se indican en las figuras siguientes, incluyendo la posibilidad de formar cunetas fuera de la calzada.

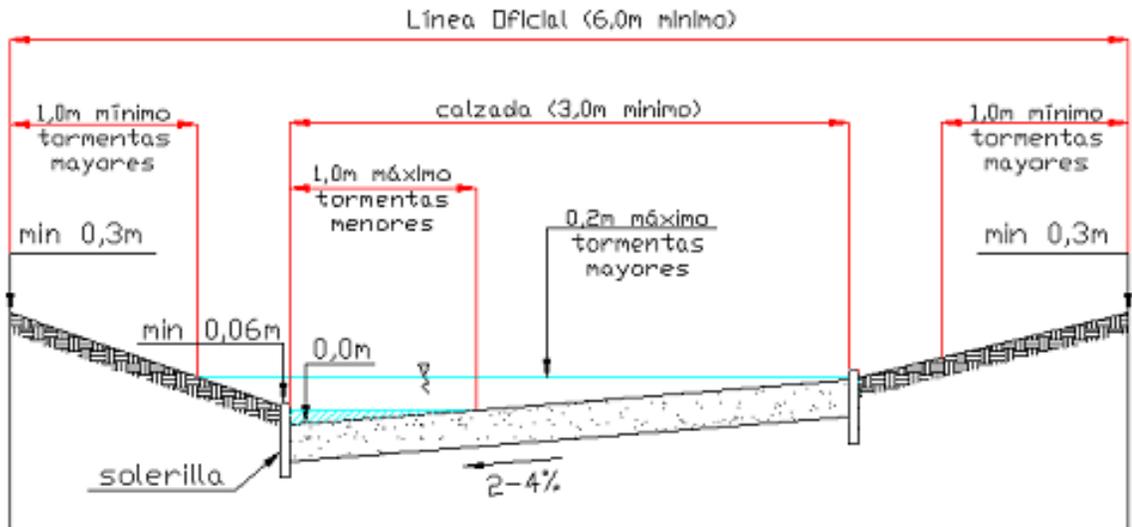


Figura 16: Ejemplo de sección transversal alternativa en Pasajes.

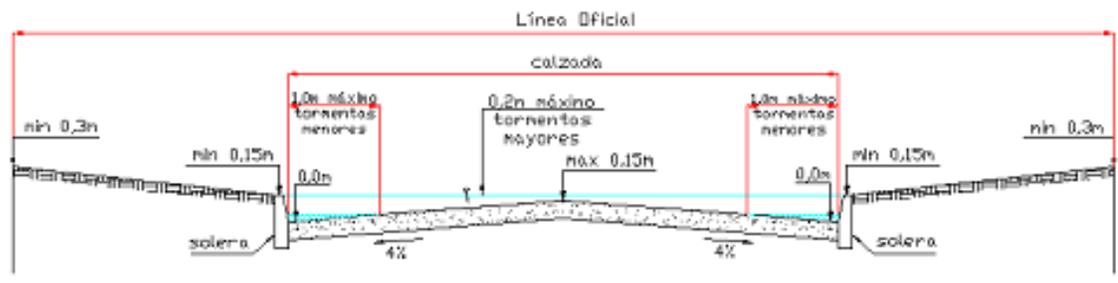


Figura 17: Ejemplo de sección transversal alternativa en Vías Locales y de Servicio con coronamiento al centro y cuneta a ambos lados de la calzada.

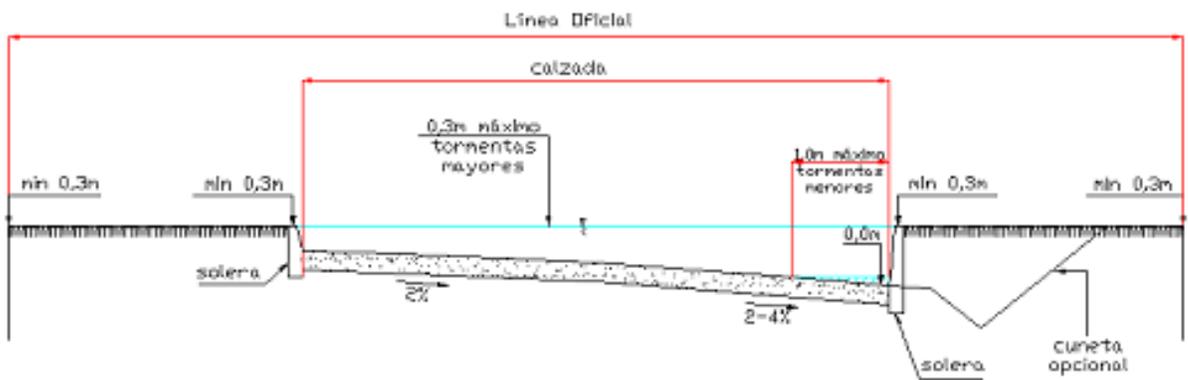


Figura 18: Ejemplo de sección transversal alternativa en Vías Locales y de Servicio con pendiente transversal única y cuneta a un solo lado de la calzada. Opcionalmente la cuneta podría diseñarse fuera de la calzada.

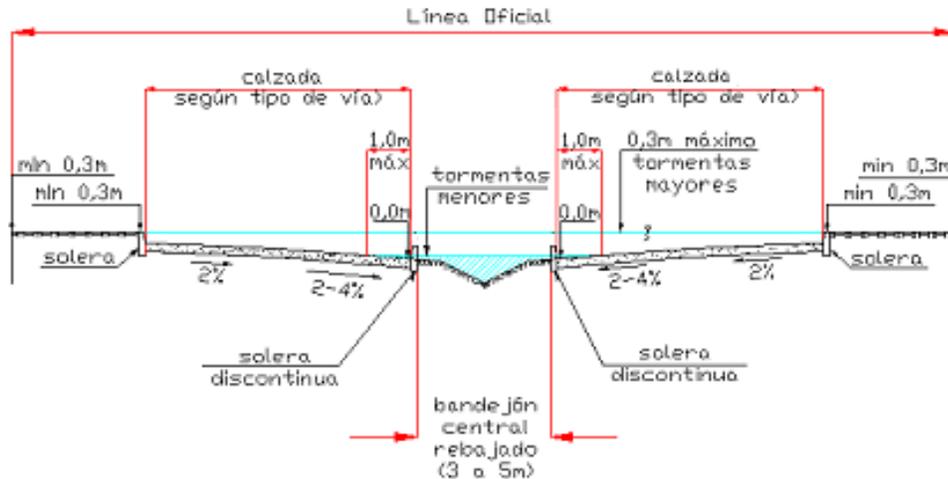


Figura 19: Ejemplo de sección transversal alternativa en Vías Colectoras y Troncales con cuneta al centro de la calzada y un bandejón central para conducir las aguas lluvias en zanja abierta.

5.2.2 Cunetas y soleras

En las vías urbanas la solera permite delinear y limitar la calzada evitando que los vehículos salgan de ella. Al mismo tiempo se utilizan para formar una cuneta y facilitar la recolección y conducción de las aguas lluvias. En la cuneta se ubican los sumideros para extraer el agua desde la calzada y dirigirla hacia el sistema de drenaje. La operación de los sumideros se facilita si el flujo en la cuneta tiene mayor profundidad.

Como una alternativa, el proyectista puede considerar el drenaje de las calles hacia obras de menor tamaño dispuestas especialmente para esto. Estas obras pueden ser zanjas de infiltración o pequeños volúmenes de regulación fuera del límite de la calzada conectados al drenaje hacia aguas abajo. Esto se podrá hacer siempre y cuando exista espacio disponible para ello. También podrán usarse soleras tipo zarpa, las que podrán tener pendientes transversales de hasta el 10%. Para pendientes longitudinales mayores al 10%, es preferible usar solera tipo zarpa en calzadas de hormigón.

Los bandejones centrales de las calles y avenidas pueden incorporarse a la solución de aguas lluvias como zonas de infiltración y retención temporal. En este caso se deben considerar soleras que permitan el drenaje desde la cuneta con sumideros especialmente dispuestos para estos fines y pendientes transversales que conduzcan las aguas lluvias hacia el bandejón central.



Figura 20: Soleras discontinuas y drenaje mediante una pequeña zanja en el bandejón.



Figura 21: Bandejón central rebajado con capacidad de drenaje

5.3 Capacidad hidráulica de las calles

La capacidad teórica de agua que puede conducir una calle se puede estimar con las características geométricas de la cuneta y la pendiente longitudinal de la calzada, aplicando la ecuación de Manning para estimar la velocidad media del flujo, con un coeficiente de rugosidad de $n = 0,015$ para pavimentos de hormigón y asfalto:

$$V = \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} \frac{I^{0,5}}{n}$$

donde:

V	=	Velocidad media del flujo, en m/s
A	=	Área de la sección del flujo en m^2
P	=	Perímetro mojado, en m
I	=	Pendiente longitudinal de la calle, en m/m
n	=	Coficiente de rugosidad de la superficie

Desde el punto de vista del diseño la capacidad de conducción de aguas lluvias de las calles se considerará como el valor mínimo de las siguientes dos capacidades alternativas: considerando el ancho máximo permitido de la sección inundada, o la cuneta llena y un factor de reducción por otros uso de la calle, de acuerdo a lo que se indica a continuación.

5.3.1 Capacidad de diseño para tormentas menores

Estas capacidades teóricas de las calles se entregan como referencia, sin embargo la capacidad real deberá estimarse con las condiciones geométricas de terreno, considerando además que ella se ve afectada por la existencia de singularidades como badenes, lomos de toro, accesos vehiculares, encuentros de calles, reparaciones, vehículos estacionados, etc.

La capacidad teórica de las calles según el ancho máximo inundable permite reunir y conducir pequeños caudales hacia la red de drenaje o a otros cauces para tormentas menores, con períodos de retorno de 2 años.

Las formas geométricas de las cunetas típicas usadas por el SERVIU, corresponden a una cuneta simple formada por la intersección de la solera y una pendiente transversal entre el 2% y el 4% en la calzada, dependiendo del ancho de la calle. Sin embargo también se puede considerar una pendiente distinta en la zona de la cuneta para aumentar su capacidad como se ilustra en la Figura 22.

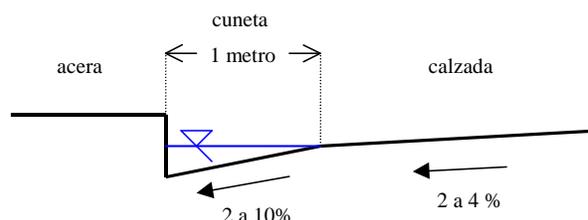


Figura 22: Geometría transversal de la cuneta simple

Considerando un ancho de inundación máximo permitido de 1,0 m en condiciones de diseño, las capacidades de conducción de aguas lluvias de las calles son las que se indican en la Tabla 13:

Tabla 13

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Cuneta simple 2%		Cuneta simple 3%		Cuneta simple 4%	
	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)
0,003	0,17	1,7	0,22	3,3	0,26	5,2
0,004	0,19	1,9	0,25	3,8	0,30	6,1
0,005	0,22	2,2	0,28	4,2	0,34	6,8
0,006	0,24	2,4	0,31	4,6	0,37	7,4
0,007	0,26	2,6	0,33	5,0	0,40	8,0
0,008	0,27	2,7	0,36	5,3	0,43	8,6
0,009	0,29	2,9	0,38	5,7	0,45	9,1
0,010	0,31	3,1	0,40	6,0	0,48	9,6
0,020	0,43	4,3	0,56	8,4	0,68	13,5
0,030	0,53	5,3	0,69	10,3	0,83	16,6
0,040	0,61	6,1	0,80	11,9	0,96	19,1
0,050	0,68	6,8	0,89	13,3	1,07	21,4
0,060	0,75	7,5	0,97	14,6	1,17	23,4
0,070	0,81	8,1	1,05	15,8	1,27	25,3
0,080	0,86	8,6	1,12	16,9	1,35	27,1
0,090	0,92	9,2	1,19	17,9	1,44	28,7
0,100	0,97	9,7	1,26	18,9	1,51	30,2

(1) Se recomiendan pendientes iguales o mayores que el 0,5%. (0,005)

Como puede apreciarse la capacidad de conducción de las calles, con la restricción de un ancho de inundación máxima de 1,0 m y pendiente transversal máxima de 4 % es muy reducida.

En algunos casos se puede recurrir a pendientes transversales de mayor pendiente, ya sea para formar una cuneta simple, o como parte de una cuneta compuesta. En estos casos las capacidades son las que se muestran en la Tabla 14, para flujos con 1,0 m de ancho.

Tabla 14

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Cuneta simple 5%		Cuneta simple 6%		Cuneta simple 7%		Cuneta simple 10%	
	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)	Velocidad (m/s)	Gasto (l/s)
0,003	0,30	7,5	0,34	10,2	0,37	13,1	0,46	23,2
0,004	0,35	8,7	0,39	11,7	0,43	15,1	0,54	26,8
0,005	0,39	9,7	0,44	13,1	0,48	16,8	0,60	29,9
0,006	0,43	10,7	0,48	14,4	0,53	18,5	0,66	32,8
0,007	0,46	11,5	0,52	15,5	0,57	19,9	0,71	35,4
0,008	0,49	12,3	0,55	16,6	0,61	21,3	0,76	37,9
0,009	0,52	13,1	0,59	17,6	0,65	22,6	0,80	40,2
0,010	0,55	13,8	0,62	18,6	0,68	23,8	0,85	42,3
0,020	0,78	19,5	0,87	26,2	0,96	33,7	1,20	59,9
0,030	0,95	23,9	1,07	32,1	1,18	41,3	1,47	73,3
0,040	1,10	27,6	1,24	37,1	1,36	47,7	1,69	84,7
0,050	1,23	30,8	1,38	41,5	1,52	53,3	1,89	94,6
0,060	1,35	33,8	1,51	45,4	1,67	58,4	2,07	103,7
0,070	1,46	36,5	1,64	49,1	1,80	63,0	2,24	112,0
0,080	1,56	39,0	1,75	52,5	1,93	67,4	2,39	119,7
0,090	1,65	41,3	1,86	55,7	2,04	71,5	2,54	127,0
0,100	1,74	43,6	1,96	58,7	2,15	75,4	2,68	133,9

(1) Se recomiendan pendientes iguales o mayores que el 0,5%. (0,005)

5.3.2 Capacidad máxima

La capacidad máxima de las calles se establece para la verificación frente a tormentas mayores, con períodos de retorno de 100 años, en la cual se acepta que conduzca agua hasta el nivel superior de la solera, evitando que desborde la calle e inunde las propiedades vecinas.

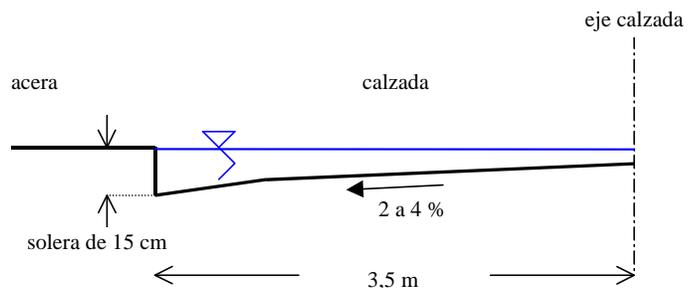


Figura 23: Esquema del escurrimiento a cuneta llena.

Para estimar la capacidad de las calles con la cuneta llena, hasta el borde de la solera, se puede utilizar la mencionada ecuación de Manning, pero se debe incluir un factor de corrección para tomar en cuenta la reducción de capacidad por autos estacionados, obstrucciones en la cuneta, olas y salpicaduras. Los valores de capacidad indicados a continuación suponen flujo uniforme. En casos especiales deberá hacerse cálculos más precisos estimando los niveles del eje hidráulico considerando el efecto de las singularidades. El factor de corrección depende de la pendiente longitudinal. Los factores de corrección, valores máximos teóricos para una cuneta llena con soleras de 15cm, y las capacidades máximas a considerar con cunetas simples y pendientes transversales típicas son los que se muestran en la Tabla 15:

Tabla 15

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Factor de corrección	Cuneta simple 2 % (2)		Cuneta simple 3 % (2)		Cuneta simple 4 % (2)	
		Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)
0,003	0,30	0,84	101	0,75	77	0,66	55
0,004	0,40	0,97	156	0,87	119	0,76	85
0,005	0,50	1,08	218	0,97	166	0,85	119
0,006	0,80	1,19	382	1,06	290	0,93	209
0,007	0,80	1,28	413	1,15	314	1,01	226
0,008	0,80	1,37	441	1,23	335	1,08	241
0,009	0,80	1,45	468	1,30	355	1,14	256
0,010	0,80	1,53	494	1,37	375	1,20	270
0,020	0,70	2,17	611	1,94	464	1,70	334
0,030	0,60	2,65	641	2,38	487	2,08	350
0,040	0,50	3,07	617	2,75	469	2,41	337
0,050	0,45	3,43	621	3,07	471	2,69	339
0,060	0,37	3,75	559	3,36	425	2,95	305
0,070	0,32	4,06	522	3,63	397	3,18	285
0,080	0,28	4,34	489	3,88	371	3,40	267
0,090	0,25	4,60	463	4,12	351	3,61	253
0,100	0,21	4,85	410	4,34	311	3,80	224

(1) Se recomiendan pendientes mayores o iguales que el 0,5%. (0,005)

(2) Se considera la calle llena hasta el eje (3,5 m) solamente como máximo.

(3) Considera el factor de corrección.

Para el caso de cunetas simples y pendientes transversales mayores los valores de capacidad máxima de conducción son los que se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16

Pendiente longitudinal de la calle (1)	Factor de corrección	Cuneta simple 5 % (2)		Cuneta simple 6 % (2)		Cuneta simple 7 % (2)	
		Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)	Veloc. (m/s)	Gasto(3) (l/s)
0,003	0,30	0,63	42	0,62	35	0,62	30
0,004	0,40	0,73	65	0,72	54	0,72	46
0,005	0,50	0,81	91	0,81	76	0,80	64
0,006	0,80	0,89	160	0,88	132	0,88	112
0,007	0,80	0,96	173	0,95	143	0,95	121
0,008	0,80	1,03	185	1,02	153	1,01	130
0,009	0,80	1,09	196	1,08	162	1,07	138
0,010	0,80	1,15	206	1,14	171	1,13	145
0,020	0,70	1,62	255	1,16	211	1,60	179
0,030	0,60	1,99	268	1,97	222	1,96	188
0,040	0,50	2,29	258	2,28	214	2,26	181
0,050	0,45	2,56	260	2,55	215	2,53	182
0,060	0,37	2,81	234	2,79	194	2,77	164
0,070	0,32	3,03	219	3,01	181	2,99	153
0,080	0,28	3,24	204	3,22	169	3,20	144
0,090	0,25	3,44	194	3,42	160	3,39	136
0,100	0,21	3,63	171	3,60	142	3,58	120

(1) Se recomiendan pendientes mayores o iguales que el 0,5%. (0,005)

(2) Se considera la calle llena hasta el eje (3,5 m) solamente como máximo.

(3) Considera el factor de corrección.

Se debe hacer notar que con flujos a cuneta llena, se producen escurrimientos con velocidades mayores que las permitidas para pendientes longitudinales de las calles superiores al 2,5%, como se destaca con las casillas en gris en las tablas anteriores. En estas condiciones no se podrá ocupar la calzada totalmente llena para el escurrimiento de aguas lluvias ya que con ello se sobrepasa las velocidades máximas permitidas de 2 m/s, que generan riesgos importantes a peatones y vehículos en las calles. Por otra parte, en los caudales máximos permitidos indicados en los cuadros anteriores, se considera el factor de reducción de la capacidad de la calle, debido fundamentalmente al exceso de velocidad, de manera que para la verificación del flujo con tormentas mayores deberá considerarse que las calles no pueden conducir caudales superiores a los indicados. Debido a esto las pendientes longitudinales máximas recomendadas para las calles que conduzcan aguas lluvias, deben reducirse a valores máximos del orden del 2,5%. En calles de mayor pendiente longitudinal debe incorporarse un sistema de drenaje independiente, evitando que las aguas lluvias escurran por las calles.

5.4 Sumideros

El proyecto de aguas lluvias debe considerar sumideros para captar y conducir el escurrimiento superficial, preferentemente de las calles, hacia los elementos de la red secundaria.

La capacidad hidráulica de captación de los sumideros depende de su tipo pero también de su ubicación, la pendiente de la calle, las características del flujo y los sedimentos que lleve el agua. Es necesario por lo tanto emplear factores de reducción para tomar en cuenta estos efectos. Factores del orden de 0,5 son razonables si no se dispone de mayores antecedentes.

5.4.1 Tipos de sumidero

Se emplearán sumideros según los tipos aprobados por el SERVIU, considerando para su selección los aspectos del tránsito, seguridad de peatones y vehículos, operación en condiciones extremas, mantención y costos. Los sumideros son en general de tres tipos:

- a) Sumideros horizontales, con rejilla, ubicados en la cuneta. Funcionan efectivamente dentro de un rango amplio de pendientes de la calle, pero las rejillas se obstruyen con facilidad y pueden generar inconvenientes para ciclistas y peatones. Tipos S3 y S4 del SERVIU.
- b) Sumideros laterales de abertura en la solera. Funcionan admitiendo objetos arrastrados por la corriente, pero su capacidad decrece con la pendiente, de manera que no se recomiendan para calles con pendientes longitudinales superiores al 3%. Pueden confeccionarse a partir del tipo S2 del SERVIU si se elimina la abertura horizontal en la cuneta. Cuando se utilice este tipo de sumidero se recomienda aumentar la pendiente transversal de la calzada en la zona de la cuneta.
- c) Sumideros mixtos. Combinan aberturas horizontales en la cuneta y laterales en la solera. Se recomiendan para un amplio rango de condiciones. Tipos S1 y S2 del SERVIU.

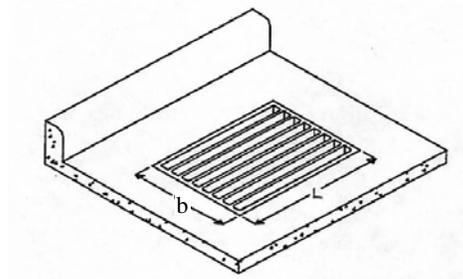


Figura 24: Sumidero lateral.

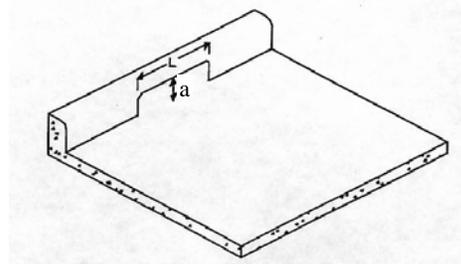


Figura 25: Sumidero horizontal.

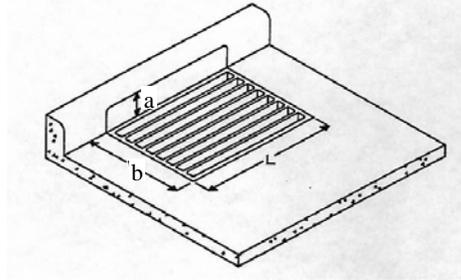


Figura 26: Sumidero mixto

5.4.2 Capacidad máxima de sumideros

La capacidad máxima de los sumideros depende del tipo, tamaño y diseño de la rejilla. Su capacidad hidráulica se puede estimar suponiendo que funcionan hidráulicamente como vertederos para pequeñas alturas de agua y como orificios para alturas de agua mayores. Colocados en una calle con pendiente no siempre logran captar toda el agua que viene por ellas aunque teóricamente dispongan de capacidad para ello.

- a) Un sumidero horizontal de largo L (a lo largo de la cuneta, en metros) y ancho b (transversal a la calle, en metros), con una rejilla de área de aberturas A , en metros cuadrados, puede evacuar como máximo un caudal Q_m (m^3/s):

$$Q_m = 1,66(L + 2b)h^{1,5} \quad \text{si funciona como vertedero: } h < 1,6 \frac{A}{L + 2b}$$

$$Q_m = 2,66Ah^{0,5} \quad \text{si funciona como orificio: } h \geq 1,6 \frac{A}{L + 2b}$$

donde h es la altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero, en metros.

- b) Un sumidero lateral de largo L (a lo largo de la cuneta, en metros), y altura de abertura a (vertical, en metros), puede evacuar como máximo un caudal Q_m (m^3/s):

$$Q_m = 1,27Lh^{1,5} \quad \text{si funciona como vertedero: } h < a$$

$$Q_m = 2,66Lah^{0,5} \quad \text{si funciona como orificio: } h \geq a$$

donde h es la altura de agua del escurrimiento en la calle frente al sumidero, en metros.

Para los sumideros tipo S1, S2, S3, S4 del SERVIU, así como también sumideros especiales que posee el SERVIU, correspondientes a baterías de sumideros de mayor longitud con rejilla horizontal, las capacidades máximas se muestran en la Figura 27:

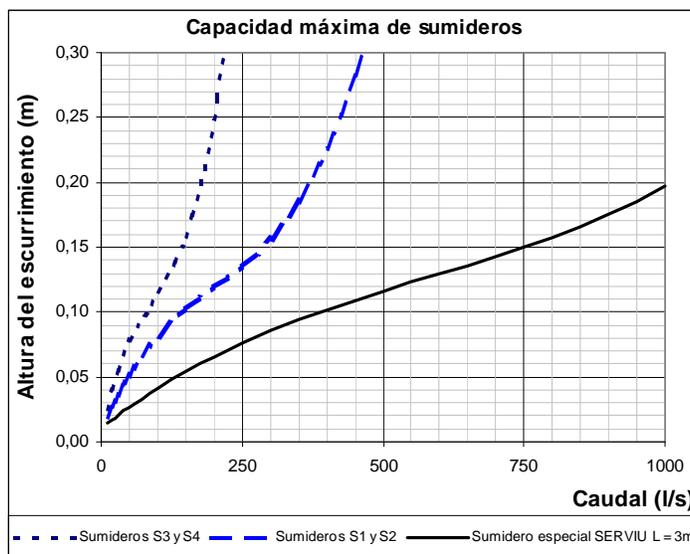


Figura 27: Capacidad máxima de sumideros tipo del SERVIU.

5.4.3 Capacidad de diseño de sumideros

Los sumideros no necesariamente logran captar el caudal correspondiente a su capacidad máxima. En la realidad, los sumideros captan solo parte del escurrimiento que escurre por la cuneta, la fracción no captada escurre aguas abajo y debe agregarse al caudal que recibe la calle, quedando por lo tanto para el siguiente sumidero. En términos de diseño se habla de la eficiencia de un sumidero E, como la proporción que es capaz de captar del caudal que escurre por la cuneta.

La eficiencia global del sumidero es la suma de las eficiencias del sumidero horizontal y del sumidero lateral. Esta depende principalmente de las características geométricas de la cuneta, de las características geométricas del sumidero y de la magnitud del caudal que escurre por la cuneta. La capacidad de diseño del sumidero debe considerarse como el valor mínimo entre las dos opciones siguientes:

$$\begin{aligned}
 Q_s &= E \cdot Q = (E_H + E_L)Q && \text{si } (E_H + E_L)Q \leq Q_m \\
 Q_s &= Q_m && \text{si } (E_H + E_L)Q > Q_m
 \end{aligned}$$

donde Q_s es el caudal captado por el sumidero, Q el caudal que escurre por la cuneta aguas arriba del sumidero, Q_m la capacidad máxima de captación del sumidero según 5.4.2. E la eficiencia global del sumidero cuyo valor máximo es 1,0. E_H la eficiencia del sumidero horizontal y E_L la eficiencia del sumidero lateral.

- a) Un sumidero horizontal de largo L, metros, y ancho b, metros, colocado en la cuneta captura una proporción E_H del caudal que viene por la calle con un escurrimiento de ancho

superficial T, metros, una velocidad V, metros por segundo, y una pendiente transversal de la cuneta S_x, metro por cada metro:

$$E_H = E_0 + R_s(1 - E_0) \quad 0 \leq E_H \leq 1$$

$$E_0 = 1 - \left(1 - \frac{b}{T}\right)^{2,67} \quad 0 \leq E_0 \leq 1$$

$$R_s = \frac{1}{\left(1 + \frac{0,0828V^{1,8}}{S_x L^{2,3}}\right)} \quad 0 \leq R_s \leq 1$$

- b) En un sumidero lateral de altura a, metros, dispuesto en la cuneta, en que la altura del escurrimiento es h, metros, se logra captar una proporción E_L del caudal Q que escurre por la calle. L es el largo de la abertura del sumidero, metros, S_L es la pendiente longitudinal de la calle, metros por cada metro, S_x la pendiente transversal de la cuneta, metros por cada metro, Q el caudal que escurre por la calle, metros cúbicos por segundo, n el coeficiente de Manning:

$$\text{si } h \leq a \quad E_L = 1 - \left(1 - \frac{L}{L_T}\right)^{1,8} \quad 0 \leq E_L \leq 1$$

$$\text{si } h > a \quad E_L = 1$$

$$L_T = 0,817Q^{0,42} S_L^{0,3} (nS_x)^{-0,6} \quad \text{con } L_T \text{ mínimo igual a } L$$

Notar que cuando la altura del escurrimiento sobrepasa la abertura del sumidero el caudal captado viene limitado solamente por la capacidad máxima de captación del sumidero lateral según 5.4.2.

- c) Para los sumideros tipo S1, S2, S3, S4 y especiales del SERVIU las características y eficiencias de captación son las siguientes:

Tabla 17

Características	Sumidero S1 ó S2	Sumidero S3 ó S4	Sum. especial SERVIU
Sumidero Horizontal			
Largo L, en metros	0,98	0,66	3,0
Ancho b, en metros	0,41	0,41	0,70
Área libre, rejilla Fe laminado, m ²	0,22	0,15	0,93
Sumidero Lateral			
Largo L, en metros	0,98	---	3,0
Altura a, en metros	0,1	---	0,1
Eficiencia de Sumideros			
Condición de diseño (1m en la cuneta) para cualquier pendiente longitudinal	0,90	0,80	1,00
Flujo a cuneta llena			
Pend. long. de la calzada < 0,01	0,45	0,40	0,75
0,01 ≤ Pend. long. de la calzada ≤ 0,05	0,25	0,20	0,75
Pend. long. de la calzada > 0,05	0,10	0,05	0,50

5.4.4 Ubicación de los sumideros

Los sumideros se ubicarán ya sea solos o formando baterías de sumideros en serie, preferentemente en la cuneta de las calles, en los lugares que resulten más efectivos, para lo cual se puede considerar las siguientes recomendaciones:

- a) En las intersecciones entre calles para captar el 100% del flujo que llega por las calles, de manera de evitar que el flujo cruce las calles en las intersecciones. Se ubicarán aguas arriba del cruce de peatones.
- b) En las partes bajas de las intersecciones de calles, formadas por las cunetas que llegan desde aguas arriba. En lo posible se tratará de evitar que existan zonas bajas en las que se pueda acumular el agua, favoreciendo siempre el flujo hacia aguas abajo.
- c) Inmediatamente aguas abajo de secciones en las que se espera recibir una cantidad importante de aguas lluvias, como salidas de estacionamientos, descargas de techos, conexiones de pasajes.
- d) Siempre que la cantidad acumulada de agua en la cuneta sobrepase la cantidad máxima permitida para condiciones de diseño.
- e) Se prohíbe la colocación de sumideros atravesados transversalmente en las calzadas.
- f) Para conectar los sumideros a la red se preferirá hacerlo en las cámaras. En estos casos el tubo de conexión llegará a la cámara con su fondo sobre la clave del colector que sale de la cámara.
- g) Cuando sea necesario conectar un sumidero directamente al colector la conexión debe hacerse por la parte superior de este último. El tubo de conexión debe ser recto, sin cambio de diámetro, pendiente ni orientación. El ángulo de conexión entre el tubo y el colector debe ser tal que entregue con una componente hacia aguas abajo del flujo en el colector. Para este empalme podrá emplearse piezas especiales.
- h) Los sumideros también se podrán conectar directamente a otros elementos de la red secundaria, como pozos, zanjas, estanques o lagunas.

5.5 Intersecciones de calles

Para el diseño de intersecciones mantener los siguientes criterios:

- a) En las intersecciones de calles debe evitarse que el flujo de cualquiera de las cunetas cruce transversalmente la otra calle.
- b) En ningún caso el flujo de la calle de menor importancia debe cruzar la calle principal.
- c) Si es necesario que el flujo a la calle principal cruce la calle secundaria debe proveerse de un badén.
- d) Evitar que se formen zonas bajas, facilitando el drenaje hacia aguas abajo.

Figura 28: Sumideros en cruce de calles de igual importancia sin supresión de los coronamientos. Las flechas indican la dirección del flujo de aguas lluvias y la pendiente principal de la calzada.

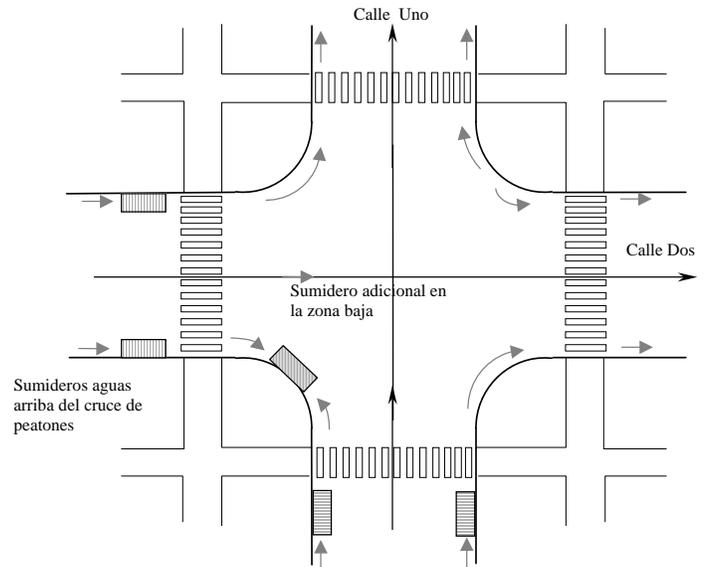
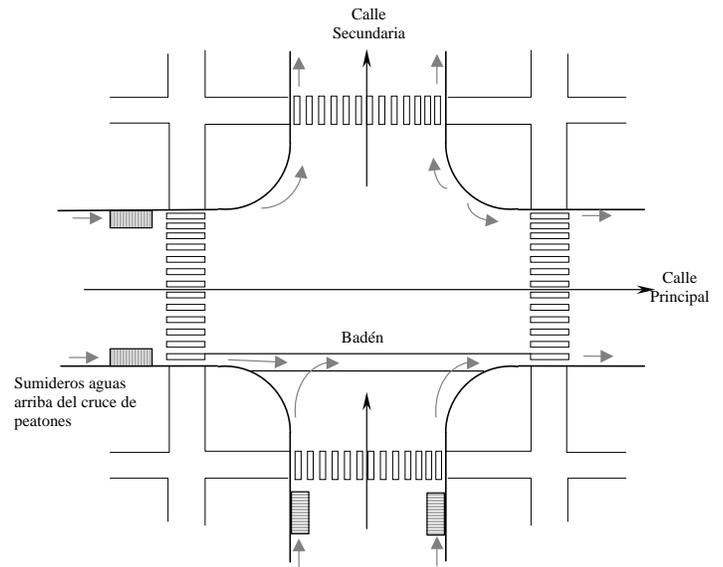


Figura 29: Sumideros en cruce de calle de distinta importancia en el cual se suprime el coronamiento de la calle secundaria. Las flechas indican el sentido de flujo y la pendiente principal de la calzada.



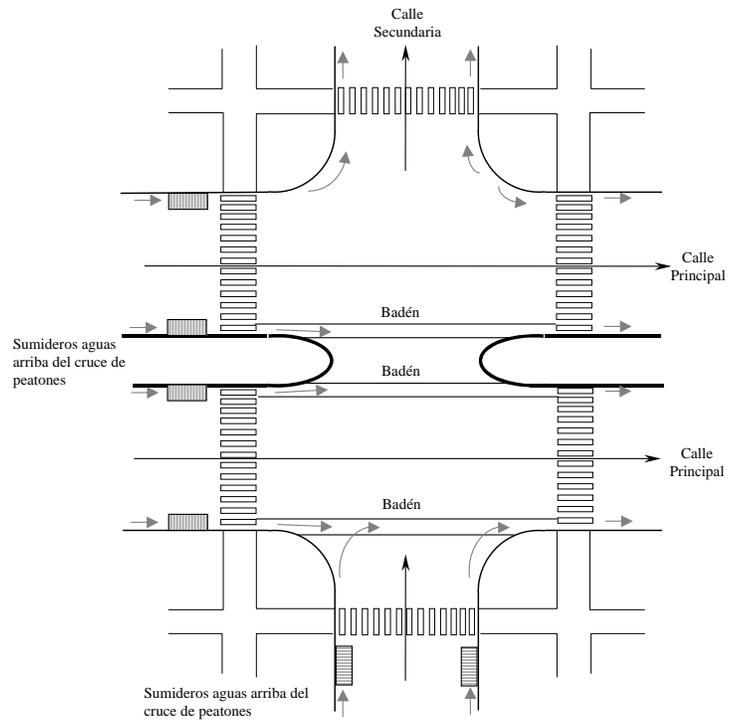


Figura 30: Sumideros en cruce de calle con bandejón central para calzada con cunetas a ambos lados. Las flechas indican el sentido de flujo y la pendiente principal de la calzada.

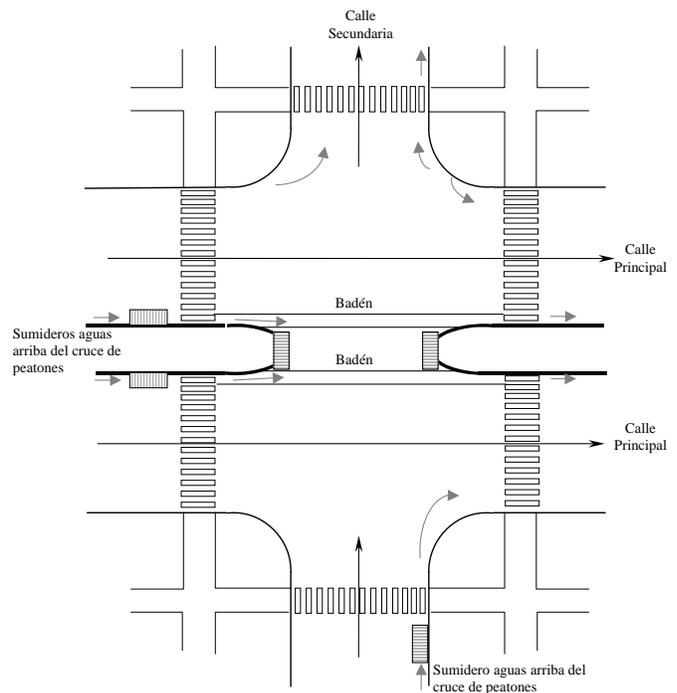


Figura 31: Sumideros en cruce de calle con bandejón central para calzada con cunetas a un solo lado de la calzada en el bandejón central. Las flechas indican el sentido de flujo y la pendiente principal de la calzada.

CAPÍTULO 6. COLECTORES

La red secundaria de un sistema de aguas lluvias está formada por diversos elementos para la captación, retención, almacenamiento, conducción y entrega de las aguas generadas en la urbanización. Los elementos de conducción normalmente reciben el nombre de colectores y pueden ser superficiales o subterráneos.

Tradicionalmente se han empleado colectores subterráneos ya que permiten utilizar el suelo para otros usos, lo que facilita la urbanización de sectores de alta densidad o con pocas áreas verdes. Además pueden conducir aguas lluvias y aguas servidas simultáneamente, de manera que en los sistemas unitarios, ésta es la única alternativa urbanamente aceptable. Sin embargo, dado que los sistemas de aguas lluvias se utilizan solo esporádicamente en días de lluvia, y las urbanizaciones deben disponer de sectores de áreas verdes, es posible utilizar colectores superficiales, con diseños especiales para sectores urbanos que pueden resultar significativamente más económicos y adecuados para la urbanización si se diseñan correctamente.

6.1. Colectores subterráneos

En este caso el sistema de conducción de la red secundaria de un sistema de aguas lluvias está formada por tuberías y cámaras, que reciben el agua desde los sumideros y la conducen hacia un punto de entrega.

Los tubos de los colectores son generalmente circulares prefabricados de materiales como mortero de cemento comprimido, fibrocemento, PVC y otros materiales autorizados. Pueden considerarse otros tipos de sección y construidos en terreno de acuerdo a las condiciones de proyecto y los costos involucrados.

6.1.1. Condiciones hidráulicas

Para las condiciones de diseño los colectores secundarios funcionarán con escurrimiento libre. Por lo general los colectores de la red secundaria son de sección circular. Para ello el diámetro de los tubos se selecciona de manera que para el caudal máximo de diseño la altura de agua sea igual o menor que 0,8 veces el diámetro D . Si la altura de agua es igual a $0,8D$, la velocidad media del flujo, V , y el gasto, Q , están relacionados con el diámetro del tubo, la pendiente longitudinal y el coeficiente de rugosidad del material mediante las siguientes relaciones, basadas en la ecuación de Manning para flujo uniforme:

$$V = 0,45 \frac{D^{2/3} I^{1/2}}{n}$$
$$Q = 0,30 \frac{D^{8/3} I^{1/2}}{n}$$

donde :

V = Velocidad media del flujo, en metros por segundo.

Q = Gasto, en metros cúbicos por segundo.

I = Pendiente de fondo del tubo, en metro por metro, (adimensional).

D = Diámetro interior del tubo, en metros.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning, según la Tabla 18:

Tabla 18

Tipo de superficie	Coefficiente n
Tubos de plástico	0,011
Tubos de fibrocemento	0,012
Tubos de mortero comprimido	0,013

Considerando un coeficiente de rugosidad de 0,012 los caudales en (l/s) para tuberías de distintos diámetros y pendientes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 19

Diámetro (mm)	Pendiente (%)						
	0,1	0,2	0,5	0,8	1,0	2,0	5,0
300	32	46	72	92	102	145	229
400	70	99	156	197	221	312	493
500	126	179	283	358	400	566	894
600	206	291	460	582	650	920	1454
700	310	439	694	877	981	1387	2193
800	443	626	990	1252	1400	1980	3131
900	606	857	1356	1715	1917	2711	4286
1000	803	1135	1795	2271	2539	3590	5677
1200	1306	1846	2919	3693	4128	5839	9232

(*) En los casilleros en gris se excede la velocidad máxima permitida de 3 m/s

Adicionalmente se adoptarán las siguientes condiciones para tubos de colectores de la red secundaria:

- El diámetro mínimo de los colectores debe ser 400mm.
- La velocidad máxima del escurrimiento no debe sobrepasar 3m/s.
- La velocidad mínima del escurrimiento no debe ser inferior a 0,9m/s para las condiciones de diseño. Para ello deberá adoptarse la pendiente de fondo correspondiente para los tubos.
- Se podrán diseñar obras especiales y tramos en presión, como sifones invertidos, si el proyecto lo requiere. En este caso se deben tomar las medidas para evitar embanques, y lograr una adecuada operación y mantención.

6.1.2 Cámaras

La red de colectores subterráneos se completará con cámaras de inspección, las que se colocarán con criterios similares a los establecidos para una red de alcantarillado de aguas servidas. Estas cámaras son indispensables para la correcta operación y mantención de los colectores subterráneos.

El diseño de las cámaras será de acuerdo a la Norma Chilena NCh 1623 Of. 80, la que define dimensiones para cámaras Tipo a y Cámaras Tipo b, según la profundidad total. Las tapas también se dimensionarán de acuerdo a esta norma.

Las cámaras se colocarán de manera de asegurar que los tubos entre ellas sean siempre rectos y uniformes. Para ello obligadamente debe considerarse una cámara al menos en las siguientes situaciones:

- a) Al inicio de la red.
- b) Cuando corresponda cambio de diámetro en el colector.
- c) Cuando corresponda un cambio de pendiente del colector.
- d) Cuando se requiera un cambio de orientación o dirección del colector.
- e) Cuando corresponda cambio del material del tubo.
- f) Cuando se necesite intercalar una caída o cambio de nivel brusco del tubo.
- g) Cuando confluyan dos o más colectores.
- h) En tramos rectos cada 120 metros como máximo.

Una misma cámara, podrá utilizarse para resolver una o más de las situaciones indicadas anteriormente.

6.2 Colectores superficiales

El proyectista debe considerar la conservación y/o mejoramiento de los cauces naturales que se encuentren al interior del área de desarrollo. En las nuevas urbanizaciones se puede incorporar estos cauces a la urbanización con un diseño adecuado, considerando que en general los cauces abiertos presentan mayores capacidades de conducción que los cerrados cuando son superadas las capacidades de diseño. Sin embargo se debe tener cuidado con la utilización de canales de riego para el drenaje de aguas lluvias ya que ellos han sido diseñados con otros criterios y es muy difícil que se adapten para estos fines.

6.2.1 Utilización de cauces naturales

Para mantener los cauces naturales y utilizarlos como parte de la red de drenaje es importante considerar los siguientes aspectos:

- a) Mantener su trazado original, sin considerar su entubamiento, salvo para obras de arte.
- b) Desarrollar obras para controlar la erosión, evitar la sedimentación y en general, mantener estable la sección del cauce natural.

- c) Mantener la operación del cauce con la urbanización igual que cuando se encontraba en condiciones naturales. Vale decir, no debe desbordarse o socavar el lecho para lluvias similares que no presentaban dichas fallas en condiciones naturales.
- d) La urbanización puede requerir un aumento en la capacidad del cauce, para lo cual este debe estar provisto de zonas de inundación para crecidas mayores ($T = 100$ años o similar), las que se deben diseñar como áreas verdes con taludes tendidos, de al menos 5:1 (H:V), considerando que cuando no funcionen como zona inundable sean áreas públicas para usos recreacionales o de paisajismo.

6.2.2 Canales de drenaje de aguas lluvias

También se pueden diseñar canales artificiales de drenaje de aguas lluvias, los que deben considerar su utilización para otros fines cuando no hay crecidas, así como la protección de la erosión.

En las Figuras 32 a 35 se presentan algunos ejemplos de canales de drenaje que conducen aguas lluvias urbanas.



Figura 32: Canal de drenaje urbano en un área verde, con taludes tendidos.



Figura 33: Canal de drenaje urbano con protección para erosión y caída para disipación de energía.



Figura 34: Canal de drenaje de aguas lluvias con protección de erosión para flujos más habituales.



Figura 35: Canal de pasto.

Tanto para los cauces naturales urbanos, como para los colectores abiertos, debe considerarse un diseño adecuado para controlar la erosión y mantener estable la sección. Esto puede requerir incorporar caídas y disipadores de energía también de diseño especial.

6.3.- Control de la erosión en cauces naturales

Para el diseño de colectores abiertos y el mejoramiento y mantención de cauces naturales, debe considerarse el control de la erosión en el diseño.

En este tipo de obras, el control de la erosión se basa principalmente en la disminución de la velocidad del escurrimiento y el control de la altura de agua. Para esto, el proyectista debe considerar lo siguiente:

- a) Utilizar taludes tendidos mínimo 5:1 (H:V), para aumentar el área de la sección, evitar la erosión y facilitar la mantención.
- b) Ocupar el espacio disponible para aumentar el ancho superficial del escurrimiento, de manera de disminuir la altura.
- c) Utilizar pendiente longitudinal baja, controlando la cota con caídas y disipadores de energía incorporados con beneficios paisajísticos a la urbanización.
- d) Verificar el cumplimiento de restricción de velocidad máxima del flujo.
- e) Utilizar enrocado o algún tipo de material o elemento que controle la erosión, sobretodo en la zona por donde fluye el agua con caudales altos.

En la Tabla 20 se especifican algunas restricciones para controlar la erosión en las condiciones de flujo máximo, con crecidas del orden de $T = 100$ años.

Tabla 20

Propiedad	Valor Máximo
Altura de agua, m	1,5
Pendiente de Fondo, %	0,6
Número de Froude	
cubierta sin vegetación	0,3
cubierta de pastos naturales	0,3
cubierta de pastos de jardín	0,6
Velocidad (m/s)	
cubierta sin vegetación	0,7
cubierta de pastos naturales	0,9
cubierta de pastos de jardín	1,5

CAPÍTULO 7. PLANILLA DE VERIFICACIÓN

A continuación se presentan dos planillas de verificación:

La primera, es una planilla de verificación técnica, la cual deben incorporar todos los proyectos de diseño de redes secundarias al ser presentados para su aprobación. Esta servirá para verificar las condiciones del proyecto y su cumplimiento con criterios y aspectos específicos de esta guía. También servirá al SERVIU para verificar que el proyecto haya seguido los criterios de diseño y especificaciones de esta guía. Tiene por objeto además, orientar al proyectista y al revisor en la búsqueda de soluciones al problema de las aguas lluvias en la urbanización. Sin embargo, el SERVIU debe entregar una factibilidad de solución de aguas lluvias, orientar una determinada solución y aprobar u observar el proyecto que se presente.

La segunda planilla de verificación es una ficha para la recepción de proyectos de aguas lluvias, de modo de verificar que la presentación del informe cumple con los aspectos formales para su tramitación y archivo.

7.1. Planilla de Verificación Técnica

Criterio	Pregunta	Ref	SI	NO	No aplica
Criterios Generales de Diseño	¿Se está informado sobre lo que indica el Plan Maestro para el sector?	2.1			
	¿Se consideran en el proyecto propuesto las soluciones que indica el Plan Maestro y se adapta a ellas?	2.1			
	¿Se verifica que no se produzcan inundaciones de bienes público ni privados en el sector a urbanizar para lluvias importantes?	2.1			
	¿Se verifica que los caudales máximos que produce el proyecto no sean mayores que los que se producían previo a la urbanización?	2.1			
	¿Se identifica en el proyecto el sistema de drenaje natural?	2.1			
	¿Se respeta y mantiene de manera sustantiva el sistema de drenaje natural de la zona?	2.1			
	¿Se identifican los lugares bajos con alto riesgo de inundación en el sector y se adoptan las medidas para evitar que se produzcan problemas en ellos?	2.1			
	¿Se verifica que no se recibe aportes de aguas lluvias desde fuentes externas a la zona que se urbaniza?	2.1			
	Si recibe aportes externos, ya sea superficialmente o a través de la red de drenaje: ¿Se consideran en el sistema de drenaje de la urbanización y se les da una solución adecuada?	2.1			

Destino de las Aguas	¿Descargan las aguas lluvias de la urbanización a un colector primario o a algún colector secundario especialmente diseñados para recibir dicho aporte?	2.2			
	¿Se verifica que el sistema receptor tiene capacidad para recibir y evacuar sin inconvenientes las nuevas descargas proyectadas?	2.2			
	Si las aguas lluvias descargan a un cauce natural distinto de la red primaria: ¿Se cuenta con la autorización de la Dirección General de Aguas?	2.2			
	¿Se consideró lo indicado en la Guía de Diseño sobre Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos para el destino de las aguas de obras de almacenamiento o infiltración?	2.2			
	Si las aguas lluvias descargan a un canal de regadío: ¿Estaba éste contemplado para tales efectos en el Plan Maestro?	2.2			
Factibilidad de Anteproyecto y Proyecto Definitivo	Si no hay un sistema habilitado para recibir los aportes, ¿se cuenta con la factibilidad para el proyecto?	2.3			
Alternativas Técnicas de Solución	El diseño de la urbanización: ¿Favorece la disminución de la escorrentía superficial?	2.4.1			
	El diseño de la urbanización: ¿Incorpora las áreas verdes al sistema de drenaje?	2.4.1			
	¿Se integran las áreas verdes con los elementos de almacenamiento, infiltración o transporte de aguas lluvias?	2.4.2			
	¿Se utiliza y promueve el uso de la red natural de drenaje de la cuenca como vía importante de drenaje y evacuación de aguas lluvias?	2.4.3			
	¿Se considera una red de colectores para drenar los excesos de las aguas lluvias?	2.4.4			
Hidrología	¿Se indica el tamaño de las distintas áreas según usos proyectados del suelo?	3.4			
	¿Se calculan e indican los coeficientes de escorrentía de cada sector con valores razonables?	3.4			
	¿Se calculan los tiempos de concentración de la cuenca y subcuencas aportantes a secciones de interés según procedimientos adecuados?	3.2			
	¿Se estima el aporte de la cuenca en condiciones previas a la urbanización según procedimientos y datos adecuados?	3.6			
	¿Se utiliza la precipitación de referencia correcta según la información disponible en la Región Metropolitana?	3.1			

	¿El diseño considera lluvias que reflejan el comportamiento de las precipitaciones en la región según lo indicado por las curvas IDF disponibles?	3.1			
	¿Se consideran lluvias de diseño con distribución temporal e intensidades según lo propuesto por esta norma?	3.3			
	¿Se indica información empírica sobre las características de infiltración del suelo?. ¿Se realizó con procedimientos adecuados?	3.5			
	¿Se indica la profundidad de la napa freática del agua subterránea en el sector de acuerdo a datos confiables?	3.5			
	¿Se calcula e indica el hidrograma de crecida del sector en condiciones posteriores a la urbanización?	3.6			
	¿Se utiliza una metodología adecuada para estimar caudales máximos en las secciones de interés?	3.6			
	¿Se utilizan hidrogramas de entrada a las obras y elementos de infiltración propuestos que son adecuados a las condiciones de diseño?	3.6			
	¿Se utilizan hidrogramas de entrada a las obras y elementos de almacenamiento propuestos que son adecuados a las condiciones de diseño?	3.6			
	¿Se utilizan hidrogramas de entrada a las obras y elementos de transporte o conducción propuestos que son adecuados a las condiciones de diseño?	3.6			
Técnicas de Gestión de Ecurrimientos Urbanos	¿Se diseñaron las franjas de pasto o bandejoneras centrales de modo que puedan recibir aguas lluvias?	4.1			
	¿Se consideraron pavimentos porosos o permeables en lugares de escaso tránsito como estacionamientos y similares?	4.1			
	Si el tipo de suelo y profundidad de la napa lo permiten: ¿Se consideraron zanjas, pozos o estanques de infiltración para pequeñas áreas?	4.2			
	¿Se diseñaron obras de almacenamiento lo suficientemente eficaces como para que la urbanización no genere mayor caudal máximo del que se generaba previo a ella?	4.3			
Transporte en calles y sumideros	¿Se verifica que se cumplan los anchos máximos inundables y las velocidades máximas permitidas en las calles para condiciones de diseño (condición con T = 2 años)?	5.1			
	¿Se verifica que se cumplan los anchos máximos inundables y las velocidades máximas permitidas en las calles para condiciones de verificación (condición con T = 100 años)?	5.1			

	Los sumideros de aguas lluvias considerados en el proyecto: ¿Son suficientes y están correctamente ubicados?	5.4			
	¿Se verificó que en las intersecciones de calles no existan lugares de apozamiento, ni que el flujo atraviese la calle principal?	5.5			
Colectores	¿Se dispone de colectores suficientes en cantidad y dimensiones, de modo de conducir los excedentes de aguas lluvias sin que se sobrepase la capacidad máxima permitida en las calles?	6			
	¿Satisfacen los colectores subterráneos las velocidades, diámetros y alturas máximas de agua exigidas para una red secundaria?	6.1			
	¿Se dispuso de cámaras de inspección en los lugares que corresponde?	6.1.2			
	Los cauces naturales o colectores superficiales de aguas lluvias del proyecto: ¿Cumplen con los requisitos en lo referente al control de erosión?	6.3			

7.2 Ficha de Recepción de Proyectos

FICHA DE RECEPCIÓN E INGRESO DE PROYECTOS DE AGUAS LLUVIAS

Fecha de Ingreso: _____

	SI	NO
Carta de Presentación		
Memoria		
Certificados e Informes de Laboratorio		
Especificaciones Técnicas		
Cubicación Cantidades de Obras		
Cubicación Movimientos de Tierras		
Presupuesto		
Planos del Proyecto		
Planilla de Verificación Técnica		
Disquete o CD con el Proyecto		
Carpeta con Carátula		

Observaciones:

Nombre del Encargado de Recepción: _____

Firma y Timbre: _____

CAPÍTULO 8. PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

El proyecto de red de colectores secundarios de aguas lluvias, debe ser presentado para su aprobación en el SERVIU regional, por un profesional responsable autorizado por el servicio.

El proyecto debe incluir los siguientes aspectos:

- Memoria.
- Certificados e informes de laboratorio (si corresponde).
- Especificaciones Técnicas Generales y Especiales.
- Cubicación y presupuesto.
- Planos.
- Planilla de Chequeo.

8.1 Memoria

Consiste en un informe ejecutivo de carácter técnico en el que se exponen los principales aspectos del proyecto. Incluye:

Generalidades. Principales características del proyecto:

- a) Individualización del proyecto.
- b) Objetivos y criterios de diseño.
- c) Ubicación: Región, Provincia, Comuna, urbanización o loteo.
- d) Límites del terreno.
- e) Propietario.
- f) Profesional responsable.
- g) Fecha de presentación.
- h) Red Principal según el Plan Maestro.
- i) Esquema general de solución.
- j) Periodos de retorno adoptados.
- k) Destino de las aguas lluvias generadas.

Antecedentes.

- a) Áreas drenadas según tipo.
- b) Antecedentes sobre precipitaciones.

Hidrología.

- a) Lluvias de diseño.
- b) Tiempos de concentración.
- c) Coeficientes de escurrimiento.
- d) Caudales producidos para lluvias de diseño.
- e) Caudales para tormentas mayores.

Dimensionamiento Hidráulico.

- a) Caudales máximos de diseño en las calles.
- b) Tipos y ubicación de sumideros.
- c) Red de colectores. Tamaños y pendientes.
- d) Cámaras. Ubicación, tipos y dimensiones.
- e) Verificación de condiciones de tormentas mayores.

Estructuras.

- a) Excavaciones.
- b) Dimensionamiento estructural de elementos.

8.2 Certificados e informes de laboratorio

Incluir si corresponde, los certificados o informes de laboratorio que justifiquen algunas de las opciones adoptadas en el proyecto.

8.3 Especificaciones Técnicas Generales y Especiales

Indicar las Especificaciones Técnicas Generales aplicables al proyecto y desarrollar las Especificaciones Técnicas Especiales que incluyan:

Movimiento de tierras
Obras de infiltración
Obras de retención
Sumideros
Colectores
Cámaras de inspección
Otras.

8.4 Cubicación y presupuesto

La cubicación y el presupuesto de las obras podrán incluirse en las Especificaciones Técnicas Especiales.

8.5 Planos

Los planos deberán consignar todos los elementos necesarios para la correcta construcción de las obras, así como para proceder a su revisión y aprobación.

Deberán incluirse al menos los siguientes:

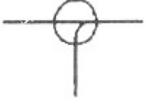
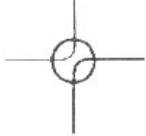
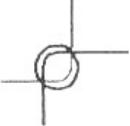
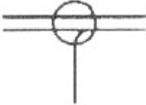
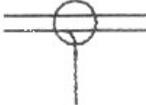
- a) Plano de ubicación. Emplazamiento de las obras y su relación con el sistema general de drenaje, con indicación clara del destino de las aguas recolectadas.
- b) Plano de planta. Ubicación de los principales elementos, en relación a las calles, sumideros, cámaras de inspección, red de colectores, elementos de captación y entrega.
- c) Perfiles longitudinales. Según el recorrido del flujo.
- d) Detalles de elementos importantes y obras complementarias. Cámaras y piezas especiales.
- e) Simbología de las obras de aguas lluvias y pavimentación.

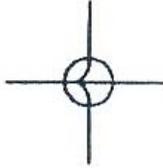
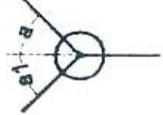
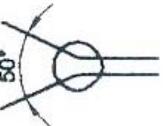
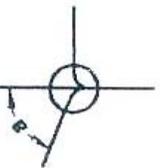
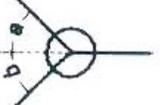
El formato, tamaño y viñeta o carátula de los planos, será de acuerdo a lo indicado por el SERVIU.

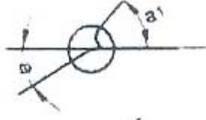
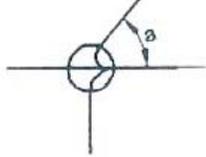
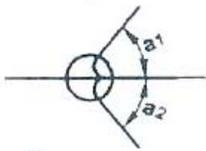
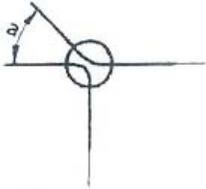
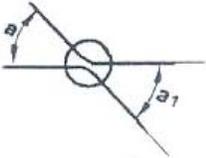
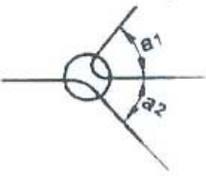
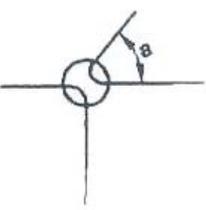
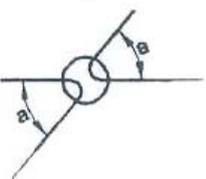
8.6 Planilla de Verificación

Los proyectos que contemplen el diseño de elementos del sistema secundario de evacuación y drenaje de aguas lluvias deben completar una planilla de verificación técnica según se indica en el acápite 7.

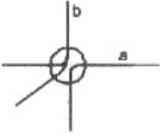
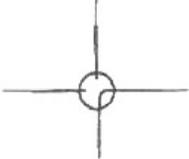
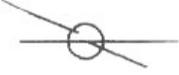
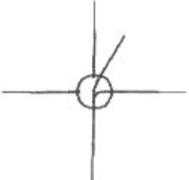
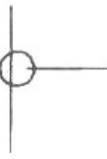
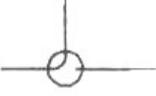
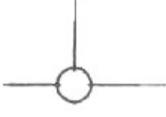
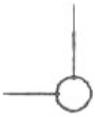
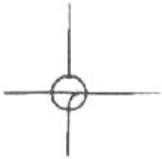
TIPOS DE RADIER

Nº1		RADIER
Nº2		RADIER
Nº3		RADIER
Nº4		RADIER CAÑERIAS A COTAS IGUALES
Nº5		RADIER CAÑERIAS A DIFERENTES COTAS DIFERENCIA MAXIMA =0,40m
Nº6		RADIER CAÑERIAS A DIFERENTES COTAS DIFERENCIA MAXIMA =0,40m
Nº7		RADIER
Nº8		RADIER
Nº9		RADIER
Nº10		RADIER
Nº11		RADIER

Nº12		RADIER
Nº13		RADIER
Nº14		RADIER
Nº15		RADIER CAÑERIAS COTAS DIFERENTES
Nº16		RADIER CAÑERIAS COTAS DIFERENTES
Nº17		RADIER CAÑERIAS COTAS DIFERENTES
Nº18		RADIER
Nº19		RADIER × a < 90°
Nº20		RADIER × a < 90°
Nº21		RADIER × a < 90°
Nº22		RADIER × a < 90°

N°23		RADIER $\times a < 90^\circ$
N°24		RADIER $\times a$ y $\times a1$ variables hasta 90° SI $\times a < 60^\circ$ D=1800mm
N°25		RADIER $\times a$ variable hasta 60° a 90° SI $\times a < 60^\circ$ D=1800mm
N°26		$\times a1$ y $\times a2$ variables de 60 a 90° SI $\times a1$ y $\times a2 < 60^\circ$ D= 1800mm
N°27		RADIER
N°28		RADIER
N°29		$\times a1$ variable de 60° a 90° $\times a2$ variable SI $\times a1 < 60^\circ$ D=1800mm
N°30		RADIER $90^\circ > \times a > 60^\circ$ SI $\times a < 60^\circ$ D=1800mm
N°31		RADIER $90^\circ > \times a > 60^\circ$ SI $\times a < 60^\circ$ D=1800mm
N°32		RADIER $\times a = 60^\circ$

N°33		RADIER × a variable
N°34		RADIER × a variable
N°35		RADIER × a ≥ 60° × b ≥ 0° × g variable SI × a 60° D=1800mm
N°36		RADIER 45° < × a < 90° SI × a < 45° D=1800mm 0° < × b < 120° SI × b < 120° D=1800mm 90° < × g < 180°
N°37		RADIER × a y × b variables de 60° a 90° × d y × g variables de 60° a 180° SI × a ó b < 60° D=1800mm
N°38		RADIER × a ≥ 45° × b variable 60° ≤ × g ≤ 180°
N°39		RADIER × a ≥ 45° × b > 60° × d y × g variables
N°40		RADIER
N°41		RADIER
N°42		RADIER cañería "a" tiene cota menor que cañería "b"

Nº43		RADIER cañería "a" tiene cota mayor que cañería "b"
Nº44		RADIER
Nº45		RADIER
Nº46		RADIER
Nº47		RADIER
Nº48		RADIER
Nº49		RADIER
Nº50		RADIER
Nº51		RADIER
Nº52		RADIER radiéres a cotas diferentes

CAPÍTULO 9 ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA OBRAS DE COLECTORES DE AGUAS LLUVIAS

Las obras se ejecutarán de acuerdo a las presentes especificaciones y a los planos correspondientes; además, en cuanto no se opongan a éstas, deberán cumplir con las Normas del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.)

9.1.- GENERALIDADES

CALIDAD DE LOS MATERIALES

El Contratista deberá usar exclusivamente materiales de la mejor calidad y de primer uso, en perfecto estado de conservación.

El Contratista deberá certificar la calidad de los materiales mediante ensayos efectuados en un laboratorio oficial de aquellos inscritos en el Registro Oficial de laboratorios de Control Técnico de calidad de la Construcción, D.S. N° 10 (V. y U.), de 2002. Los certificados emitidos por el fabricante sólo serán válidos cuando cumplan con esta condición. El uso de materiales similares a los especificados, serán aceptados previa presentación por parte del Contratista de los antecedentes que muestren la equivalencia en la calidad de ellos.

SEGURIDAD

En la ejecución de los trabajos, el Contratista deberá tomar las medidas de seguridad necesarias para la protección de su propio personal, de los transeúntes y de la propiedad ajena.

Estas medidas deberán tomar en consideración las siguientes normas del Instituto Nacional de Normalización que tienen relación con la seguridad contra accidentes:

- 384 E Of 53 : “Prescripciones generales acerca de la seguridad de los andamios y cierros provisionales”.
- 349 Of 55 : “Prescripciones de seguridad en excavaciones”.
- 436 Of 51 : “Prescripciones generales acerca de la prevención de accidentes del trabajo”
- 351 Of 56 : “Prescripciones generales de seguridad para escaleras portátiles de madera”
- 438 Of 51 : “Protecciones de uso personal”

INTERFERENCIAS CON OBRAS Y SERVICIOS

El Contratista deberá verificar, antes de incitar las obras, la existencia de postaciones, árboles, canalizaciones de superficie y subterráneas y otros ductos que interfieran con las obras, a fin de que se tomen oportunamente las medidas necesarias para evitar accidentes, interrupciones y/o interferencias con otros Servicios.

PROTECCION Y SEÑALIZACION DE LAS OBRAS

Durante el desarrollo de las obras, el Contratista deberá mantener en óptimas condiciones todos los elementos utilizados para señalización de tránsito, a objeto de evitar mayores alteraciones al desplazamiento vehicular y peatonal.

No se permitirá el almacenamiento de tubos u otros materiales en la vecindad de las faenas, con el objeto de evitar que afecten la normal y libre circulación del tránsito.

Será de cargo del Contratista el trámite de los permisos y vigilancia de las interrupciones o desvíos que se produzcan, siendo de su exclusiva responsabilidad cualquier inconveniente causado por una falta de atención a lo expuesto.

También se deberá cumplir lo dispuesto en el Art. 102 de la Ley N° 18.290 (Ley de Tránsito) y asumir la responsabilidad por las consecuencias derivadas de su eventual incumplimiento.

9.2.- INSTALACION DE FAENAS

REPLANTEO DE LAS OBRAS

Previo a la iniciación de faenas, el Contratista deberá replantear las obras para verificar las cotas indicadas en el proyecto; si hubiera diferencias, deberá ponerlo de inmediato en conocimiento de los proyectistas a través de la Inspección Técnica de Obras del SERVIU Regional (I.T.O.).

La I.T.O. autorizará la iniciación de las obras sólo si ha recibido a conformidad las faenas de replanteo; por lo tanto, será responsabilidad del Contratista comunicar oportunamente cualquier interferencia o cambio en los trazados que pueda significar retraso en la iniciación de las obras.

DESPEJE DE LOS TERRENOS

El Contratista deberá limpiar el área de trabajo, eliminando todo material desechable que interfiera con la ejecución de las obras, el que será llevado a un botadero debidamente autorizado.

La eliminación de árboles, arbustos, plantas y elementos ornamentales quedará sujeta a las regulaciones municipales que existen sobre la materia, debiendo conservarse y reponerse en la forma que dichos reglamentos lo indiquen.

9.3.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

EXCAVACIONES

El Contratista deberá utilizar la entibación requerida para posibilitar la seguridad de los trabajadores.

Las zanjas deberán ser excavadas de acuerdo con los ejes, gradientes y dimensiones indicadas en los planos y/o Especificaciones Técnicas del Proyecto.

Las excavaciones deberán contemplar las dimensiones adicionales para dar cabida a cámaras de inspección y otros elementos similares.

Las calidades de terreno están indicadas en las Especificaciones Técnicas del Proyecto y en los planos correspondientes.

Antes de iniciar las excavaciones, el Contratista deberá asegurarse de disponer oportunamente de todos los materiales y equipos necesarios para el normal avance de las obras. No se permitirá que las zanjas se mantengan abiertas por más tiempo que el necesario para la colocación de las tuberías. Esto tiene por objeto evitar derrumbes y/o perjuicios que pudieran afectar a las obras y al público, siendo de total responsabilidad del Contratista los problemas que pudieran resultar por el no cumplimiento de tales recomendaciones.

RELLENOS

Se considera en todas las cubicaciones que el relleno es igual al volumen geométrico por rellenar hasta el nivel de terreno circundante.

Los rellenos se ejecutarán siguiendo las instrucciones del informe de Mecánica de Suelos. A continuación se entregan las características de los distintos tipos de rellenos.

RELLENO TIPO 1 (Entre 30 cm por sobre la clave hasta la superficie)

Capa de suelo heterogéneo proveniente de la excavación, seleccionado de modo de no contener piedras de tamaño mayor a 2", restos de escombros y materia orgánica. Si fuera necesario recurrir a otras fuentes de empréstitos, se utilizará de preferencia suelos granulares correspondientes a arenas y gravas de tamaño máximo 2", en caso que por motivos económicos sea mas conveniente emplear suelos finos, este deberá estar libre de materia orgánica, sales solubles y productos de deshecho. No debe poseer características singulares (arcillas expansivas o limos colapsables).

Esta capa de relleno deberá ser compactada mecánicamente hasta obtener un grado o razón de compactación no inferior al 95% de la D.M.C.S. referida al Proctor Modificado (NCh 1534 II), o una Densidad Relativa no inferior al 80% de la densidad relativa (Nch 1726), en caso de utilizar para relleno, material que contenga no más de 12% de finos acumulados pasando bajo la malla ASTM200 en un ensaye granulométrico.

RELLENO TIPO 2 (Entre la base del tubo y 30 cm sobre la clave)

Esta capa de relleno se colocará hasta 30 cm por sobre el manto del ducto.

Se utilizará los mismos suelos permitidos para los rellenos "Tipo 1", pero limitado a un tamaño máximo de 1/2".

Esta capa se compactará en forma manual y cuidadosamente para no dañar los tubos, la compactación se efectuará por capas de espesor suelto no mayor a 10 cm cada una, hasta obtención de un grado o razón de compactación no inferior al 95% de la D.M.C.S. referida al Proctor Modificado (NCh 1534 II) o una Densidad Relativa no inferior al 80% de la densidad relativa (Nch 1726).

RELLENO TIPO 3 (Base del tubo)

Este relleno consiste en arena fina compactada en forma manual y cuidadosamente en capas de espesor no mayor a 10 cm (se sugiere 5 a 7 cm) hasta alcanzar una Densidad Relativa igual a 70%.

Los rellenos en aceras y calzadas deberán atenerse a las exigencias de SERVIU, Municipalidad y Vialidad en todo lo que respecta a construcción y/o reposición de bases, sub-bases, aceras y carpetas de rodado.

EXCEDENTES

En general se considera que los excedentes deberán transportarse a los botaderos autorizados aceptados por la Municipalidad respectiva.

Para las cubicaciones se ha estimado que este volumen es igual al 10% del volumen excavado más el 110% del volumen desplazado por las instalaciones. El posible aumento de volumen por derrumbes o irregularidades de las excavaciones deberá considerarse incluido en el estudio del costo unitario.

9.4.- OBRAS DE HORMIGON

MOLDES PARA HORMIGÓN

Los moldes deberán cumplir especialmente los requisitos necesarios para obtener los espesores de los muros indicados en los planos.

Se tendrá especial cuidado en la limpieza de las superficies de los moldes en contacto con el hormigón y armaduras. En los moldes se usarán productos adecuados y aceptados por la I.T.O., a fin de evitar su adherencia con la armadura.

Los moldes de muros deberán tener orificios de inspección en sus partes bajas, para poder limpiar el fondo por lavado de agua.

Para el retiro de los moldes deberán adoptarse plazos prudentes y de acuerdo a lo indicado en la Norma I.N.N. 172 Of. 52. Sin embargo, la I.T.O. podrá aumentar tales plazos, si lo estima conveniente.

HORMIGONES

A continuación se incluye una especificación resumida para la confección de los hormigones. Lo que no esté considerado aquí se hará de acuerdo con la especificación

S-102, "Obras medianas de hormigón simple y armado" y las S-105, "Estucos", del Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón o a las indicaciones generales del Manual del Hormigón del U.S. Bureau of Reclamation (USBR Concrete Manual), en su última versión vigente a la fecha del contrato respectivo.

MATERIALES PARA EL HORMIGÓN

Cemento

Se podrá utilizar cualquier tipo de cemento nacional, que cumpla las condiciones de la Norma I.N.N. NCh 148 y que se encuentre en buen estado de conservación. Se deberá

almacenar en lugares cubiertos, de una forma que permita su empleo en el mismo orden en que se reciba en la obra.

Los cementos dudosos serán sometidos a los ensayos que determine la I.T.O. en un laboratorio oficial.

Agua

Los hormigones deberán ser confeccionados con agua potable.

Áridos

Los áridos empleados en los hormigones provendrán de una fuente conocida de abastecimiento, aprobada por la I.T.O. Para tal objeto se aceptarán los certificados de que disponga el proveedor de los áridos, siempre que éstos no tengan una antigüedad superior a 15 días y provengan de un laboratorio oficial.

El Contratista deberá demostrar, antes de iniciar los trabajos, que los áridos cumplen las condiciones establecidas en la norma I.N.N. NCh 163.

La I.T.O. podrá dispensar el cumplimiento de esta condición en el caso que los áridos provengan de una planta productora de calidad reconocidamente aceptable, que tenga una antigüedad de funcionamiento no inferior a dos años.

El Contratista deberá considerar como mínimo el empleo de dos tipos de áridos para la confección del hormigón. Estos deberán permitir obtener una granulometría combinada continua, que esté dentro de la banda estipulada en la Norma I.N.N. NCh 163.

El tamaño máximo del árido grueso no excederá de 1½". La I.T.O. podrá, si lo considera necesario, rebajarlo a un valor menor.

Aditivos

El uso de aditivos deberá ser autorizado por la I.T.O., quien indicará las condiciones de su empleo.

Dosificación del Hormigón

Las dosificaciones de los distintos tipos de hormigón que se utilicen en la construcción de obras deberán ser establecidas por un laboratorio aprobado por el SERVIU Regional. La dosificación deberá indicar también la dosis de agua y el asentamiento de cono previsto para ella.

Fabricación del Hormigón (en Obra)

El hormigón deberá ser fabricado en betoneras, cuyo estado de conservación será revisado y aprobado por la I.T.O. previamente a su utilización.

La medida de los materiales deberá hacerse preferentemente en peso. Se autorizará la medida en volumen, siempre que los elementos de medición se calibren al comienzo de su empleo, efectuándose verificaciones periódicas del peso contenido en ellos. La cantidad de hormigón preparado por masadas deberá ajustarse de manera que el cemento se mida en cantidades enteras de bolsas.

El tiempo de amasado no deberá ser inferior a 1,5 minutos.

El contratista podrá sustituir el hormigón fabricado en obra por hormigón prefabricado en camiones mezcladores (Mixer), previa autorización de la I.T.O.

Preparación de la Superficie a Hormigonar

La superficie donde se colocará el hormigón, deberá estar limpia de toda suciedad acumulada y material suelto, para lo cual deberá efectuarse una limpieza y lavado previo.

En el caso que una obra se hormigone sobre una etapa anterior de construcción, la junta correspondiente deberá tratarse en la forma que se indica en “tratamientos de juntas de hormigonado”.

La superficie que recibirá el hormigón deberá estar humedecida durante 12 horas previas a la hormigonadura, pero no deberá presentar agua acumulada.

Colocación y Compactación del Hormigón

El hormigón utilizado en obra deberá tener una consistencia similar a la indicada en la dosificación correspondiente. Su asentamiento medio de cono estará comprendido entre

± 3 cm del indicado en la dosificación. El hormigón deberá ser colocado antes de transcurridos 45 minutos de su preparación. Al colocar el hormigón deberá evitarse que se segregue el árido grueso contenido en él. Si esta situación se presentara, el árido grueso será restituido por paleo hacia los volúmenes donde haya déficit de árido grueso.

El hormigón deberá colocarse lo más cerca posible de su ubicación final dentro del elemento en proceso de hormigonado. La colocación deberá hacerse siempre en capas horizontales de una altura máxima de 0,40 m.

El hormigón se compactará mediante vibrador de inmersión, cuya botella tendrá un diámetro mínimo de 2” y cuya frecuencia de vibración no será inferior a 5.000 rpm. La vibración se hará en forma ordenada y sistemática, de manera que no quede hormigón mal vibrado al colocar la capa siguiente.

En períodos de tiempo frío, deberá tomarse la precaución de no hormigonar en los lapsos en que la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, salvo que el Contratista tome precauciones para proteger al hormigón, aislando las superficies libres con un material apropiado (Aislapol o similar). Además, deberá evitar alargar los períodos de desmoldado y descimbre, hasta que el hormigón haya adquirido la resistencia necesaria.

Los tiempos de desmoldado serán establecidos por la I.T.O., de acuerdo a las temperaturas registradas. En todo caso, el desmolde de paramentos verticales no deberá efectuarse antes de 24 horas de terminado el hormigonado y el descimbre de elementos estructurales se prolongará como mínimo 48 horas por cada 5°C de descenso de la temperatura media bajo 20°C.

Terminación del Hormigón

Las terminaciones que deberán darse a las superficies del hormigón serán las siguientes:

- Terminación tipo 1 (T1), para: caras exteriores de muros bajo tierra.
- Terminación tipo 2 (T2), para: fondos radieres, caras en contacto con agua de los muros losas, caras exteriores o interiores visibles de muros y losas.

El tipo de terminación será definido de acuerdo a la nomenclatura que se indica a continuación, limitando las irregularidades progresivas y brascas que presente la superficie, a los siguientes valores:

Tipo de Terminación	Tipo de Irregularidad Superficial	
	Progresivas (mm/1,50 m)	Brascas (mm)
T1	25	20
T2	5	3

Las tolerancias progresivas corresponden a las irregularidades suaves presentes en la superficie. La tolerancia se establecerá midiendo con una regla de 1,5 m de longitud, aplicada sobre la superficie en cualquier dirección.

Las tolerancias brascas corresponden a resaltes y escalones en la superficie. La tolerancia se aplicará midiendo directamente la pared del escalón.

La verticalidad de los parámetros tendrá una tolerancia de 5 mm/2 m.

Tratamiento de Juntas de Hormigonado

Todas las juntas producidas en cada una de las etapas de hormigonado, deberán recibir un tratamiento de eliminación de la lechada superficial acumulada a causa del vibrado del hormigón, salvo indicación contraria de los Planos.

El tratamiento de juntas se efectuará mediante uno de los siguientes métodos:

Tratamiento del hormigón fresco

Cuando el hormigón aún no haya comenzado su endurecimiento, se lavará su superficie con un chorro potente de agua, hasta eliminar toda la lechada superficial y hacer aparecer los granos de gravilla de alrededor de 10 mm de tamaño, pero sin producir su aflojamiento. El lavado podrá combinarse con un escobillado enérgico de su superficie y se proseguirá hasta que el agua de lavado salga totalmente limpia.

Las pozas de agua acumulada deberán barrerse, para evitar la decantación de lechada en ellas.

Picado de la superficie

Una vez endurecido el hormigón, se picará toda su superficie hasta hacer desaparecer la lechada superficial. Se terminará con un lavado de la superficie.

Curado del Hormigón

El período de curado mínimo del hormigón será de 14 días continuados. El curado del hormigón deberá hacerse tan pronto como el hormigón haya comenzado su endurecimiento. El curado será de preferencia húmedo en cuyo caso deberá asegurar una humedad continua y permanente.

El curado húmedo podrá reemplazarse por el uso de un compuesto de sellado, el cual se colocará conforme a las instrucciones del fabricante y deberá dejar una película de espesor uniforme y continuo.

El compuesto de sellado no podrá usarse en superficies que constituyan juntas de hormigonado.

Reparaciones del Hormigón

Los desperfectos que existan en el hormigón deberán ser reparados a la brevedad. Ninguna reparación podrá efectuarse sin la autorización de la I.T.O. Las reparaciones como mínimo deberán considerar lo siguiente:

- Retiro de todo el hormigón dañado, dando una forma regular al receso producido.
- Limpieza a fondo de las superficies resultantes.
- Saturación del hormigón en sitio durante 12 horas.

- Colocación del material de reposición adecuado (mortero, hormigón) conforme a lo que defina la I.T.O.
- Curado de la reparación durante 14 días como mínimo.

Control del Hormigón

La I.T.O. controlará la calidad del hormigón empleado por el Contratista verificando la medida de los materiales usados en la fabricación del hormigón o haciendo, si lo estima necesario, medidas de asentamiento del cono del hormigón, durante su fabricación o su colocación o ensayos de resistencia, mediante muestras tomadas por un laboratorio aprobado por la I.T.O. y ensayadas a 7 y 28 días.

Si los resultados obtenidos en estos controles, no son satisfactorios la I.T.O. podrá tomar las siguientes medidas correctivas:

- Si las cantidades de material no corresponden a la dosificación estipulada o si el cemento es medido en fracciones de saco, exigirá al Contratista ajustarse a las condiciones previstas en la dosificación estudiada.
- Si el asentamiento de cono es diferente en más de seis centímetros al indicado en la dosificación en uso, rechazará la masada de hormigón.
- Si el asentamiento de cono excede en más de 2 cm, pero no más de 5 cm al previsto, en tres medidas sucesivas, la I.T.O. rechazará el hormigón.
- Si las resistencias controladas son inferiores a la mínima establecida en los Planos, la I.T.O. establecerá el procedimiento a seguir, pudiendo ordenar la demolición parcial o total de la obra.

Acero para hormigón armado

El Acero que se emplee deberá cumplir con las normas I.N.N. 205 of. 60 ó 210 of. 67 y las siguientes:

- Barras para hormigón armado, Especificaciones. NCh N° 204.
- Barras con resaltes para hormigón armado, Requisitos para los resaltes NCh N° 211
- Aceros. Barras con resaltes de alta resistencia para hormigón armado NCh N° 519.

El material deberá provenir de fábricas controladas por un laboratorio y con copia de los certificados correspondientes. No se permitirá combinar diferentes clases de acero en el mismo elemento de una estructura.

En un mismo plano deberá existir un mínimo de traslapos, para lo cual cada extremo de barra se desplazará del de la barra contigua. Las longitudes de los ganchos y traslapos, dobladura de las barras y recubrimientos serán los indicados en los planos, y si se omiten, se cumplirán las exigencias de la Norma I.N.N. 429 E Of. 57.

Las armaduras se colocarán en forma cuidadosa, de acuerdo con los planos y adoptando precauciones para que durante la faena no se desplacen. Antes de hormigonar, la I.T.O. verificará la limpieza de las armaduras y detalles de colocación, ordenando efectuar las medidas del caso si se encuentran deficiencias.

El acero será de calidad A 63-42 H, salvo que se especifique otra calidad. En las cubicaciones se ha tomado un 3% de exceso por pérdida de material en despuntes y traslapos. Las cubicaciones consideran acero cortado, doblado, colocado e incluso el alambre de amarras.

9.5.- CONTROLES

Todos los trabajos efectuados bajo estas Especificaciones serán controladas en forma rigurosa por la I.T.O. Esta podrá rechazar todo trabajo que no sea ejecutado de acuerdo con los procedimientos y exigencias establecidas en estas especificaciones, normas e instrucciones señaladas. El Contratista deberá proveer facilidades razonables para que la I.T.O. pueda obtener cualquier información que desee con respecto al material usado, el avance y condiciones del trabajo.

Sin perjuicio de las pruebas establecidas, la I.T.O. podrá solicitar todo aquél tipo de prueba y/o ensayos que durante el transcurso de las obras y conforme al desarrollo de éstas a su juicio se consideren necesarias para asegurar un mejor control de la gestión encomendada, y garantizar la correcta ejecución de las obras.

La I.T.O. exigirá al Contratista la certificación de calidad de hormigones, soldaduras y otros certificados que puedan ser necesarios. Los ensayos respectivos deberán ser efectuados por laboratorios oficiales.

9.6.- CONSTRUCCION

Al término de las faenas será obligación del Contratista confeccionar el plano de construcción de las obras, que deberá ser aprobado por la I.T.O., previa a la recepción definitiva de las obras.

MÉTODO DE ENTIBACIÓN

Si por motivos de espacio, no se pueda desarrollar taludes y se requiera entibar, se debe seguir el procedimiento que se detalla a continuación:

1. Prefabricar tableros conformados con planchas de terciados de 2.40 m de largo (empleadas normalmente en moldajes de losas de hormigón).
2. Las planchas deben ser colocadas a lo largo y cada 80 cm colocar un rollizo de eucaliptos. Unir los elementos con clavos o tornillos y tenerlos preparados en el momento que se necesite. Para las profundidades proyectadas (máximo 2.0 m), emplear rollizos de 4”.
3. Luego de contar con todo el material en obra, excavar la zanja hasta nivel de sello, cuidando que el material extraído de la excavación quede alejado del borde de la zanja al menos una distancia igual a la profundidad de ésta.
4. Bajar las entibaciones utilizando la misma retroexcavadora, inmediatamente después de excavar la zanja, modo que cada vez que se avanza la distancia equivalente a un tablero, este se instale inmediatamente.

Luego de instalada la entibación; se debe colocar inmediatamente los puntales de arriostramiento interior.

5. Rellenar con el material producto de la excavación los costados de la excavación, correspondientes a los bordes de zanjas y entibación. Esto a objeto de evitar el desplazamiento de cuñas.
6. El personal no debe ingresar a la zanja en zonas sin entibar.

COLOCACIÓN DE TUBERÍAS

1. La excavación con máquina se deberá detener 20 cm antes de llegar al nivel de sello de excavación, continuándose en forma manual hasta llegar al sello con el objeto de no remover al material de fondo.
2. En forma previa, se deberá efectuar un escarpe mínimo de 10 cm eliminando todos los desechos, materiales extraños, y todo suelo que contenga material contaminado. Este material deberá llevarse a botadero antes de proceder con el resto de la excavación para evitar así su posible utilización como material de relleno.
3. Los rellenos se efectuaran preferentemente con el mismo material proveniente de la excavación considerando los tipos de relleno especificados más adelante en este informe.

4. El material deberá ser esparcido en capas horizontales de espesor uniforme y se deberá humedecer hasta la humedad óptima del ensayo Proctor +/- 2%, para luego compactarse hasta alcanzar un grado de compactación indicado en los puntos siguientes.
5. El espesor de las capas será establecido de forma tal que pueda lograrse la densidad especificada en todo su espesor con el equipo de compactación que se utilizará; en todo caso, éste no podrá ser superior a 20 cm suelto.
6. El avance deberá ser parejo, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0.50 m entre sectores contiguos.
7. Se recomienda el uso de rodillo neumático para las faenas de compactación. El número de pasadas y peso del rodillo deberá ser determinado mediante pruebas de terreno controladas por la I.T.O. de la obra.
8. Cada capa no podrá ser recubierta antes que la I.T.O. de por aceptada la densidad.

Para las zanjas se contemplan los siguientes rellenos:

RELLENO TIPO 1 (entre 30 cm por sobre la clave hasta la superficie).

Capa de suelo heterogéneo proveniente de la excavación, seleccionando de modo de no contener piedras de tamaño mayor a 2", restos de escombros y materia orgánica. Si fuera necesario recurrir a otras fuentes de empréstitos, se utilizará de preferencia suelos granulares correspondientes a arenas y gravas de tamaño máximo 2", en caso que por motivos económicos sea mas conveniente emplear suelos finos, este deberá esta libre de materia orgánica, sales solubles y productos de deshecho. No debe poseer características singulares (arcilla expansiva o limos colapsibles).

Esta capa de relleno deberá ser compactada mecánicamente hasta obtención de un grado o razón de compactación no inferior al 95% de la D.M.C.S. referida al Proctor Modificado (NCh 1534 II) o una Densidad Relativa no inferior al 80% de la densidad relativa (Nch 1726) en caso de utilizar para relleno un suelo que contenga no más de 12% de finos acumulados pasando la malla ASTM200 en un ensaye granulométrico.

En sectores que existan patios pavimentos, calzadas o vereda, parte de esta capa de relleno se substituye por la reposición de las capas de sub-base, base y carpeta y/o de Vialidad.

RELLENO TIPO 2 Entre la base del tubo y 30 cm sobre la clave

Esta capa de relleno se colocará sobre hasta 30 cm por sobre el manto del ducto. Se utilizará los mismos suelos permitidos para los rellenos "Tipo 1", pero limitado a un tamaño máximo de 1/2".

Esta capa se compactará en forma manual y cuidadosamente para no dañar los tubos, la compactación se efectuará por capas de espesor suelto no mayor a 10 cm cada una, hasta obtención de un grado o razón de compactación no inferior al 95% de la D.M.C.S. referida al Proctor Modificado (NCh 1534 II) o una Densidad Relativa no inferior al 80% de la densidad relativa (Nch 1726).

RELLENO TIPO 3 (base del tubo)

Este relleno consiste en gravilla compactada en forma manual y cuidadosamente en capas de espesor no mayor a 10 cm (se sugiere 5 a 7 cm) hasta alcanzar una densidad relativa igual a 70%.

OBRAS CIVILES

1. Las excavaciones se deben efectuar de acuerdo a las dimensiones y emplazamiento indicado en los planos de proyecto. Antes de su inicio se debe contar con la visación de la I.T.O.
2. Los procedimientos de excavación deberán planificarse de manera que provoquen la menor alteración del terreno natural y evitar la sobreexcavación.
3. La excavación con máquina se deberá detener 20 cm antes de llegar al nivel de sello de excavación, continuándose en forma manual hasta llegar al sello.
4. La I.T.O. debe aprobar los procedimientos y equipos de excavación, sellos, colocación y compactación de los materiales.
5. El Contratista deberá velar por la conservación de los puntos de referencia (P.R.), debiendo proceder a su reemplazo y nivelación cuando resulten dañados o desplazados, informando a la I.T.O. al respecto.
6. Los sellos deben ser verificados por la I.T.O. y deben estar libres de materiales extraños y lodo.
7. Las excavaciones se realizarán de acuerdo a lo indicado en el cuadro resumen.
8. Con anterioridad a la colocación del emplantillado de hormigón pobre, se deberá remover del sello de fundación, todo el material suelto y/o extraño que pudiera haberse depositado durante las faenas de excavación.
9. En caso de lluvias, se deberá remover de la superficie todo el lodo superficial, producto del arrastre natural de partículas como consecuencia del escurrimiento superficial.

RELLENOS

10. Los rellenos laterales se efectuarán preferentemente con el mismo material proveniente de las excavaciones. Los rellenos de sobreexcavaciones en el fondo se deberán realizar con hormigón pobre del mismo tipo utilizado para los emplantillados.
11. En caso que sea necesario emplear material de empréstito para la sobreexcavación lateral, este deberá estar libre de materia orgánica, sales solubles y productos de deshecho. No debe poseer características singulares (arcillas expansivas o limos colapsibles).
12. El material deberá ser espaciado en capas horizontales de espesor uniforme y se deberá humedecer para luego compactarse mediante 6 pasadas de rodillo. No es necesario el control del grado de compactación. Para rellenar los sectores mas bajos, se puede emplear un suelo cemento de 1,5 sacos de cemento por m³, ya que la compactación a esa profundidad es de difícil ejecución.
13. El avance deberá ser parejo, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0.50 m entre sectores contiguos.
14. Se recomienda en general, el uso de rodillo vibratorio y emplear placa vibratoria de 120 Kg. de peso estático, en los lugares que, por motivos de espacio, no sea posible la utilización del rodillo.

Cualquier situación no prevista en las presentes especificaciones, así como aquellas modificaciones que se deseara realizar en su contenido, deberán ser consultadas y aprobadas por el SERVIU Regional.